e-ISSN **3073-1151**
Julio-Septiembre, 2025
Vol. **2**, Núm. **3**, **700-714**
https://doi.org/10.63415/saga.v2i3.241

SAGA
Revista Científica Multidisciplinar
https://revistasaga.org/

Artículo de investigación original

Evaluación de suelos susceptibles por deslizamientos desde datos geológicos, geofísicos y geotécnicos en sitio Pajita, Manabí

Evaluation of landslide-susceptible soils using geological, geophysical, and geotechnical data at the Pajita site in Manabí

Andy Antonio García Aguayo[1], Cristopher Joao Macias Pico[1], Kervin Arturo Chunga Moran[1]

[1] Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador

Recibido: 2025-07-22 / **Aceptado**: 2025-08-22 / **Publicado**: 2025-09-05

RESUMEN

Este estudio evaluó la susceptibilidad a deslizamientos en el sitio La Pajita, provincia de Manabí. La metodología se centró en un enfoque integral que combinó caracterización de campo, prospección geofísica y análisis geotécnico. Se utilizaron la tomografía eléctrica y la sísmica de refracción para delinear las unidades litológicas del subsuelo. Con los parámetros geomecánicos obtenidos en laboratorio, se desarrolló un modelo en el software GeoStudio para realizar un retroanálisis del deslizamiento. Los resultados revelaron que los factores de seguridad del talud actual (1.165 estático y 0.299 pseudoestático) están muy por debajo de la norma NEC-15, lo que confirma su alta inestabilidad. Se propusieron y simularon dos soluciones de mitigación: un muro de gaviones y un sistema de pilotes, ambas viables y con factores de seguridad superiores a los requisitos normativos. La opción de los pilotes se identificó como la más recomendable debido a su eficacia y su menor impacto en el entorno agrícola.

Palabras clave: geofísica; geología; geotécnica; GeoStudio; movimientos en masa; modelado de taludes

ABSTRACT

This study evaluated the landslide susceptibility at the La Pajita site in Manabí province. The methodology focused on a comprehensive approach that combined field characterization, geophysical prospecting, and geotechnical analysis. Electrical tomography and refraction seismic were used to delineate subsurface lithological units. Using the geomechanical parameters obtained in the laboratory, a model was developed in GeoStudio software to perform a retroanalysis of the landslide. The results revealed that the current slope safety factors (1.165 static and 0.299 pseudostatic) are well below the NEC-15 standard, confirming its high instability. Two mitigation solutions were proposed and simulated: a gabion wall and a pile system, both of which were feasible and had safety factors exceeding regulatory requirements. The pile option was identified as the most desirable due to its effectiveness and lower impact on the agricultural environment.

keywords: geophysics; geology; geotechnics; GeoStudio; landslides; slope modeling

RESUMO

Este estudo avaliou a suscetibilidade a deslizamentos no sítio La Pajita, província de Manabí. A metodologia concentrou-se em uma abordagem integral que combinou caracterização de campo, prospecção geofísica e análise geotécnica. Utilizaram-se a tomografia elétrica e a sísmica de refração para delinear as unidades litológicas do subsolo. Com os parâmetros geomecânicos obtidos em laboratório, desenvolveu-se um modelo no software GeoStudio para realizar uma retroanálise do deslizamento. Os resultados revelaram que os fatores de segurança do talude atual (1,165 estático e 0,299 pseudoestático) estão muito abaixo da norma NEC-15, o que confirma sua alta instabilidade. Foram propostas e simuladas duas soluções de mitigação: um muro de gabiões e um sistema de estacas, ambas viáveis e com fatores de segurança superiores aos requisitos normativos. A opção das estacas foi identificada como a mais recomendável devido à sua eficácia e ao menor impacto no ambiente agrícola.

palavras-chave: geofísica; geologia; geotécnica; GeoStudio; movimentos de massa; modelagem de taludes

Forma sugerida de citar (APA):

García Aguayo, A. A., Macias Pico, C. J., & Chunga Moran, K. A. (2025). Evaluación de suelos susceptibles por deslizamientos desde datos geológicos, geofísicos y geotécnicos en sitio Pajita, Manabí. *Revista Científica Multidisciplinar SAGA*, 2(3), 700-714. https://doi.org/10.63415/saga.v2i3.241

Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos de rocas y suelos constituyen eventos geológicos en los que grandes volúmenes de material se desplazan cuesta abajo debido a la fuerza de la gravedad (Martínez, 2022). Este fenómeno representa el movimiento en masa más recurrente durante las estaciones lluviosas, generando alteraciones en las actividades de las comunidades y causando daños significativos a la infraestructura estratégica y básica (Ayalew, 1999; Gariano & Guzzetti, 2016; Schuster & Wieczorek, 2018). La susceptibilidad a los deslizamientos es un fenómeno de ineludible relevancia global, acentuado por la interacción entre fuerzas naturales y actividades antropogénicas (Martínez, 2022).

El rápido crecimiento demográfico en áreas urbanas y rurales, en particular en regiones propensas a eventos naturales, ha generado un notable incremento en las pérdidas de vidas humanas y materiales. Por esta razón, la evaluación y la zonificación de estas amenazas se han vuelto herramientas esenciales para la planificación territorial, lo que facilita la prevención y reducción de riesgos actuales y futuros (Changnon et al., 2020).

De acuerdo con la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo (SNGR, 2014), el riesgo de desastre no depende únicamente de la probabilidad de que ocurran fenómenos naturales extremos. También se manifiesta por la vulnerabilidad de la población y su capacidad para responder a un evento adverso. En este sentido, la complejidad geológica, geomorfológica y atmosférica, junto con el uso del suelo en la provincia de Manabí, ha condicionado la existencia de escenarios de multiamenazas naturales y antrópicas, como la degradación ambiental (Gil, 2018).

La magnitud y tipología de los deslizamientos son influenciadas por numerosas condiciones dinámicas del suelo. Entre estas se incluyen la litología, la presencia de fracturas en los macizos rocosos, las condiciones desfavorables relacionadas con la dirección de la pendiente y, de manera crítica, la saturación del material (Islam et al., 2021; Juang et al., 1998; Varnes, 1978). Estos movimientos de masa se encuentran entre los eventos más letales, capaces de generar consecuencias devastadoras para la vida humana, la infraestructura y el medio ambiente (Lacroix, Handwerger, & Bièvre, 2020). Los procesos geológicos que los desencadenan son particularmente frecuentes a lo largo de los márgenes continentales activos (Sultan, y otros, 2004; Hui, y otros, 2021). El incremento del cambio climático global y la intensificación de las actividades humanas han propiciado un aumento en la frecuencia de los deslizamientos, lo que representa una amenaza creciente y favorece la reactivación de antiguos movimientos en masa (Jiménez, 2022).

A nivel mundial, una de las regiones con mayor incidencia de movimientos en masa se localiza a lo largo del “Anillo de Fuego del Pacífico” (Ernst, 2001; Bhandari, 2014). Ecuador, situado en el extremo noroeste de América del Sur, forma parte de esta región dinámica. La conjunción de diferentes placas tectónicas y el vulcanismo asociado origina una geomorfología variada y la interacción de diversos procesos climáticos, incluyendo el fenómeno ENSO (El Niño Oscilación del Sur) (Toulkeridis y Zach, 2017; Vicente et al, 2017; Campozano et al , 2020).

