



Artículo de investigación original



Caracterización geotécnica y deformación dinámica por saturación de deslizamiento en el sector Che Guevara, Portoviejo

Geotechnical characterization and dynamic deformation due to saturation of landslide in the Che Guevara sector, Portoviejo

Lisbeth Eloisa Carranza Bravo¹  , Jimmy Xavier Ibarra Mejía¹  ,
Kervin Arturo Chunga Moran¹  

¹ Universidad Técnica de Manabí (UTM), Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Av. José María Urbina, Portoviejo 130105, Ecuador

Recibido: 2025-05-01 / Aceptado: 2025-06-02 / Publicado: 2025-07-01

RESUMEN

Este estudio presenta una investigación geológica, geotécnica y geofísica integral de la ladera Che Guevara ubicada en Portoviejo, Ecuador. A través de la integración de métodos sísmicos MASW, tomografía de resistividad eléctrica (ERT), pruebas de corte directo y observaciones de campo, se desarrolló un modelo detallado del subsuelo. Los resultados destacan variaciones significativas en el comportamiento dinámico, incluyendo capas de baja rigidez, zonas de alta deformación dinámica y una configuración litoestratigráfica compleja que contribuyen a la inestabilidad de la pendiente. Los hallazgos respaldan la urgente necesidad de medidas de mitigación y estabilización.

Palabras clave: deformación dinámica; MASW; tomografía de resistividad eléctrica (ERT); velocidad de onda transversal; clasificación Vs30; suelos saturados

ABSTRACT

This study presents a comprehensive geological, geotechnical, and geophysical investigation of the Che Guevara slope located in Portoviejo, Ecuador. Through the integration of MASW seismic methods, electrical resistivity tomography (ERT), direct shear tests, and field observations, a detailed model of the subsurface was developed. Results highlight significant variations in dynamic behavior, including low-stiffness layers, zones of high dynamic deformation, and a complex lithostratigraphic configuration that contribute to the slope's instability. The findings support the urgent need for mitigation and stabilization measures.

keywords: dynamic deformation; MASW; electrical resistivity tomography (ERT); shear wave velocity; Vs30 classification; saturated soils

RESUMO

Este estudo apresenta uma investigação geológica, geotécnica e geofísica integral da encosta Che Guevara, localizada em Portoviejo, Equador. Por meio da integração de métodos sísmicos MASW, tomografia de resistividade elétrica (ERT), ensaios de cisalhamento direto e observações de campo, foi desenvolvido um modelo detalhado do subsolo. Os resultados destacam variações significativas no comportamento dinâmico, incluindo camadas de baixa rigidez, zonas de alta deformação dinâmica e uma configuração litoestratigráfica complexa que contribuem para a instabilidade da encosta. Os achados reforçam a necessidade urgente de medidas de mitigação e estabilização.

palavras-chave: deformação dinâmica; MASW; tomografia de resistividade elétrica (ERT); velocidade da onda transversal; classificação Vs30; solos saturados

Forma sugerida de citar (APA):

Carranza Bravo, L. E., Ibarra Mejía, J. X., & Chunga Moran, K. A. (2025). Evaluación de la erosión hídrica y deslizamiento lateral del Río Portoviejo, en el sector Picoazá. *Revista Científica Multidisciplinar SAGA*, 2(3), 623-643. <https://doi.org/10.63415/saga.v2i3.221>



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

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos de tierra son movimientos de masas caracterizados por ser uno de los peligros naturales propicios en dejar consecuencias graves en cuanto a víctimas y daños materiales (INGEMMET, 2024). Estos eventos, que se caracterizan por el desplazamiento descendente de masas en pendientes (Aguirre, 2022), representan una amenaza persistente en diversas regiones del mundo, afectando tanto áreas urbanas como entornos naturales.

Este estudio se enfoca en la evaluación de los deslizamientos de tierra, abordando los aspectos geotécnicos que influyen en su comportamiento. Se pretende avanzar en la comprensión de estos eventos, facilitando la implementación de estrategias preventivas y mitigadoras para reducir la vulnerabilidad de las comunidades frente a eventos catastróficos originados por la interacción de factores naturales (García et al., 2024).

A lo largo de este análisis, se analizarán los patrones de ocurrencia de deslizamientos a gran escala, las condiciones geológicas propicias, así como los métodos de monitoreo y modelización que contribuyen a la predicción y gestión efectiva de estos eventos (Roldan et al., 2025). La importancia de esta investigación radica en su capacidad de fomentar prácticas de ingeniería frente a la constante amenaza de los deslizamientos de tierra.

Hoy en día hay varios sectores en la ciudad de Portoviejo que están propensos a sufrir que grandes masas de tierra y roca se deslizen por pendientes, provocando la estabilización de los taludes. En el siguiente artículo se pretende evitar que los habitantes del sector Che Guevara de la ciudad de Portoviejo vuelvan a pasar por este desastre natural que ya afectó esta zona dejando cinco familias sin hogares y otras cuantas en peligro.

Los habitantes de la ciudadela Che Guevara presenciaron un acontecimiento de

movimiento de masa de tierra que los afectados tomaron la decisión de aceptar en dejar todos sus inmuebles, por eso nos lleva a tomar la decisión de saber ¿Cuáles son los factores que producen movimientos de masas en la ciudadela Che Guevara de Portoviejo? Los deslizamientos son eventos que ocurren muy comúnmente en la mayoría de las vías del Ecuador, ya sea por los factores naturales de la topografía, o por causas antrópicas (Jogacho et al., 2024).

Tras los últimos años de investigación se ha demostrado un aumento de los eventos graves por los procesos geodinámicos de la Tierra, también se toma mucho en consideración los fenómenos hidrológicos como inundaciones entre otros, los fenómenos hidrometeorológicos en algunos casos su causa son la contaminación y el cambio climático global. Los movimientos en masa de suelos constituyen una amenaza para las comunidades aledañas que están en riesgo, por lo que lleva a cabo caracterizarlo y eludir algún suceso en el futuro.

Los deslizamientos de tierra son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los seres humanos (Castro, 2022), causando muertes y daños materiales en gran parte del mundo. De ahí la importancia del uso de umbrales de precipitación como herramientas útiles para pronosticar la ocurrencia de deslizamientos de tierra.

Debido a los recientes deslizamientos de tierras vividos en marzo del 2023 producto de las lluvias, el objetivo de abordar la problemática actual vivida en las colinas de Che Guevara de la ciudad de Portoviejo, relacionada con los deslizamientos de tierras que afectan a los residentes de la zona, este estudio se propone contribuir con soluciones basadas en los conocimientos geotécnicos adquiridos. La urgencia de intervenir radica en la necesidad de prevenir daños irreparables a las familias vulnerables expuestas a estos desastres naturales.

La identificación de la zona de las colinas de la Che Guevara como un área de interés geotécnico se fundamenta en la ocurrencia pasada de deslizamientos y en la amenaza potencial de eventos similares en el futuro. Es esencial comprender a fondo las propiedades geotécnicas del subsuelo y su relación con la deformación dinámica inducida por la saturación de deslizamientos (Galdos et al., 2024). Este conocimiento resulta crucial para mitigar los riesgos asociados y garantizar la seguridad tanto de las infraestructuras como de la comunidad local.

El proyecto se realizó en el sector colinas de la Che Guevara del Cantón Portoviejo sobre las coordenadas: X: 562564; Y: 9883050, a media colina, ubicado en la parroquia San Pablo, calle Che Guevara.

Esta investigación abarca desde la toma de muestra en el sector para hacer un estudio en el laboratorio en el cual uno de los objetivos será buscar en coeficiente de fricción y cohesión para la estabilidad del talud y luego plantear soluciones para la estabilidad del mismo. Se abordará los aspectos geotécnicos que influyen en su comportamiento, no se tomarán en cuenta las implicaciones económicas, ambientales y sociales asociadas.

El objetivo principal de este estudio es la caracterización geotécnica y deformación dinámica por saturación del deslizamiento en el sector Che Guevara, Portoviejo, el cual desglosa los siguientes objetivos específicos: delinear unidades litológicas desde datos geológicos y topográficos; investigar propiedades geotécnicas centrada en la saturación del deslizamiento en la zona Che Guevara, Portoviejo; elaborar un modelo geológico-geotécnico del subsuelo, desde parámetros, geofísicos y mecánica de suelos; determinar la tasa de deformación dinámica del talud en referencia a la modificación topográfica del sitio Che Guevara; plantear soluciones de ingeniería geotécnica para la estabilidad de talud en el sitio Che Guevara.

Se llevo a cabo una visita técnica al sector Che Guevara de la ciudad de Portoviejo para obtener muestras del suelo y realizar un análisis geotécnico y geofísico de las muestras y determinar las propiedades del suelo con la

obtención de parámetros clave, posteriormente con la información recopilada se desarrollará un modelo geológico-geotécnico del subsuelo, integrando parámetros geofísicos y mecánicos de suelos, para proponer soluciones de ingeniería geotécnica que mejoren la estabilidad del talud en el sitio Che Guevara.