En la región costera de Ecuador, los terremotos de subducción, las fallas geológicas activas y las precipitaciones son los principales desencadenantes de deslizamientos de tierra

que causan numerosas pérdidas humanas (Chunga et al, 2019; Hungr et al, 2014; Pincay, 2023). En el contexto ecuatoriano, las amenazas naturales provocan desastres y pérdidas considerables. La provincia de Manabí, en particular, ha experimentado las graves consecuencias de estos fenómenos. Por ejemplo, durante los eventos ENOS de 1997-1998, se registraron 133 fallecidos y 4,337 viviendas destruidas (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2018). Los registros de altas precipitaciones durante los eventos El Niño de 1982-1983 y 1997-1998 han evidenciado la alta susceptibilidad a deslizamientos en el cantón Paján.

Causas y vulnerabilidad global ante los deslizamientos de tierra

Se sabe que las fuertes lluvias y los eventos sísmicos son los principales factores que desencadenan deslizamientos de tierra. Dada la vulnerabilidad de ciertas áreas a estos fenómenos, es crucial considerar cómo las condiciones geomorfológicas preexistentes, como las que se encuentran en gran parte de Sudamérica, aumentan el riesgo (Acevedo et al., 2022). Un ejemplo notable es la Cordillera de los Andes, que atraviesa siete países (Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela). Esta geografía montañosa significa que numerosas comunidades se han establecido en zonas con alto riesgo de sufrir las consecuencias negativas de estos eventos (Ruiz, 2020).

Impacto de los deslizamientos en Ecuador

Ecuador enfrenta una situación similar debido a su geomorfología, que lo hace particularmente propenso a los deslizamientos de tierra, especialmente durante períodos de lluvias intensas. La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2023) ha documentado que, entre 2019 y 2021, los deslizamientos fueron uno de los fenómenos más comunes en la provincia de Pichincha. Esta tendencia se mantiene y se espera que se agrave, no solo en Pichincha sino en otras partes del país, particularmente con la llegada del Fenómeno del Niño.

Estadísticas nacionales y riesgos

Los deslizamientos de tierra son considerados la principal amenaza natural en Ecuador. Entre 1970 y 2019, el país registró más de 5,000 deslizamientos, impulsados por factores como las precipitaciones, la actividad sísmica y el Fenómeno del Niño. En 2018, estos eventos dejaron un saldo trágico de 47 personas fallecidas y 292 evacuadas (Clavijo y Malave, 2020).

Riesgo en la provincia de Manabí

Aunque la provincia de Manabí no tiene una topografía tan montañosa como las zonas andinas, también enfrenta un riesgo considerable de deslizamientos. Muchos de sus cantones, a pesar de no ser parte de la serranía, tienen áreas vulnerables donde los deslizamientos representan una amenaza para las comunidades. Los cantones con mayor riesgo son Sucre, Portoviejo, Montecristi, Jipijapa, Jaramijó, San Vicente, Santa Ana, Flavio Alfaro, El Carmen y Chone (Sandoval, 2018).

El sitio Pajita, ubicado en la provincia de Manabí, se caracteriza por estar conformado por suelos cohesivos granulares altamente susceptibles a la deformación y la pérdida de resistencia. Para este sitio, resulta crucial analizar los niveles de saturación que pueden incrementarse durante fenómenos como el ENOS, lo que puede generar nuevos deslizamientos o reactivar antiguos. La importancia de los estudios geológicos y geotécnicos es fundamental para el cálculo, diseño y control en obras civiles, con el fin de prevenir problemas de inestabilidad y deslizamientos (Oros, 2020). La estabilidad de un talud se rige por factores que aportan fuerzas a lo largo del plano de deslizamiento, y su dinámica puede reconstruirse eficazmente mediante estudios geotécnicos (Quispe et al, 2021).

Con base en los antecedentes expuestos, el presente estudio se centra en la evaluación de suelos susceptibles a deslizamientos en el sitio Pajita, Manabí, mediante la integración desde datos geológicos, geofísicos y geotécnicos. Los objetivos predominantes son: (a) determinar las unidades litológicas y sus

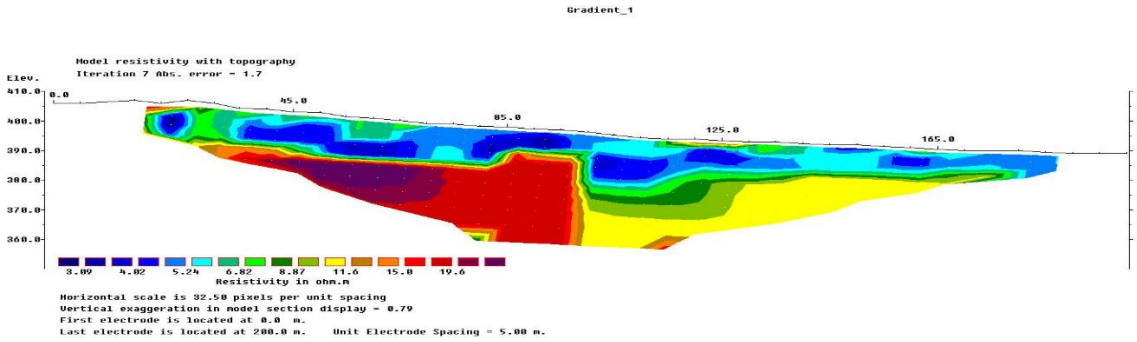
parámetros geotécnicos; (b) elaborar modelos para la identificación del plano de deslizamiento; y (c) diseñar soluciones de ingeniería para la estabilidad de taludes. Los resultados de esta investigación contribuirán a la comprensión del comportamiento litológico y geotécnico que causa los deslizamientos, ofreciendo información valiosa para la planificación del uso del suelo y la implementación de estrategias de mitigación en esta zona vulnerable.

METODOLOGÍA

El presente estudio se centró en la evaluación de suelos susceptibles a deslizamientos en el sitio La Pajita, provincia de Manabí, utilizando un enfoque cuantitativo y descriptivo. La investigación se organizó en tres fases interconectadas para lograr una comprensión integral del terreno.

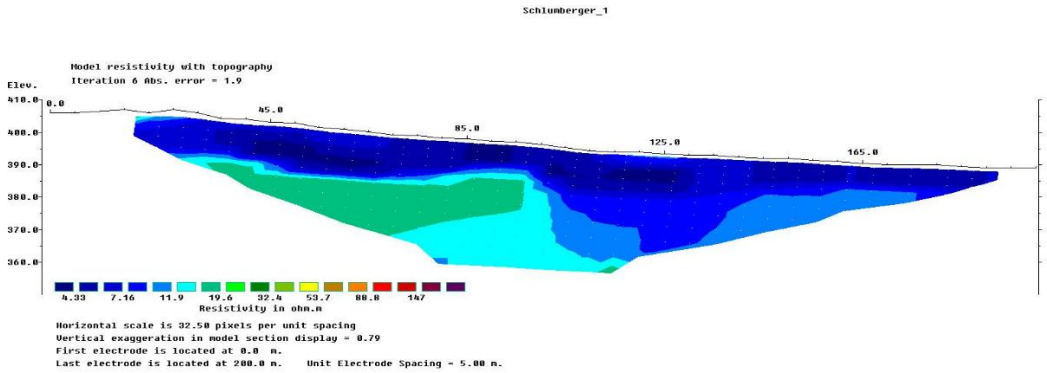
La primera fase se inició con un reconocimiento de campo para identificar características superficiales indicativas de inestabilidad, como grietas transversales. Para complementar estas observaciones, se realizó una prospección geofísica detallada del subsuelo, que incluyó ensayos de tomografía eléctrica utilizando los métodos Schlumberger y Gradiente. También se llevaron a cabo ensayos de sísmica de refracción para determinar las velocidades de las ondas (Vp y Vs), lo que permitió la construcción de un perfil geológico preciso.