Descripción del área de estudio

Fisiografía del Área de Estudio

Una de las provincias con más riesgos de deslizamientos por la inminente llegada del fenómeno El Niño, es la provincia de Manabí, ocupa un territorio de unos 19.427 km², siendo la cuarta provincia del país por extensión, detrás de Pastaza, Morona Santiago y Orellana (Coronel, 2020).

En el territorio manabita habitan 1'562.079 personas, según la proyección demográfica del INEC para 2020 (INEC, 2023). La Provincia de Manabí tiene 22 cantones, con parroquias urbanas y rurales, en el cual 15 de ellos concentran una alta fragilidad debido a deslizamientos e inundaciones.

Por tratarse de una provincia de la costa, Manabí tiene escasas elevaciones que no sobrepasan los 500 m sobre el nivel del mar (m s.n.m). El cantón Portoviejo perteneciente a la provincia de Manabí, con 322.925 habitantes según instituto nacional de estadísticas y censo (INEC, 2023), en una extensa llanura, con una altitud de 53 m s.n.m, y con un clima semiárido cálido de 25,5 °C en promedio. La ciudad se caracteriza por presentar una predominancia de depósitos del Holoceno principalmente de ambiente fluvial (Castaño, 2022); al mismo tiempo por su geomorfología y ubicación, es propensa a inundaciones causadas por el desbordamiento del río Portoviejo, lo que genera la saturación del suelo, en especial en épocas donde se desarrolla el Fenómeno de El Niño.

El presente estudio analiza el reciente deslizamiento de tierra provocado por las intensas lluvias, ocurrido en marzo del 2023 en el sector Che Guevara, Portoviejo. En el cual dejó 6 familias afectadas, 5 viviendas fueron destruidas por el movimiento en masa (figura 1). La descripción e interpretación del deslizamiento incluye criterios técnicos, que

definirán la deformación dinámica del talud, sus principales causas geológicas, que han dado lugar al evento de movimiento de masas estudiado.

Figura 1

Mapa de Ubicación de zona de afectada



Fuente: Dirección de Riesgo y Sostenibilidad Ambiental

Características de las precipitaciones

El cantón Portoviejo se encuentra en una región que presenta un régimen pluviométrico (Cuenca et al., 2021) caracterizado por variaciones estacionales significativas y eventos meteorológicos extremos influenciados por factores climáticos globales como El Niño y La Niña.

Portoviejo recibe un promedio anual de precipitación que varía entre 800 y 1,200 mm. Sin embargo, este promedio puede experimentar fluctuaciones significativas dependiendo de la ocurrencia de fenómenos climáticos extremos.

La temporada de lluvias en Portoviejo generalmente se extiende desde diciembre hasta mayo, con los meses de marzo y abril siendo los más lluviosos (Pinto et al., 2023). Durante esta época, las precipitaciones pueden ser intensas y continuas, resultando en un alto

riesgo de inundaciones y deslizamientos de tierra. De junio a noviembre, Portoviejo atraviesa una estación seca, caracterizada por precipitaciones escasas y esporádicas. Esta disminución en las lluvias reduce el riesgo de inundaciones, pero puede provocar sequías y estrés hídrico en la agricultura.

Las Influencias Climáticas como el fenómeno de El Niño tiene un impacto considerable en las precipitaciones de Portoviejo. Durante los eventos de El Niño, la región puede experimentar lluvias excepcionalmente intensas y prolongadas, que incrementan significativamente el riesgo de desastres naturales como inundaciones y deslizamientos de tierra.

Contrario a El Niño, el fenómeno La Niña suele traer condiciones más secas a la región. Esto puede resultar en una reducción significativa de las precipitaciones durante la temporada húmeda, exacerbando las condiciones de sequía y afectando negativamente la disponibilidad de recursos hídricos.

Durante la estación húmeda y eventos de El Niño, es común que Portoviejo experimente lluvias torrenciales, con intensidades que pueden superar los 50 mm en una sola jornada. Estas lluvias intensas son capaces de causar inundaciones rápidas y erosionar suelos, especialmente en áreas con drenaje insuficiente.

La distribución de las precipitaciones en Portoviejo puede ser bastante variable, con algunas áreas recibiendo cantidades significativamente mayores de lluvia que otras en cortos periodos de tiempo. Esto se debe a la influencia de factores topográficos y la presencia de microclimas locales.

Las características de las precipitaciones en el cantón Portoviejo presentan desafíos significativos para la gestión del territorio y la mitigación de riesgos naturales. Comprender el régimen pluviométrico y sus variaciones estacionales es esencial para desarrollar estrategias de adaptación y resiliencia que protejan a las comunidades y aseguren el desarrollo sostenible de la región.

Podemos observar los valores de precipitaciones registrados en el sitio Che Guevara cantón Portoviejo de Manabí entre 2010-2025 (tabla 1).

El deslizamiento de tierra del sector Che Guevara 2023

Alcance del desastre ocurrido

A fines de marzo de 2023, en horas de la tarde, las intensas lluvias en el cantón Portoviejo provocaron una alta saturación del suelo en diversas áreas, llevando a un deslizamiento de tierra significativo en el sector de Che Guevara. Este evento afectó gravemente a la parroquia San Pablo, particularmente en la ciudadela Las Briones, específicamente en la calle Che Guevara.

Las intensas precipitaciones saturaron el suelo, reduciendo su cohesión y aumentando su peso, lo que llevó a la inestabilidad del talud. La alta humedad y la acumulación de agua en el terreno jugaron un papel crucial en el desencadenamiento del deslizamiento de tierra.

El deslizamiento de tierra desplazó una considerable cantidad de material, afectando directamente varias viviendas en el área. La masa de tierra en movimiento destruyó estructuras y alteró el paisaje, dejando la zona en un estado crítico de riesgo. Las estructuras de las casas fueron gravemente afectadas, con paredes y techos colapsados debido al desplazamiento del suelo.

Los residentes de la zona, especialmente aquellos ubicados en el escarpe del deslizamiento, tuvieron que abandonar sus viviendas de inmediato. La rápida acción de evacuación fue crucial para prevenir pérdidas humanas, aunque las pérdidas materiales fueron significativas.

El escarpe del deslizamiento marca el inicio de la zona afectada, representando un área de alto riesgo para futuros deslizamientos. La inestabilidad del terreno en esta región requiere monitoreo constante y medidas de mitigación para evitar nuevos desastres.

Las autoridades locales y equipos de emergencia llevaron a cabo una evaluación exhaustiva de los daños, identificando las áreas

más críticas y planificando intervenciones para estabilizar el terreno. Las estructuras dañadas fueron catalogadas, y se iniciaron planes para la reubicación de las familias afectadas.

La zona permanece en un estado de alto riesgo debido a la inestabilidad del talud y la saturación del suelo. Es esencial implementar medidas preventivas para estabilizar el terreno y evitar futuros deslizamientos.

El deslizamiento de tierra del sector Che Guevara en marzo de 2023 resalta la necesidad urgente de estrategias de manejo de riesgos y desastres en Portoviejo. Las intensas lluvias y la consecuente saturación del suelo son factores críticos que deben ser abordados mediante planificación y acción coordinada entre las autoridades y la comunidad. La experiencia de este evento debe servir como lección para mejorar la resiliencia de la región frente a fenómenos naturales similares en el futuro.

Principales Causas de los Deslizamientos

Las principales causas del deslizamiento de tierra en el sector Che Guevara, Portoviejo, se pueden agrupar en varios factores clave que contribuyeron al evento. Estos factores incluyen tanto condiciones naturales como influencias humanas. Las lluvias intensas y prolongadas asociadas con el fenómeno El Niño aumentaron la saturación del suelo, reduciendo su cohesión y estabilidad (Unidad nacional para gestión del riesgo y ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2023). La temporada de lluvias en Portoviejo, especialmente en marzo y abril (Pinto et al., 2023), contribuyó a la alta saturación del suelo, lo que fue un factor crítico en el desencadenamiento del deslizamiento.

Según sus condiciones geotécnicas el suelo en el sector Che Guevara es un suelo franco arcilloso teniendo una alta capacidad de retención de agua. Durante periodos de lluvia intensa, estos suelos pueden saturarse rápidamente, perdiendo cohesión y aumentando su susceptibilidad al deslizamiento.

Las pendientes pronunciadas y la forma del talud en el sector Che Guevara contribuyeron a su inestabilidad. La inclinación y

configuración del terreno facilitan el movimiento descendente de masas de tierra cuando están saturadas. La saturación del suelo disminuye la fricción interna y la cohesión, facilitando el movimiento masivo de tierra.

La construcción de carreteras y viviendas, alteraron el drenaje natural del agua, lo que contribuyó a la acumulación de agua en el suelo y su posterior saturación, y gracias a la falta de mantenimiento adecuado de sistemas de drenaje aumento la acumulación de agua en el suelo durante periodos de lluvia intensa.