Figura 1. *Perfiles de tomografía eléctrica gradiente*



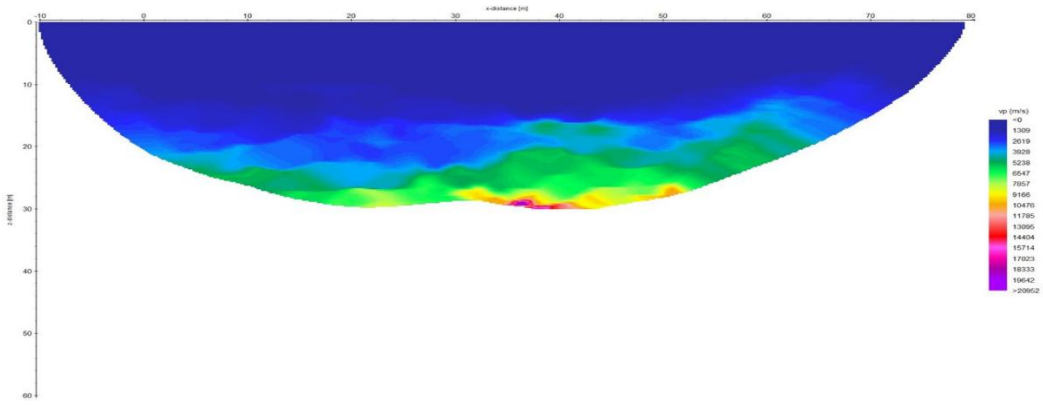
Fuente: Autores (2025)

Figura 2. *Perfiles de tomografía eléctrica Schlumberger*



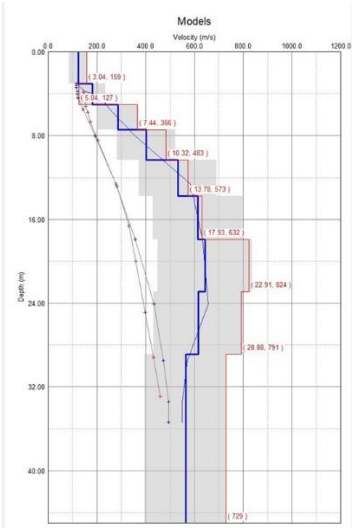
Fuente: Autores (2025)

Figura 3. *Ensayo de velocidad de ondas compresionales P (Vp)*



Fuente: Autores (2025)

Figura 4. *Ensayo de velocidad de onda S (Vs)*



Fuente: Autores (2025)

En la segunda fase, se procedió a la caracterización geotécnica de los materiales. Se tomaron muestras de suelo en puntos estratégicos para su análisis en laboratorio. Estos ensayos permitieron clasificar los suelos y obtener sus parámetros geomecánicos esenciales, como la cohesión (c), el ángulo de fricción (ϕ), el peso específico (γ) y la velocidad de onda de corte (Vs), que son indispensables para el análisis de estabilidad del talud.

A continuación, la siguiente tabla presenta un resumen de las unidades litológicas identificadas, junto con sus respectivos parámetros técnicos.

Tabla 1. *Unidades litológicas con sus respectivos parámetros técnicos*

UNIDAD GEOLÓGICA	ESPESOR (m)	DESCRIPCIÓN	Vs (m/s)	ϒ (Kn/m3)	Post- deslizamiento		colapso (retroanalisis)	
					c (kPa)	Φ (°)	c (kPa)	Φ (°)
U1	11.4	Suelo coluvial superior, matriz limo-arcillosa blanda.	127-160	14.2	30	18	0.2	0.1
U2	12.05	Deposito coluvial denso, con inclusiones arenosas.	160-483	17.2	33	28	15.05	13.6
U3	41.8	Arenisca fuertemente alterada,	573- 824	18.5	36	31	36	31

Fuente: Autores (2025)

La última fase del estudio se centró en el análisis y modelado del terreno. Con toda la información recopilada, se utilizó el software especializado GeoStudio para realizar un retroanálisis. Este proceso consistió en modelar retrospectivamente las condiciones del terreno en el momento del deslizamiento para estimar las propiedades de resistencia límite de los suelos e identificar con precisión la ubicación del plano de falla. Los parámetros obtenidos se aplicaron al modelo actual para evaluar el comportamiento del talud bajo diversas condiciones y proponer soluciones de ingeniería para su estabilización.

Área de estudio

Ubicación y fisiografía

El sector La Pajita se localiza geográficamente en las coordenadas 1°28'51" Sur y 80°16'31" Oeste, en la parroquia Sixto Durán Ballén, cantón Veinticuatro de Mayo. Esta área se sitúa en las estribaciones bajas de la cordillera costera de Manabí, con una fisiografía irregular y pendientes que varían entre 100 y 250 m s.n.m. La zona tiene un clima tropical megatérmico subhúmedo, con una estación lluviosa marcada de enero a abril, donde la variabilidad interanual de las precipitaciones, influenciada por el ENOS, es un factor crítico para la inestabilidad de laderas (León Ipo, 2022).

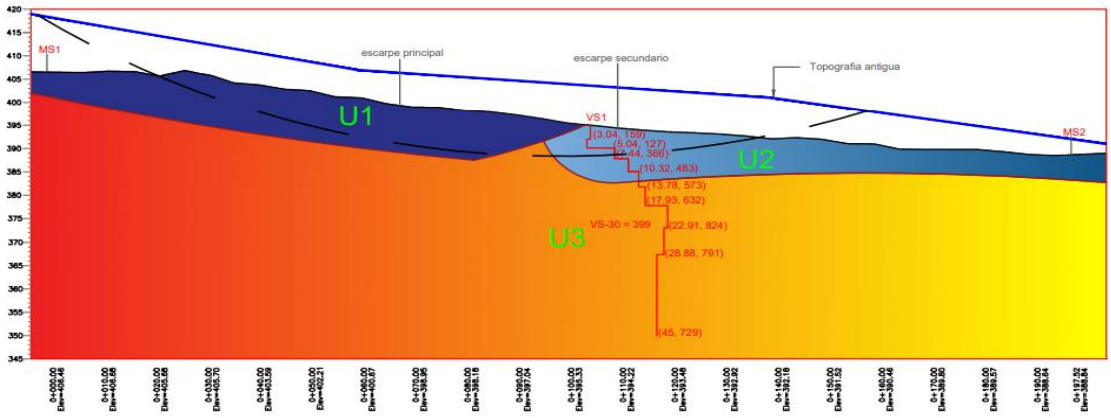
Figura 5. *Mapa de ubicación del sitio La Pajita, Manabí*

Fuente: Autores (2025)

Composición geológica del área de estudio

La hoja geológica de Portoviejo, perteneciente a la Cuenca de Manabí, permitió describir las unidades litoestratigráficas de la zona. Se identificaron la Formación Onzole (Moz), compuesta de limolitas, y la Formación Borbón (MPLBb), conformada por conglomerados y areniscas

Figura 6. *Perfil geológico con sus unidades litológicas delineadas*

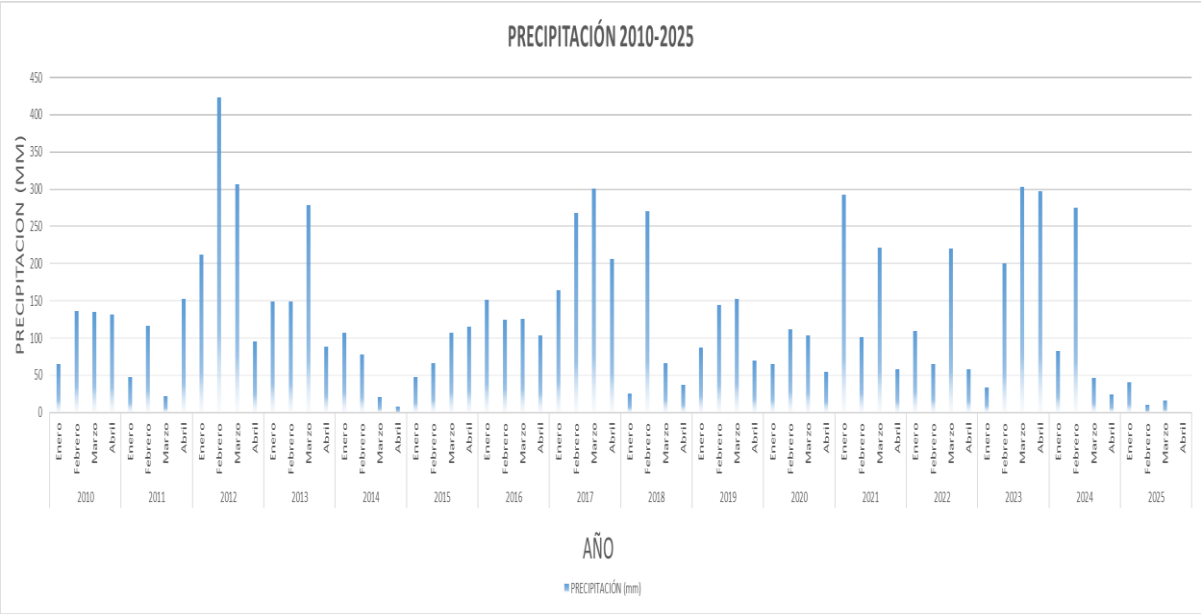


Fuente: Autores (2025)

Caracterización de las precipitaciones y desastres suscitado

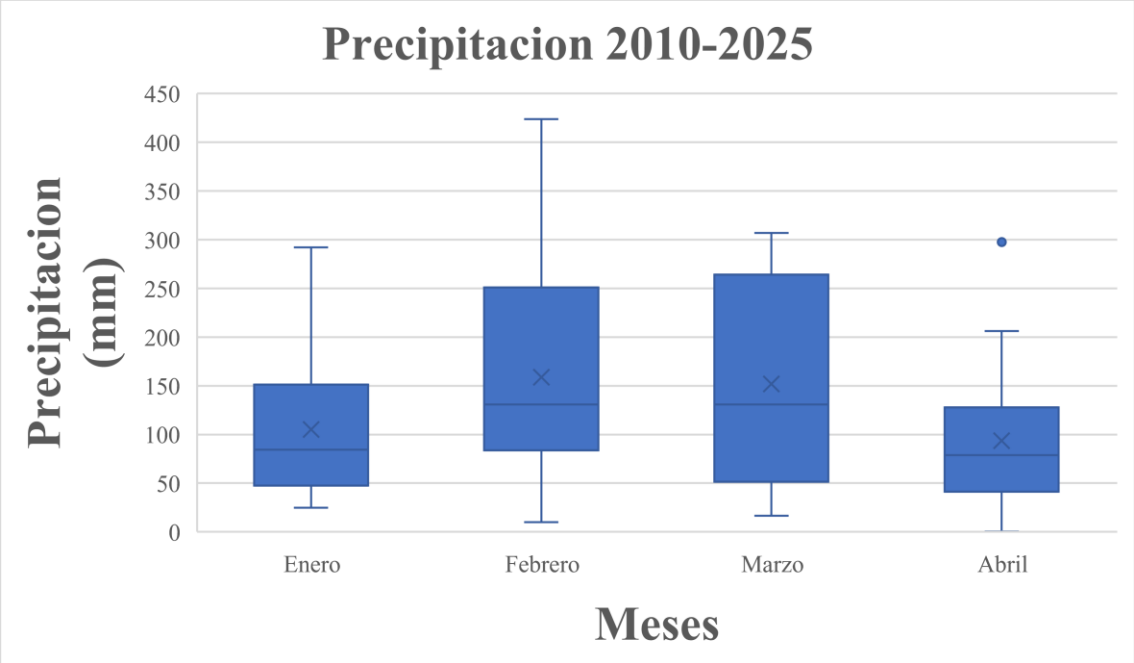
El análisis de las precipitaciones mensuales registradas en el sitio La Pajita entre 2010 y 2025 revela una marcada estacionalidad, con la mayor concentración de lluvias entre enero y abril.

Figura 7. *Valores de precipitaciones mensuales registrados en el sitio La Pajita, provincia de Manabí entre 2010-2025*.



Fuente: Autores (2025)

Figura 8. *Valores de precipitaciones mensuales registrados en el sitio La Pajita, provincia de Manabí entre 2010-2025*



Fuente: Autores (2025)

Con información de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR), se determinó que el deslizamiento es de tipo traslacional, activo y creciente. Se aprecian la corona y el cuerpo del deslizamiento, y se ha estimado que numerosas viviendas se encuentran en un alto nivel de exposición.

Figura 9. *Escarpe del deslizamiento y medición de altura en el sitio de estudio*

Fuente: Autores (2025)

Figura 10. *Vista del escarpe del deslizamiento y la afectación en la vegetación del sitio de estudio.*

Fuente: Autores (2025)

Principales causas de los deslizamientos en el sitio La Pajita

Las causas se clasifican en dos categorías:

- *Factores predisponentes*: La presencia de un nivel freático cercano a la superficie y un suelo superficial de arcilla orgánica muy blanda.
- *Factores desencadenantes*: Las precipitaciones intensas, especialmente durante el "fenómeno del Niño", y la sismicidad, dado que el sitio se encuentra en la zona sísmica VI (Cajamarca et al, 2023).