El cambio climático global ha incrementado la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos, como las lluvias intensas, que aumentan el riesgo de deslizamientos (Álvarez, 2024). Los eventos hidrológicos, como inundaciones, contribuyeron a la saturación del suelo y a la inestabilidad del talud.

El deslizamiento de tierra en el sector Che Guevara fue el resultado de una combinación de intensas lluvias, condiciones geotécnicas desfavorables, la geometría del talud, urbanización inadecuada y factores climáticos (Gonzales, 2025). Estas causas interrelacionadas contribuyeron a la inestabilidad del terreno y al eventual deslizamiento de tierra que afectó gravemente a la comunidad.

METODOLOGÍA

Para la caracterización del subsuelo en el área de estudio, se llevaron a cabo una serie de estudios geofísicos y geológicos integrados, a través de varias visitas al área para la recopilación de datos y actividades de campo como lo es la Topografía del Lugar, en la que se realizó un levantamiento topográfico detallado del área de estudio mediante el uso de estación total, Este procedimiento permite obtener un modelo digital del terreno (MDT) que proporciona información precisa sobre la morfología del sitio, indispensable para la interpretación de datos geofísicos y la planificación de otros estudios.

Dentro del trabajo de campo se llevó a cabo la Tomografía Eléctrica para obtener un perfil bidimensional de las propiedades eléctricas del subsuelo, las configuraciones utilizadas para la

obtención de los datos fueron gradiente, Schlumberger y Wenner, los cuales se procesaron con el software RES2DINV, donde se realizaron levantamientos geofísicos de tres secciones de tomografía eléctrica, P1 (perfil A-B) con mediciones de gradiente y 120 m de longitud (ver figura 4), P2 (perfil C-D) con mediciones de Wenner-Schlumberger y 120 m de longitud (ver figura 5), y L3 (perfil E-F) con mediciones de Wenner con una longitud de 120 m (ver ubicación de las líneas geoelectricas en la Figura 6). Este método consistió en la colocación de 40 electrodos alineados sobre la superficie del terreno cada 3m de separación cubriendo una distancia total de 120m, a través de los cuales se inyecta corriente eléctrica. Los datos de resistividad obtenidos permiten identificar estratos, estructuras geológicas y variaciones en la composición del suelo.

Así mismo se llevó a cabo la Sísmica de Refracción, en el cual se determinó la velocidad de propagación de ondas sísmicas en el subsuelo, lo cual brinda información sobre las capas y sus propiedades mecánicas. Se colocaron 24 geófonos cada 2 metros ocupando así una longitud total de 48m de longitud sobre la superficie del terreno, donde se obtuvo el modelo de velocidades sísmicas de la onda de corte (Vs). Para determinar la velocidad de las ondas de corte sísmicas (Vs), se integraron los datos obtenidos de las técnicas MASW y MAM. Finalmente, se compararon los resultados de los ensayos geofísicos indirectos, que delimitaron las unidades geoelectricas (mediciones en .m) y geosísmicas (mediciones en m/s, Vs30), con las unidades litológicas reconocidas en el terreno.

Se llevaron a cabo dos muestras del material de la capa superior del suelo, una recolectada en la cabecera o corona y otra en el pie de la superficie de falla, con una profundidad de entre 0,0 y 1,0m, compuestas por limolita meteorizada, reconocida como el material más característico de la capa superior del suelo y sobre la cual se llevaron a cabo los siguientes tipos de pruebas: Ensayos del contenido de humedad, ASTM-D2216, ASTM-D-2974; Ensayos de granulometrías por tamizado, ASTM-D-1140; Ensayo de límites de

consistencia (Atterberg), ASTM-D-4318; Ensayos de corte directo.

Esta mezcla de investigaciones geofísicas y geológicas ofrece una perspectiva completa del subsuelo, que permiten evaluar la estabilidad del terreno y su adecuación para los fines propuestos, además de complementar los datos obtenidos en los estudios geofísicos.

Datos preliminares de excavaciones a través de calicatas indican que los materiales litológicos que conforman la parte superior del talud se tratan de limo con arena y plasticidad moderada a alta, con un límite líquido (WL) de 58.5 % y un índice de plasticidad (IP) de 26.8 %. Esto sugiere un material con compresibilidad media a alta. Tras el deslizamiento de 2023 y considerando las unidades litológicas expuestas en el corte del talud del escarpe principal, en este estudio se tomaron tres muestras alteradas correspondientes a capas de suelo residual y material de cobertura compuesto por limo arenoso. Estas muestras fueron recolectadas para su análisis en laboratorio, con el fin de determinar sus propiedades índices mediante ensayos de límites líquido y plástico, así como su clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Los resultados de estas pruebas y las observaciones de campo se utilizaron para asignar los parámetros de resistencia del suelo necesarios para el modelado numérico (véase la Tabla 2).

En la segunda fase del análisis de taludes y modelado numérico, se consideró el análisis cinemático y dinámico del talud inestable. El análisis cinemático consideró la combinación de discontinuidades con respecto a la dirección del talud, identificando un mecanismo principal de deformación por deslizamiento de tipo rotacional (Moreno, 2022) debido a la forma de su plano de falla; con una escarpa superior de cerca de 3 metros de altura, definida por el bordillo de la calle Che Guevara, y el fondo de la quebrada. Para estudiar la estabilidad del terreno de pendiente, se emplean técnicas deterministas o probabilísticas, como los modelos geotécnicos. Adicionalmente, se evaluaron sus factores

físico-mecánicos, tales como la topografía, la organización de los estratos del terreno y los parámetros de resistencia al corte. A través de observaciones y mediciones realizadas en el lugar, se detectó un deslizamiento planar de materiales unidos, provocado por una discontinuidad que superaba el ángulo de fricción. Según Moreno (2022) Son movimientos a lo largo de una superficie de rotura curvilínea y con la concavidad hacia arriba, en este tipo de movimientos es común el retroceso del deslizamiento hacia cabecera, lo que da lugar a un movimiento múltiple y retrogresivo (Moreno, 2022).

Es costoso elaborar una base estadística completa; por lo tanto, todas las incertidumbres pueden detallarse a partir de la información existente, las observaciones en terreno, el criterio profesional e incluso el análisis de laboratorio posterior al suceso. A partir de este análisis, se puede obtener un intervalo de datos valioso o un conjunto disperso de los parámetros requeridos para el modelado, que pueden ser vistos como inciertos, como la cohesión, el ángulo de fricción y el peso unitario (Fuentes, 2023).

Las propiedades geológicas, y especialmente las propiedades mecánicas de los taludes de roca y suelo, difieren de un sitio a otro y pueden variar con el paso del tiempo. Además, su descripción se fundamenta en los hallazgos de pruebas de laboratorio, donde es complicado replicar las condiciones auténticas del terreno. Esto crea dudas al atribuir las características geomecánicas del subsuelo, y utilizando los métodos deterministas, estas incertidumbres se toman en cuenta en los factores de seguridad de diseño. Así pues, los enfoques deterministas están siendo gradualmente sustituidos por métodos más pragmáticos, como los métodos probabilísticos.

RESULTADOS

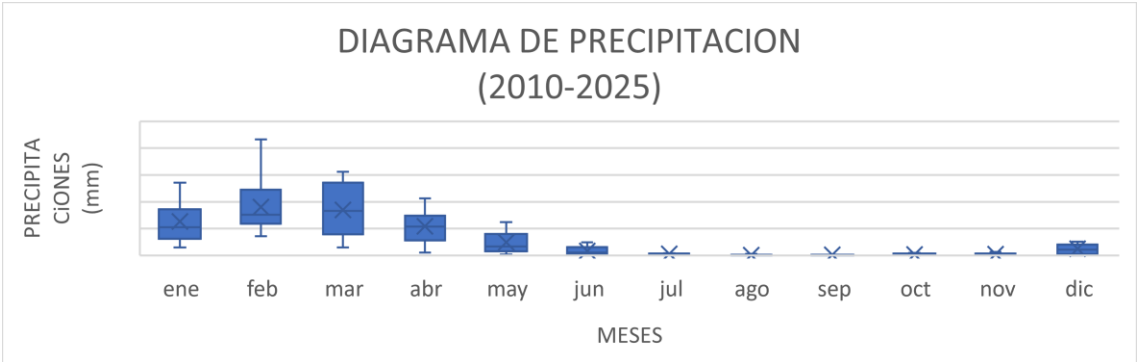
Podemos observar a continuación la tabla de precipitaciones registrados en el sitio Che Guevara cantón Portoviejo de Manabí entre 2010-2025.

Tabla 1
Valores de precipitaciones mensuales registrados en el sitio Che Guevara cantón Portoviejo- provincia de Manabí entre 2020-2025.