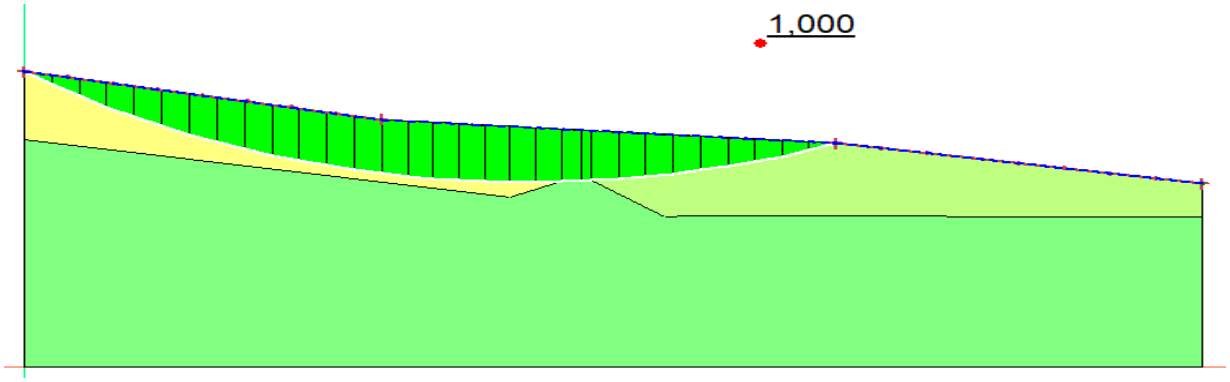
RESULTADOS

El cálculo de la estabilidad del talud en el sitio La Pajita se realizó a través del programa GeoStudio, utilizando un modelo geológico de deslizamiento. El objetivo de esta herramienta fue calcular el factor de seguridad (FS) del talud bajo diversas condiciones del suelo, aplicando los parámetros geomecánicos

obtenidos de los estudios de campo, prospección geofísica y análisis de laboratorio.

El modelado se inició con la topografía anterior al deslizamiento, lo que permitió realizar un retroanálisis. Este proceso consistió en modelar las condiciones del terreno en el momento en que ocurrió el colapso, representado por un factor de seguridad igual a 1. A través de este retroanálisis se determinaron los valores de cohesión y ángulo de fricción para las unidades litológicas del sitio.

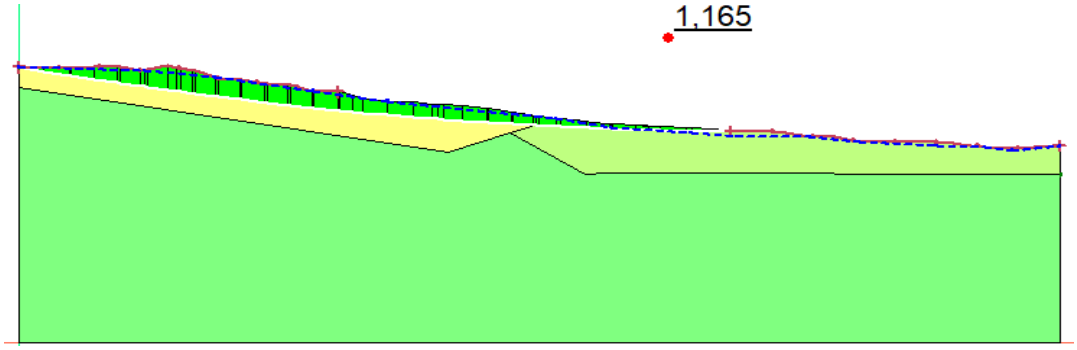
Figura 11. *Análisis de estabilidad del deslizamiento. Factor de seguridad en el momento del colapso (retroanálisis)*



Fuente: Autores (2025)

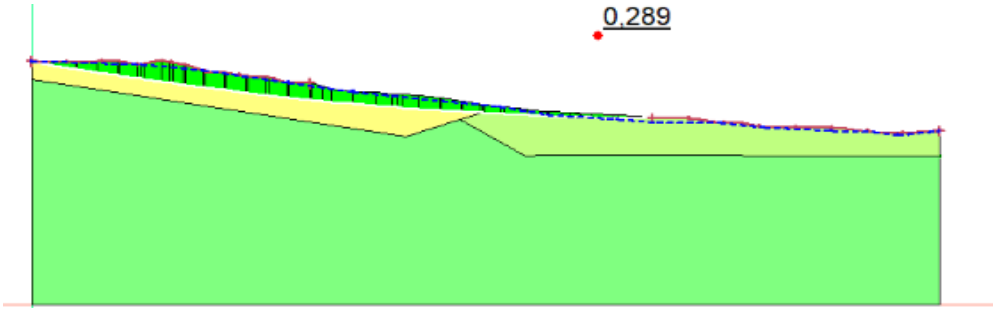
El análisis de estabilidad para la topografía actual se realizó considerando la normativa NEC-15, que establece un factor de seguridad mínimo de 1.50 para el caso estático y 1.05 para el pseudoestático. El resultado del factor de seguridad para la condición estática fue de 1.165, que no cumple con el mínimo normativo. Para el caso pseudoestático, el valor fue de 0.299, considerablemente menor al mínimo requerido.

Figura 12. *Factor de seguridad post-deslizamiento. Condición estática*



Fuente: Autores (2025)

Figura 13. *Factor de seguridad post-deslizamiento. Condición pseudoestática*



Fuente: Autores (2025)

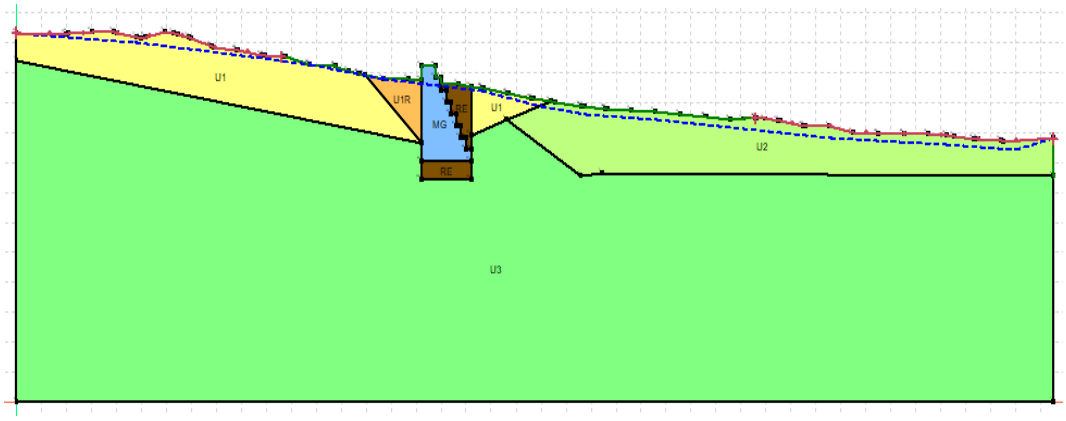
DISCUSIÓN

El retroanálisis del talud en el sitio La Pajita demostró que la falla ocurrió con una muy baja resistencia de los materiales, con una cohesión de 0.2 kPa y un ángulo de fricción de 0.1° para la unidad litológica 1. Estos valores, obtenidos del retroanálisis, son cruciales para entender el comportamiento del suelo en el momento del colapso. Los resultados del análisis de estabilidad del talud actual, con factores de seguridad de 1.165 (estático) y 0.299 (pseudoestático), evidencian que el talud se encuentra en una condición inestable y confirman que el sitio tiene una alta propensión a colapsar, especialmente bajo la carga sísmica y la saturación por lluvias. La comparación de estos resultados con la normativa NEC-15 demuestra que las condiciones actuales representan un riesgo significativo para la seguridad.

Para abordar esta inestabilidad, se plantearon dos propuestas de estabilización que buscan cumplir con los requisitos del NEC-15. Las simulaciones en GeoStudio respaldan la viabilidad de implementar soluciones de mitigación.

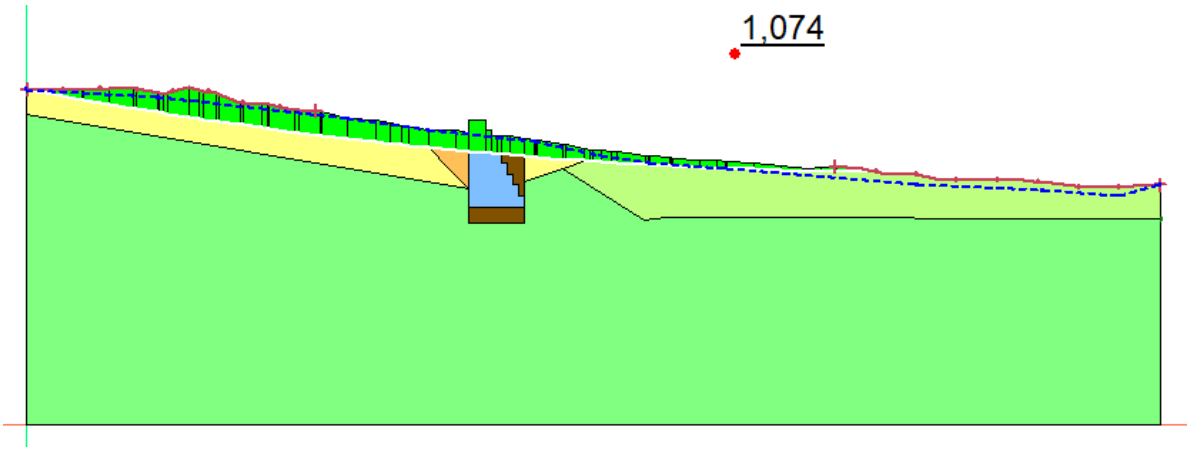
La primera propuesta, un muro de gaviones, arrojó un factor de seguridad de 1.074 para el caso pseudoestático y 4.506 para el estático, valores que cumplen con la normativa.

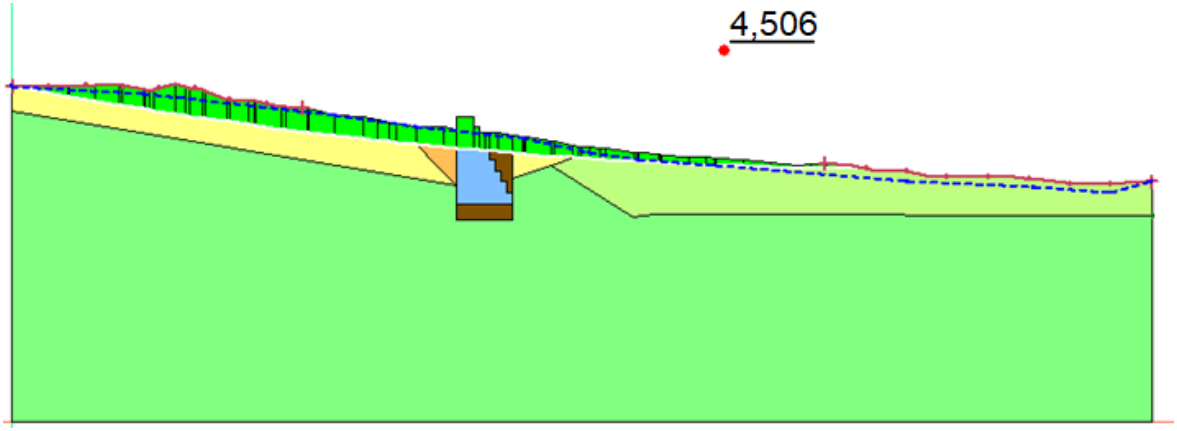
Figura 14. *Primera propuesta de estabilidad. Simulación con muro de gaviones*



Fuente: Autores (2025)

Figura 15. Factor de seguridad de la primera propuesta. Condición estática y pseudoestática.

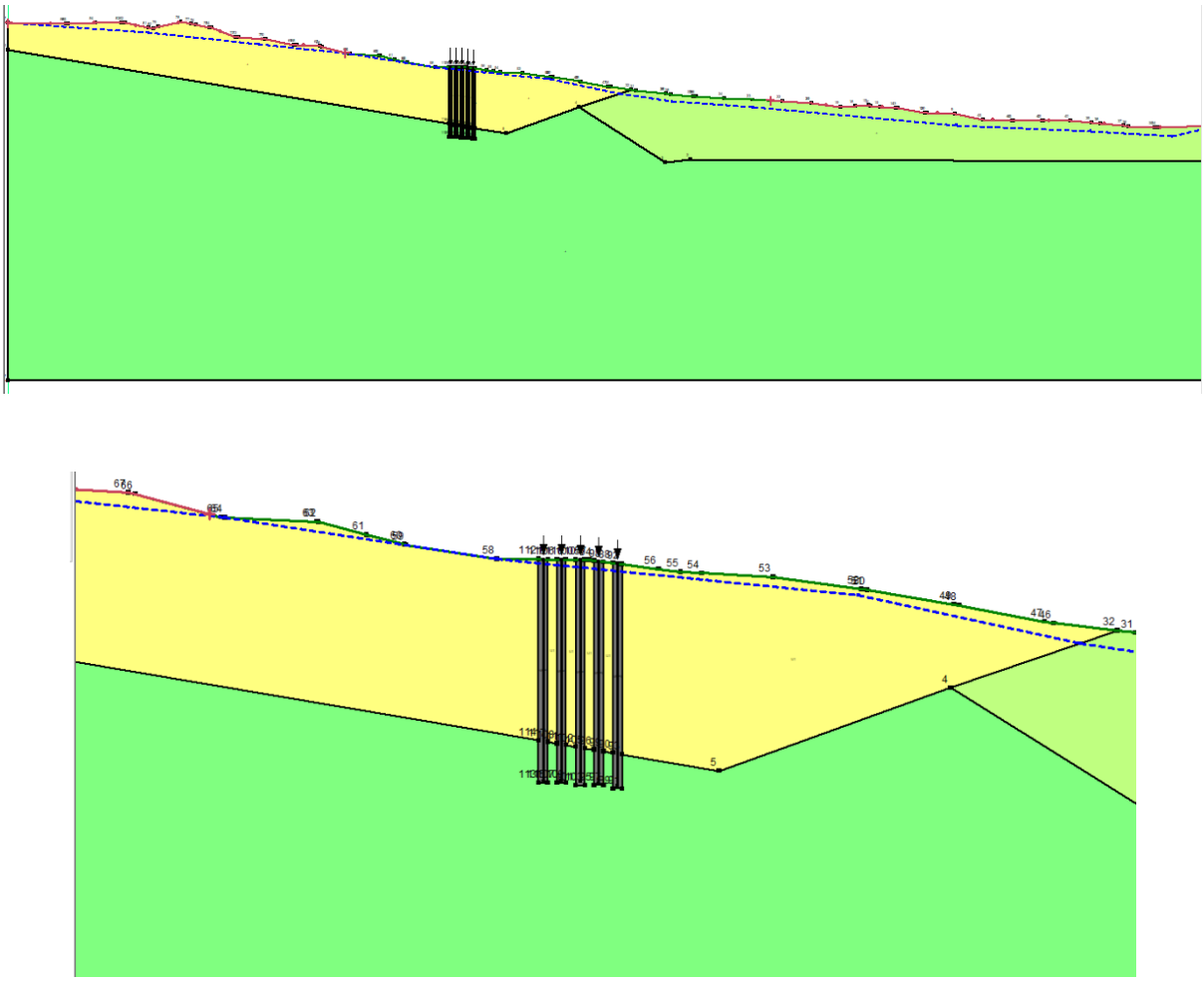




Fuente: Autores (2025)