Precipitaciones																
Che Guevara- Portoviejo-Manabí-Ecuador																
Periodo: Enero - Mayo																
fuente: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/																
Coordenadas:																
Meses	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
January	65,57	61,69	270,77	177,8	115,8	62,6	165,12	175,02	29,33	108,25	82,94	115,23	115,23	47,69	102,07	45,05
Febrero	153,64	135,63	432,71	171,16	71,2	85,55	137,38	232,31	258,17	149,03	129,76	72,84	72,84	161,68	248,97	326,58
March	171,94	35,83	312,21	285,28	30,21	108,13	123,24	275,55	70,79	160,62	105,03	212,14	212,14	302,55	45,25	257,77
April	127,34	154,3	102,4	121,46	10,64	116,94	112,38	211,79	50,7	80,37	47,84	74,44	74,44	212,72	35,74	197,42
Mayo	16,78	3,92	87,59	14,6	106,15	68,34	14,13	124,14	29,85	37,35	12,58	27,75	27,75	68,53	24,87	83,21
Sumatoria	535,27	391,37	1205,68	770,30	334,00	441,56	552,25	1018,81	438,84	535,62	378,15	502,40	502,40	793,17	456,90	910,03
Valores en mililitros																

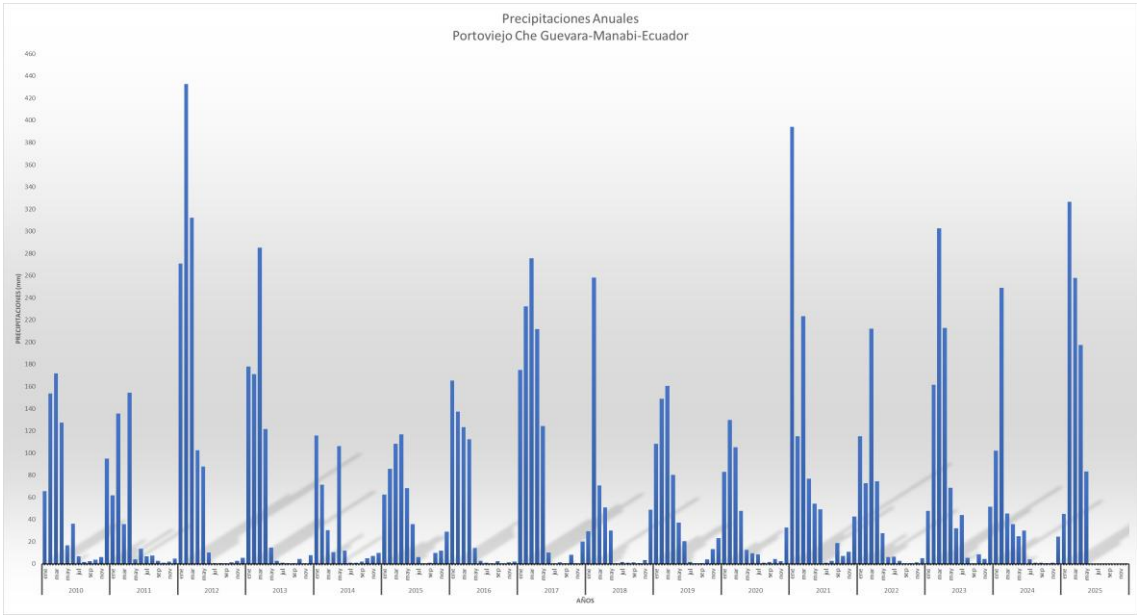
Fuente: Autores (2025)

Figura 2
Diagrama de precipitaciones mensuales



Fuente: Autores (2025)

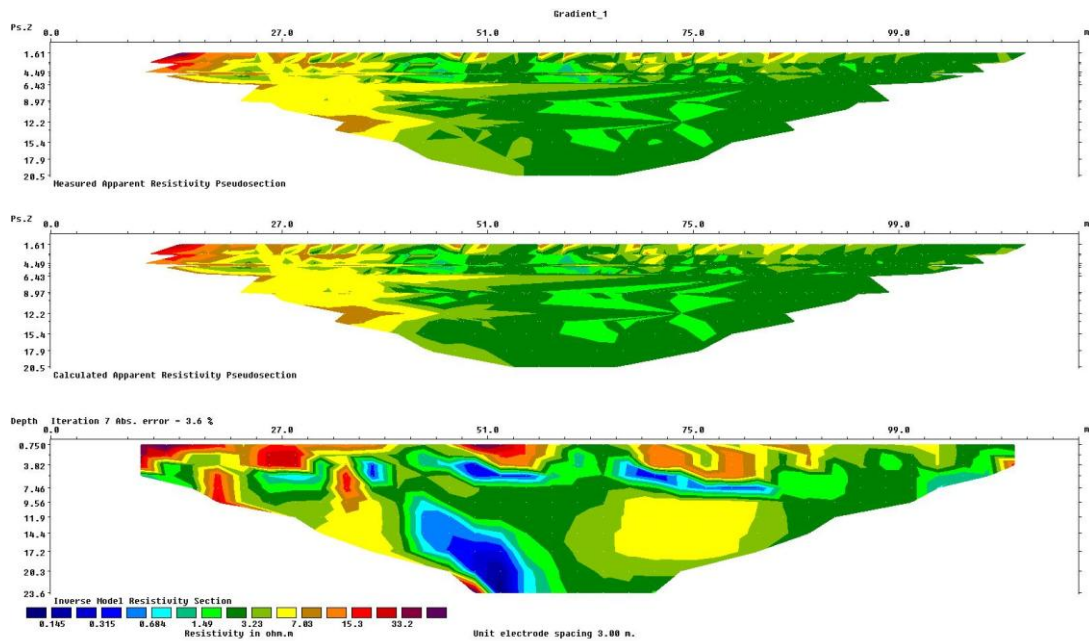
Figura 3
Diagrama de precipitaciones anuales



Fuente: Autores (2025)

Figura 4

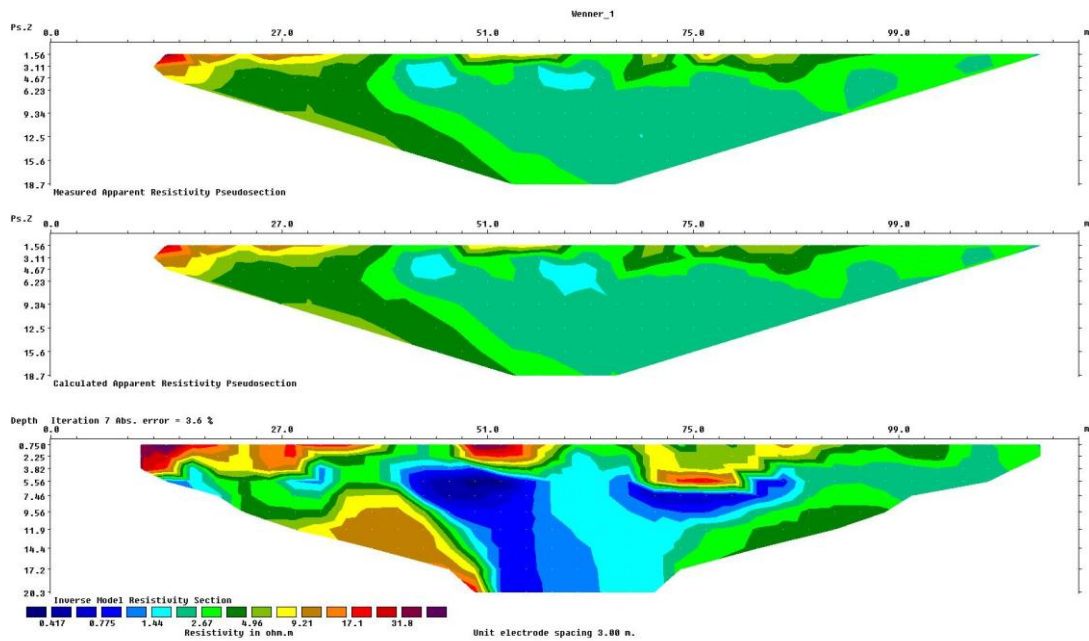
Project119_Gradient_1. Perfil de tomografía eléctrica que delimitan las unidades litológicas en la zona del deslizamiento de marzo de 2023 en el sitio de Che Guevara.



Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgo SGR (2025)

Figura 5

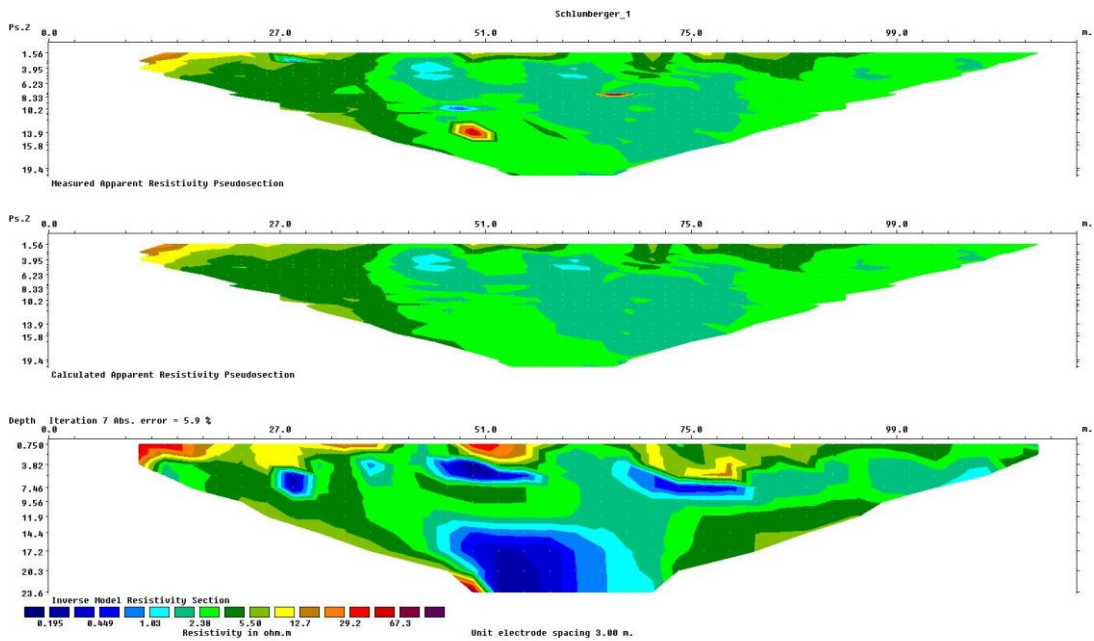
Project119_Schlumberger_1. Perfil de tomografía eléctrica que delimitan las unidades litológicas en la zona del deslizamiento de marzo de 2023 en el sitio de Che Guevara



Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgo SGR (2025)

Figura 6

Project119_Wenner_1. Perfil de tomografía eléctrica que delimitan las unidades litológicas en la zona del deslizamiento de marzo de 2023 en el sitio de Che Guevara.



Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgo SGR (2025)

Tabla 2

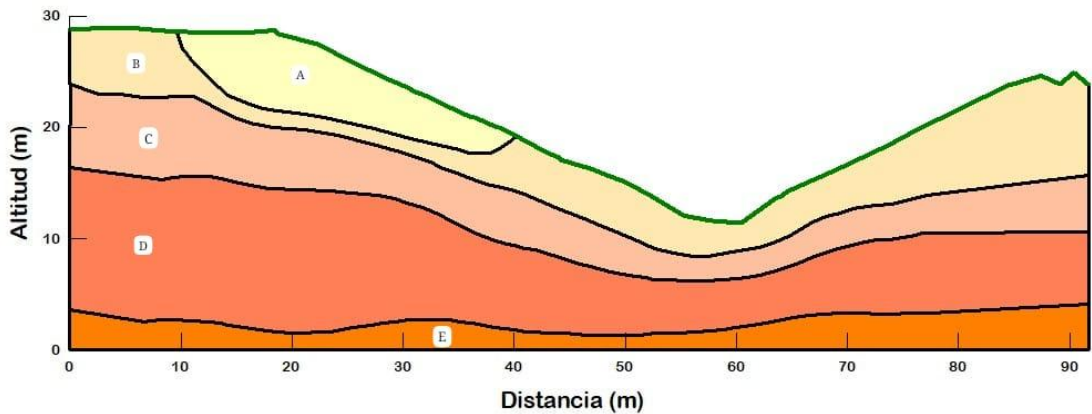
Parámetros de resistencia al corte del suelo.

	Tipo de suelo (SUCS)	Cohesión, <i>c</i> (kPa)	Ángulo de fricción, ϕ (°)	Observaciones
1	SM (Arenoso limoso)	3.17	37	Suelo con buen ángulo de fricción, baja cohesión.
2	MH (Limo de alta plasticidad)	3.12	24	Suelo más plástico, menor fricción, similar cohesión.

Fuente: Autores (2025)

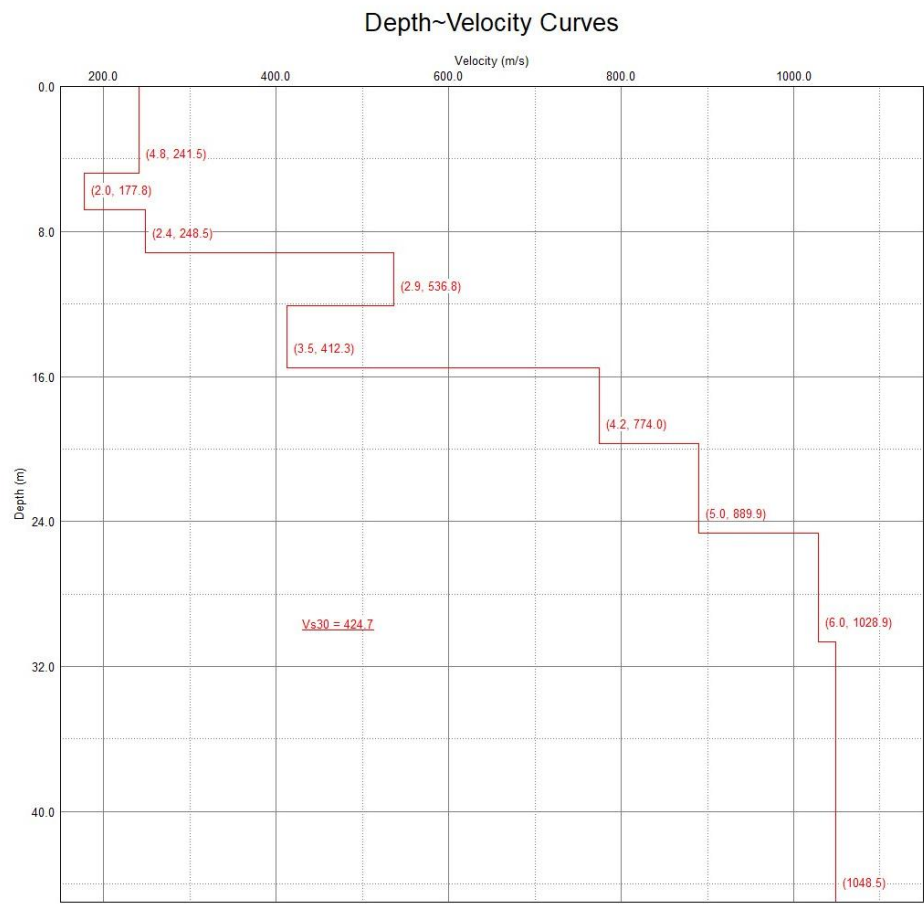
Figura 7

Perfil estratigráfico geológico-geotécnico del sector Che Guevara, Portoviejo.



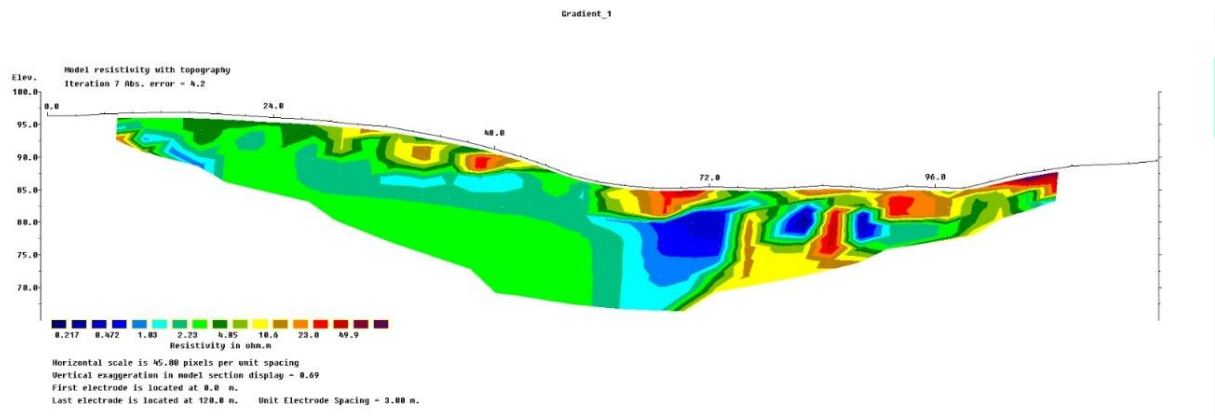
Fuente: Autores (2025)

Figura 8
Perfil de velocidad de onda de corte (V_s) en función de la profundidad.



Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgo SGR (2025)

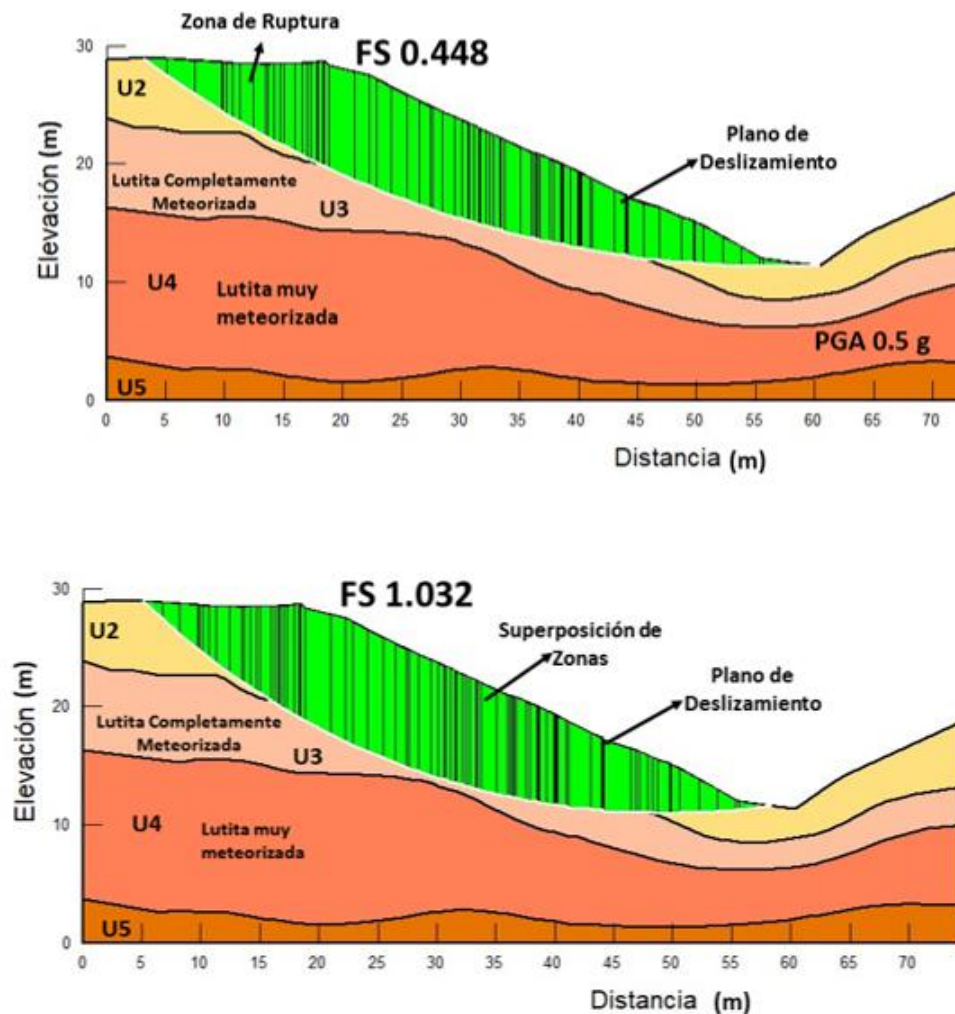
Figura 9
Perfil geofísico de resistividad eléctrica con corrección topográfica.



Fuente: Secretaría de Gestión de Riesgo SGR (2025)

Figura 10

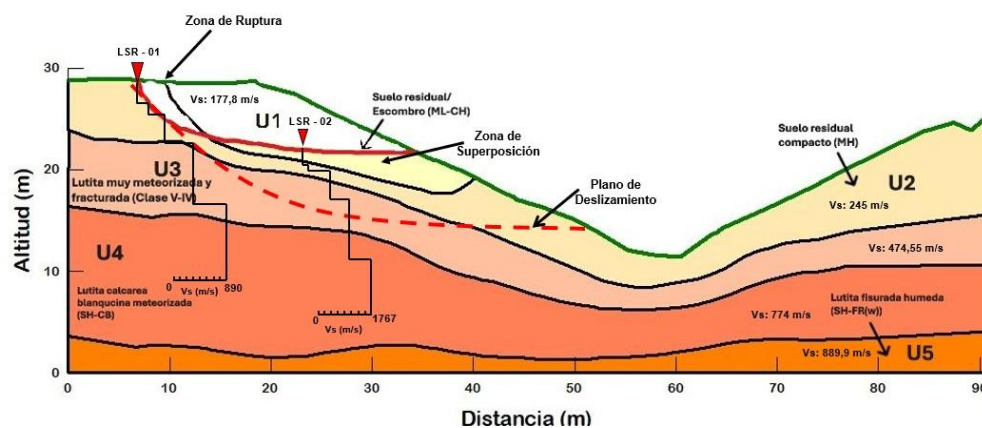
Diagrama de análisis de estabilidad del deslizamiento de tierra de marzo 2023. Arriba: situación en el momento del colapso (análisis retrospectivo). Abajo: superficie del terreno después del colapso



Fuente: Autores (2025)

Figura 11

Perfil geológico basado en el estudio de tomografía eléctrica y velocidades de corte (V_{s30}), delineando las unidades litológicas en el sustrato rocoso.



Fuente: Autores (2025)

Tabla 3
Parámetros técnicos de las unidades litológicas de pruebas triaxiales no consolidadas y no drenadas.

Capa	Descripción	γ (kN/m ³)	Vs (m/s)	Previo deslizamiento c (kPa)	Previo deslizamiento ϕ (°)	Colapsado (Retroanálisis) c (kPa)	Colapsado (Retroanálisis) ϕ (°)
U1	Suelo Residual/Escombros (ML-CH)	19,0	177,8	20	30	8,99	14,89
U2	Suelo residual compacto (MH)	19,2	245,0	25	26	11,18	12,68
U3	Lutita muy meteorizada y fracturada (Clase V – IV)	20,5	474,6	32	27	15,08	13,99
U4	Lutita calcárea blanquecina meteorizada (SH-CB)	21,0	774,0	39	31	17,47	15,28
U5	Lutita fisurada húmeda (SH-Fr(w))	21,5	889,9	44	33	20,77	16,28

Fuente: Autores (2025)

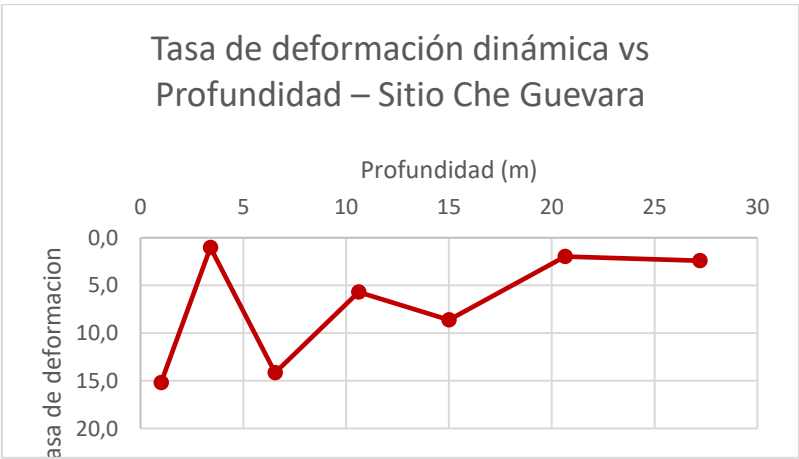
Estimación de la tasa de deformación dinámica

Tabla 4
Deformación Dinámica del Talud.

Intervalos		Vs (m/s)	ΔV_s (m/s)	Vs medio (m/s)	Δz (m)	Tasa de deformación ϵ ($\times 10^{-3}$)	Profundidad media (m)
0	2	177,8	63,7	209,65	2	15,2	1
2	4,8	241,5	7,0	245	2,8	1,0	3,4
4,8	8,3	248,5	163,8	330,4	3,5	14,2	6,55
8,3	12,9	412,3	124,5	474,55	4,6	5,7	10,6
12,9	17,1	536,8	237,2	655,4	4,2	8,6	15
17,1	24,2	774	115,9	831,95	7,1	2,0	20,65
24,2	30,2	889,9	139	959,4	6	2,4	27,2

Fuente: Autores (2025)