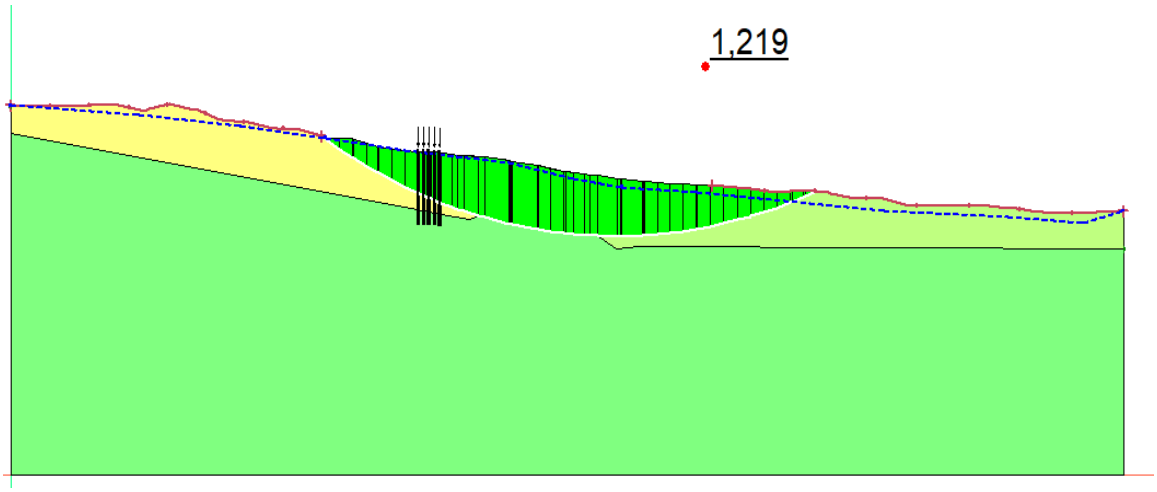
La segunda propuesta, un sistema de pilotes, resultó en un factor de seguridad de 1.219 para el caso pseudoestático y 5.659 para el estático. Estos valores también cumplen con la normativa NEC-15, validando la eficacia de esta solución.

Figura 16. *Segunda propuesta de estabilidad. Simulación con sistema de pilotes*



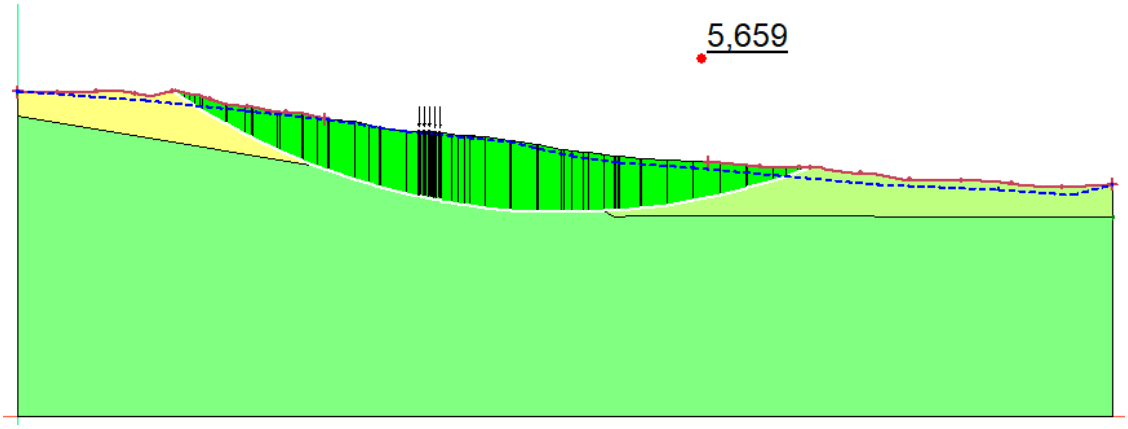
Fuente: Autores (2025)

Figura 17. *Factor de seguridad de la segunda propuesta. Condición pseudoestática*



Fuente: Autores (2025)

Figura 18. *Factor de seguridad de la segunda propuesta. Condición estática*



Fuente: Autores (2025)

Aunque ambas propuestas son técnicamente viables, la solución del sistema de pilotes se considera la más recomendable. Esta decisión no solo se basa en los resultados de estabilidad, sino también en consideraciones prácticas: los pilotes son menos invasivos y pueden anclarse a un estrato más resistente, lo que ofrece una mayor seguridad a largo plazo.

CONCLUSIONES

Los hallazgos de este estudio confirman que el fenómeno de deslizamiento en el sitio La Pajita es una consecuencia directa de la interacción entre factores geológicos y ambientales. A partir del retroanálisis del talud, se determinó que la falla ocurrió con una cohesión de 0.2 kPa y un ángulo de fricción de 0.1° para la unidad litológica 1, y una cohesión de 15.05 kPa y un ángulo de fricción de 13.6° para la unidad 2. Estos valores demuestran la baja resistencia del material en el momento del colapso, lo que subraya la susceptibilidad del suelo a los deslizamientos, especialmente ante eventos meteorológicos extremos.

Desde un punto de vista geotécnico, los análisis de estabilidad evidencian que el talud se encuentra en una condición inestable. Los factores de seguridad calculados para la topografía actual fueron de 1.165 en condición estática y de 0.299 en condición pseudoestática, ambos muy por debajo de los valores mínimos requeridos por la normativa NEC-15 (1.50 y 1.05, respectivamente). Este resultado subraya la necesidad de implementar soluciones de mitigación efectivas para garantizar la seguridad del área.

Las simulaciones de las propuestas de estabilización en GeoStudio demostraron que tanto la opción del muro de gaviones como la

del sistema de pilotes son viables para la mitigación del riesgo. La propuesta del muro de gaviones arrojó factores de seguridad de 4.506 para el caso estático y 1.074 para el pseudoestático. Por su parte, la propuesta del sistema de 5 pilotes resultó en factores de seguridad de 5.659 para el caso estático y 1.219 para el pseudoestático. Ambos sistemas cumplen y superan los requisitos de la normativa NEC-15, lo que valida su eficacia para estabilizar el talud.

A pesar de que ambas propuestas son técnicamente eficaces, la implementación de pilotes es menos invasiva, lo cual es ideal para un entorno con plantaciones de cacao, café y árboles frutales. La seguridad y eficiencia de este método radican en que los pilotes se anclan a un estrato más resistente, lo que mejora la transmisión de cargas y previene de manera óptima futuros deslizamientos. Una limitación de este estudio es que se basa en un modelo computacional. Por lo tanto, se sugiere que futuras investigaciones incluyan un monitoreo geotécnico continuo para verificar la efectividad de la solución implementada y evaluar cualquier posible cambio en las condiciones del terreno a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, E., Cabrera, F., & Serrano, J. (2022). Modelo de deslizamientos de tierra usando *OpenFOAM* aplicado a la zona de Pamplona, Bistua. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, 20*(2), 1–2.