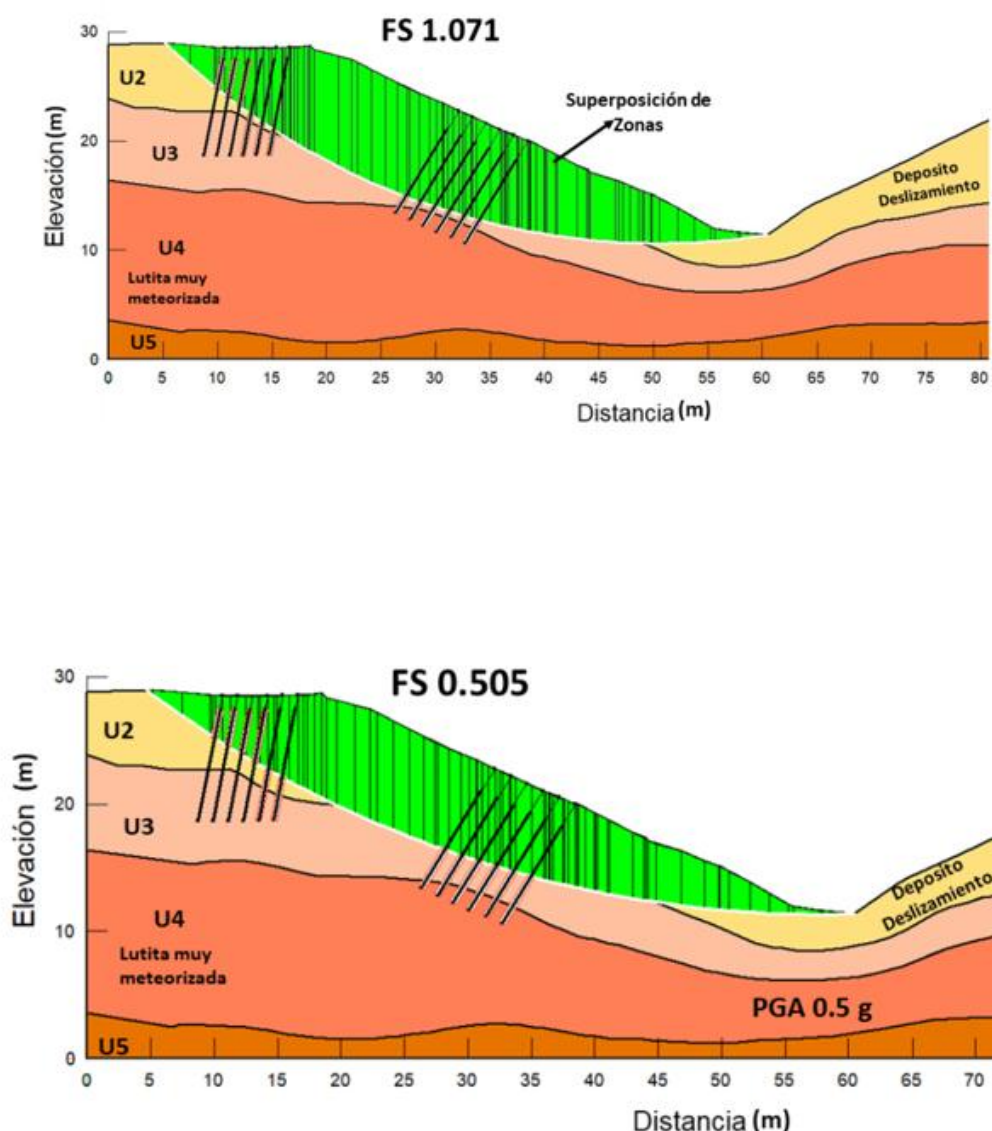
Figura 12
Tasa de deformación dinámica vs Profundidad.



Fuente: Autores (2025)

Figura 13

Diagrama de análisis de estabilidad de la reconstitución con un sistema de anclajes. Arriba: Condición estática. Abajo: Condición pseudoestática.



Fuente: Autores (2025)

En la parte de arriba, condición estática con factor de Seguridad (FS) de 1.071, indica un estado de equilibrio extremadamente elevado. En la parte baja se presenta la situación pseudoestática, teniendo en cuenta una aceleración máxima del terreno (PGA) de 0.5 g, donde el factor de seguridad se reduce a 0.505, lo que demuestra una notable disminución de estabilidad ante solicitaciones sísmicas. La estratificación geométrica del subsuelo y la existencia de lutitas altamente meteorizadas (U4) forman estratos de debilidad que aumentan los deslizamientos.

DISCUSIÓN

Delinear unidades litológicas desde datos geológicos y topográficos

El análisis de los perfiles sísmicos obtenidos mediante refracción permitió identificar cinco unidades geosísmicas con características diferenciadas en cuanto a velocidades de ondas P y S, litología, estado de meteorización y condiciones de humedad. Esta estratificación refleja una marcada transición entre materiales superficiales poco competentes y formaciones más profundas de

mayor rigidez, lo cual resulta determinante en el comportamiento dinámico del terreno frente a eventos externos, particularmente los asociados a la sismicidad recurrente en la región andina del Ecuador.

La Unidad Geosísmica A, conformada por escombros y suelos residuales con alta humedad, constituye la capa más superficial y menos competente, con baja rigidez dinámica y elevada compresibilidad. Su presencia explica la susceptibilidad del talud a movimientos superficiales y erosión acelerada, lo que representa una amenaza en condiciones de saturación intensa.

En contraste, la Unidad Geosísmica B, integrada por suelos residuales de arcilla limosa con mayor cohesión y densificación, aunque más estable que la unidad superior, sigue siendo vulnerable debido a su contenido de humedad y su moderada resistencia al corte. Su influencia es relevante en la estabilidad global, dado que actúa como un estrato de transición que puede comportarse como plano de deslizamiento bajo condiciones críticas.

La Unidad Geosísmica C se compone de lutitas intensamente meteorizadas y fracturadas, con velocidades sísmicas intermedias que sugieren un material de transición hacia la roca alterada. Su elevada fracturación y meteorización la convierten en una zona de debilidad estructural, donde pueden concentrarse deformaciones diferenciales y esfuerzos cortantes, facilitando la activación de superficies de falla profundas.

Por su parte, la Unidad Geosísmica D, conformada por lutita calcárea moderadamente meteorizada, presenta mejores propiedades geomecánicas en comparación con las anteriores. Su mayor rigidez y menor fracturación en la parte superior la convierten en un estrato clave para el anclaje de refuerzos estructurales, como pernos y pilotes, lo cual resulta esencial en la estabilización sísmica del talud.

Finalmente, la Unidad Geosísmica E representa la base competente del perfil geológico, con velocidades sísmicas elevadas y características propias de una roca consolidada. Aunque presenta fisuración y

saturación, su comportamiento mecánico es el más favorable, constituyéndose en la unidad portante del macizo y en el sustrato de referencia para cimentaciones profundas y obras de contención.

La información obtenida mediante refracción sísmica, complementada con tomografía eléctrica, permite establecer un modelo geológico detallado que diferencia claramente los materiales superficiales menos resistentes de los más profundos y competentes. Esta caracterización es esencial para interpretar la susceptibilidad del talud a deslizamientos y definir con precisión las estrategias de estabilización, dado que cada unidad geosísmica impone condicionantes distintas al diseño de obras de refuerzo y drenaje.

En síntesis, la estratificación identificada no solo aporta información sobre la disposición y propiedades dinámicas del subsuelo, sino que también permite anticipar el comportamiento del terreno frente a la acción combinada de pluviosidad y sismos, factores predominantes en la activación de inestabilidades en el sector Che Guevara. De este modo, la integración de estudios geofísicos y geotécnicos resulta fundamental para establecer soluciones de ingeniería que garanticen la seguridad a largo plazo de la infraestructura y las comunidades asentadas en la zona.

Investigar propiedades geotécnicas centrada en la saturación del deslizamiento en la zona Che Guevara, Portoviejo

El uso de tomografía eléctrica para la exploración geofísica (medida en $\Omega \cdot m$) facilitó la identificación de unidades litológicas y estructuras internas del subsuelo de hasta 20.3 metros de profundidad. La imagen obtenida mediante el método de tomografía eléctrica con configuración Wenner (ver Perfil P1 en la Figura 6) revela una distribución heterogénea de resistividades eléctricas, las cuales oscilan entre 0.417 y $>31.8 \Omega \cdot m$.

En la zona de ruptura o escarpe del principal deslizamiento (figura 10), se detectaron áreas anómalas de baja resistividad ($<2.67 \Omega \cdot m$) situadas entre 5 y 17 metros de profundidad, lo que indica la existencia de materiales

altamente saturados o suelos de baja permeabilidad, como arcillas de plástico o limos orgánicos. Estas áreas saturadas llegan a profundidades significativas y podrían estar vinculadas con filtraciones derivadas de rupturas en los conductos del sistema de drenaje, funcionando como un nivel de debilidad estructural y favoreciendo el proceso de inestabilidad.

El modelo geofísico invertido (figura 9) evidenció un error absoluto del 3.6%, valorado como aceptable para este tipo de investigaciones, y facilitó la delineación de contrastes litológicos con claridad. Se observan resistencias más altas (entre 9.21 y $>31.8 \Omega \cdot m$), vinculadas a materiales menos saturados o más consolidados, como lutitas meteorizadas o suelos residuales compactos.

El deslizamiento ocurre debido a la saturación progresiva y erosión interna de una masa de terreno perteneciente a un antiguo deslizamiento en reposo, provocado por la liberación no controlada de aguas superficiales desde el nivel superior de la ladera. La masa de materiales deslizados o depósitos de deslizamiento se compone litológicamente de limos arcillosos plásticos de tonalidad café amarilla, con contenido variable de arena fina y clastos.