Ayalew, L. (1999). El efecto de las lluvias estacionales sobre los deslizamientos de tierra en las tierras altas de Etiopía. *Boletín de Ingeniería Geológica y Medio Ambiente, 58*, 9–19. https://doi.org/10.1007/s10064-020-01961-1

Bhandari, R. K. (2014). *El mundo de los peligros y los desastres. Educación y gestión de desastres: Un paseo divertido para estudiantes, profesores y gestores de desastres.*

Cajamarca, L. J., Hidalgo, P. M., Maldonado, R. F., Martínez, V. A., Méndez, V. F., Peñaherrera, L. C., & Yambay, B. X. (2023). *Determinantes de salud ambiental.* Red Editorial Latinoamericana de Investigación Contemporánea. https://redliclibros.com/index.php/publicaciones/catalog/book/8

Campozano, L., Ballari, D., Montenegro, M., & Avilés, A. (2020). Futuras sequías meteorológicas en Ecuador: Tendencias de movimiento y características espacio-temporales asociadas derivadas de los modelos CMIP5. *Frontiers in Earth Science, 17*. https://doi.org/10.3389/feart.2020.00017

Changnon, S., Pielke, R., Changnon, D., Sylves, R., & Pulwarty, R. (2020). Human factors explain the increased losses from weather and climate extreme. *Bulletin of the American Meteorological Society, 437*.

Chunga, K., Livio, F. A., Martillo, C., Lara Saavedra, H., Ferrario, M. F., Zevallos, I., & Michetti, A. M. (2019). Deslizamientos de tierra desencadenados por el terremoto de 2016 de magnitud 7.8 en Pedernales, Ecuador: Correlaciones con la intensidad, litología, pendiente y PGA-h del ESI-07. *Geociencias, 9*, 371. https://www.researchgate.net/publication/334596187

Clavijo, A., & Malave, J. (2020). *Evaluación de amenazas por deslizamientos asociados a factores hidroclimáticos en sectores de Loja y Manabí* [Tesis de grado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/54871/1/T-70666%20CLAVIJO%20-%20MALAVE.pdf

Ernst, W. G. (2001). La creciente gravedad de los desastres naturales circunpacíficos. *Revista Internacional de Geología, 43*(5), 380–390.

Gariano, S. L., & Guzzetti, F. (2016). Deslizamientos de tierra en un clima cambiante. *Earth-Science Reviews, 162*, 227–252. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.011

Gil, H. A. P. (2018). Propuesta de plan de gestión integral de riesgos de desastres en la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Ciencia Digital, 11*(21), 35–55.

Hui, G., Li, S., Guo, L., Wang, P., Liu, B., Wang, G., & Somerville, I. (2021). Una revisión de los riesgos geológicos en el margen continental norte del Mar de China Meridional. *Earth-Science Reviews, 220.*

Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2014). Clasificación de Varnes de tipos de deslizamientos, una actualización. *Landslides, 11*, 167–194. https://doi.org/10.1007/s10346-013-0436-y

Islam, M. A., Islam, M. S., & Jeet, A. A. (2021). Una investigación geotécnica de los deslizamientos de tierra de Chattogram de 2017. *Geosciences, 11*, 337. https://doi.org/10.3390/geosciences11080337

Jiménez, P. E. (2022). *Evaluación de la susceptibilidad a deslizamiento de masa aplicando la metodología Mora-Vahrson en la parroquia Cutchil, cantón Sígsig* [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23154/1/UPS-CT010020.pdf

Juang, C. H., Jhi, Y. Y., & Lee, D. H. (1998). Análisis de estabilidad de taludes existentes considerando la incertidumbre. *Engineering Geology, 49*, 111–122.

Lacroix, P., Handwerger, A. L., & Bièvre, G. (2020). Vida y muerte de los deslizamientos de tierra de movimiento lento. *Nature Reviews Earth and Environment, 1*(8), 404–419. https://doi.org/10.1038/s43017-020-0072-8

León Ipo, M. E. (2022). *Análisis de susceptibilidad de riesgo por deslizamiento de tierra mediante fotogrametría con drones, en la parroquia Belisario Quevedo, Bosque Antenas del Pichincha* [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22543/4/UPS%20-%20TTS787.pdf

Martínez, X. (2022). *Los impuestos ambientales: Instrumentos para mitigar los efectos del cambio climático* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Autónoma de México. https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2022/febrero/0822230/Index.html

Oros Méndez, L. (2020). Estudio geológico-geotécnico para la estabilidad de taludes en el Departamento de Potosí-Bolivia. *Revista Ingeniería, 2*(3), 85–96. https://revistaingenieria.org/index.php/revistaingenieria/article/view/25

Pincay, M. A. (2023). Estimación de riesgo por deslizamiento en la parroquia Noboa, 24 de Mayo, Manabí. *Revista UNESUM-Ciencias, 7*(1), 103–118. https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v7.n1.2023.708

Quispe, R. M., Enríquez, N. A., Herrera, C. A., & Hinojosa, R. A. (2021). Susceptibilidad a deslizamiento de ladera mediante el sistema de información geográfica. *Scientific Research Journal CIDI, 1*(2), 162–174. https://doi.org/10.53942/srjcidi.v1i2.62

Ruiz, J. (2020). *Susceptibilidad a deslizamientos en el Valle de Joa* [Tesis de grado]. Universidad Estatal del Sur de Manabí. https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2563

Schuster, R. L., & Wieczorek, G. F. (2018). Factores desencadenantes y tipos de deslizamientos de tierra. En R. L. Schuster & G. F. Wieczorek (Eds.), *Deslizamientos de tierra* (pp. 59–78). Taylor & Francis. https://doi.org/10.1201/9780203749197-4

Secretaría de Gestión de Riesgos. (2018, marzo 25). *Gestión de riesgos.*

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2022). *Metodología susceptibilidad / susceptibilidad ante movimientos en masa.*

Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2023). *Plan de acción ante el fenómeno "El Niño" en Ecuador 2023-2024.*

Sultan, N., Cochonat, P., Canals, M., Cattaneo, A., Dennielou, B., Haflidason, H., & Wilson, C. (2004). Activation of mass-wasting processes by methane ebullition from the Storegga Slide scarp. *Marine Geology*, 213–221.

Toulkeridis, T., & Zach, I. (2017). Direcciones del viento de nubes cargadas de ceniza volcánica en Ecuador: Implicaciones para la seguridad pública y de vuelo. *Geomatics, Natural Hazards and Risk, 8*(2), 242–256. https://doi.org/10.1080/19475705.2016.1199445

Varnes, D. J. (1978). Tipos y procesos de movimiento de taludes. En D. J. Varnes & D. M. Cruden (Eds.), *Deslizamientos de tierra: Análisis y control* (pp. 11–33). National Research Council. https://www.researchgate.net/publication/209802944

Vicente, S. M., Aguilar, E., Martínez, R., Martín, N., Azorín, C., Sánchez, A., & Nieto, R. (2017). La compleja influencia del ENSO en las sequías en Ecuador. *Climate Dynamics, 48*, 405–427. https://doi.org/10.1007/s00382-016-3082-y

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

DERECHOS DE AUTOR

García Aguayo, A. A., Macias Pico, C. J., & Chunga Moran, K. A. (2025)

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0, que permite su uso sin restricciones, su distribución y reproducción por cualquier medio, siempre que no se haga con fines comerciales y el trabajo original sea fielmente citado.

El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en esta publicación es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la revista.