Elaborar un modelo geológico- geotécnico del subsuelo, desde parámetros, geofísicos y mecánica de suelos.

El estudio geofísico realizado a través del método MASW permitió la identificación de siete estratos sísmicos en el perfil estudiado (Figura 8), con velocidades de onda de corte (V_s) que oscilan entre $177,8$ m/s en la superficie y $889,9$ m/s en la profundidad de $30,2$ m. Esta distribución permitió la categorización del subsuelo en tres dominios geomecánicos: uno superficial de rigidez reducida, uno intermedio con materiales transitorios, y uno profundo con propiedades de substrato apto.

La capa superficial ($0-2$ m) presentó un valor de V_s de $177,8$ m/s y una tasa de deformación de $15,2 \times 10^{-3}$, lo que sugiere un comportamiento blando, posiblemente asociado a rellenos o suelos orgánicos. Las

capas intermedias ($2-17,1$ m) mostraron un incremento gradual en V_s , alcanzando valores de hasta $536,8$ m/s, con tasas de deformación variables entre $1,0$ y $8,6 \times 10^{-3}$. Las capas más profundas ($17,1-30,2$ m) evidenciaron velocidades superiores a 770 m/s y bajas tasas de deformación ($<2,5 \times 10^{-3}$), consistentes con un material denso o litificado.

El valor promedio de V_{s30} fue de $424,7$ m/s, clasificando el sitio dentro del tipo de suelo C (suelo denso o roca blanda) (MIDUVI, 2014), lo cual tiene implicaciones para el diseño sísmico y la evaluación de la respuesta dinámica del talud.

En cuanto a la caracterización geotécnica, los resultados del ensayo de corte directo en el sondeo S-01, clasificado como SM (arena limosa), revelaron una cohesión de $3,17$ t/m² y un ángulo de fricción interna de 37° , lo cual indica una alta resistencia al esfuerzo cortante. Por otro lado, el sondeo S-02, correspondiente a un suelo MH (arcilla limosa de alta plasticidad), mostró una cohesión similar ($3,12$ t/m²) pero sin fricción interna ($\phi = 0^\circ$), lo que refleja un comportamiento plástico y una mayor susceptibilidad a la deformación bajo condiciones saturadas.

El modelo estratigráfico construido a partir de estos datos delimitó cinco unidades geotécnicas principales (FIGURA 11), siendo las dos primeras las más críticas para la estabilidad del talud debido a su baja rigidez y mayor potencial de deformación (tabla 3).

Los resultados obtenidos reflejan la complejidad estratigráfica del sector Colinas de Che Guevara y su implicancia directa en la estabilidad de taludes. La baja velocidad V_s en los primeros 2 metros del perfil, combinada con una alta tasa de deformación ($15,2 \times 10^{-3}$), sugiere la presencia de materiales sueltos o rellenos antrópicos, los cuales representan un factor de riesgo en pendientes expuestas a lluvias intensas o actividad sísmica.

La transición observada en el intervalo $2-17,1$ m, con aumentos progresivos en V_s y fluctuaciones en las tasas de deformación, corresponde a una zona de materiales heterogéneos, donde se alternan suelos granulares y cohesivos. Esta variabilidad

litológica puede favorecer la formación de planos de debilidad, especialmente si se encuentran condiciones de saturación o fracturamiento. El caso del suelo MH identificado en el sondeo S-02 es particularmente relevante, ya que su falta de fricción interna lo convierte en un potencial plano de falla, aun cuando presente cierta cohesión aparente.

Las capas más profundas (>17 m), al presentar velocidades Vs superiores a 770 m/s, representan un sustrato competente que, si bien aporta confinamiento al sistema, también puede actuar como plano de deslizamiento si se produce una acumulación de esfuerzos en la interfaz con materiales más blandos.

Determinar la tasa de deformación dinámica del talud en referencia a la modificación topográfica del sitio Che Guevara

Se realizó la determinación de la tasa de deformación dinámica del talud en la región Che Guevara (tabla 4), considerando la modificación topográfica del sitio después del deslizamiento ocurrido en marzo de 2023. Por lo tanto, se analizó la representación gráfica de la superficie de falla, la disposición interna de los estratos obtenida mediante la prospección geofísica, los parámetros geotécnicos obtenidos en laboratorio y las cargas que impactan en el lugar.

A través de la aplicación de los parámetros geomecánicos aplicados a los terrenos y al sustrato rocoso encontrado, se logran factores de seguridad extremadamente bajos, de 1,01, lo que señala que no se logran los factores de seguridad mínimos requeridos en los estudios de estabilidad mundial, tanto en situaciones estáticas como en pseudoestáticas; por consiguiente, se clasifica al sector como inestable y actualmente en funcionamiento. Ante los resultados de los estudios, para alcanzar los factores de seguridad necesarios, es necesario implementar un conjunto de acciones de estabilización. Además de la reestructuración y liberación del extenso terreno deslizado, estas incluyen la implementación de obras de contención tanto en la base del deslizamiento como en la corona del deslizamiento, con el objetivo de confinar

la plataforma donde se ubica la calle Che Guevara.

Las tasas más elevadas de deformación dinámica ($> 8 \times 10^{-3}$) se registran en los primeros 4 m de profundidad (figura 12), coincidiendo con las zonas de baja Vs y baja resistividad, donde los suelos son más susceptibles a deformación.

La tasa de deformación disminuye con la profundidad, lo que sugiere que los materiales superficiales son más deformables y están probablemente afectados por cambios topográficos recientes (erosión, subsidencia, o rellenos artificiales).

La existencia de interfaces mecánicas marcadas (reflejadas en cambios bruscos de Vs) favorece la acumulación de esfuerzos y la posible generación de fallas internas o zonas de deslizamiento.

Plantear soluciones de ingeniería geotécnica para la estabilidad de talud en el sitio Che Guevara

La estabilidad del talud en el sector Che Guevara constituye un desafío geotécnico de alta complejidad debido a la combinación de materiales de baja resistencia (lutitas meteorizadas y depósitos de escombros), la alta pluviosidad de la microcuenca y la sismicidad recurrente del Ecuador andino. Estas condiciones hacen que un esquema de estabilización convencional basado únicamente en reperfilado y drenaje superficial resulte insuficiente para garantizar la seguridad a largo plazo.

En este contexto, las soluciones propuestas deben evaluarse en función de su capacidad para reducir la presión de poros, aumentar la resistencia al corte y limitar los desplazamientos bajo carga sísmica. Los resultados del análisis de estabilidad evidencian un factor de seguridad cercano a la unidad ($FS \approx 1.07$), lo cual confirma la necesidad de implementar medidas integrales.

Las obras de contención estructural, como el muro de gaviones en la base y el muro de hormigón armado en la corona del deslizamiento, constituyen elementos esenciales para confinar la masa deslizada

(Camino, 2022), interceptar la superficie de falla y proteger la infraestructura crítica (calzada y viviendas). Su diseño responde a la geometría del deslizamiento y a la necesidad de definir una sección hidráulica adecuada para el drenaje de la microcuenca, lo que evidencia la importancia de integrar la estabilidad geotécnica con el manejo hidrológico (Chávez, 2022).

No obstante, el reforzamiento interno mediante anclajes (figura 13) representa la medida más decisiva para alcanzar factores de seguridad aceptables en condiciones estáticas y sísmicas. A diferencia de los muros, que actúan principalmente en superficie, los anclajes transfieren los esfuerzos de la masa inestable hacia unidades competentes en profundidad, lo que incrementa la estabilidad global del talud. Su efectividad bajo sismo radica en su capacidad de absorber deformaciones distribuidas y limitar el desplazamiento acumulado, reduciendo la vulnerabilidad de la ladera frente a aceleraciones horizontales típicas de la zona ($k_h = 0.10\text{--}0.15$). Además, su instalación en malla regular permite un reforzamiento homogéneo del macizo, mientras que su conexión superficial con shotcrete ligero garantiza una adecuada distribución de cargas.

El drenaje superficial y subterráneo complementa de manera decisiva estas soluciones. La instalación de drenes horizontales y verticales, junto con sistemas de subdrenaje y geotextiles, es fundamental para disminuir la presión de poros y evitar procesos de saturación que, históricamente, han sido los detonantes principales de deslizamientos en la zona. En este sentido, los drenajes constituyen la medida más costo-efectiva para aumentar el FS y extender la vida útil de los refuerzos estructurales.

Finalmente, la incorporación de vegetación autóctona y la implementación de un sistema de monitoreo geotécnico aportan un enfoque integral que conjuga la ingeniería estructural con la sostenibilidad ambiental y la gestión del riesgo. Por su parte, el monitoreo mediante inclinómetros, piezómetros y sensores de deformación permite una gestión adaptativa, en la cual las medidas correctivas pueden

implementarse de forma temprana en caso de detectar inestabilidad residual.

En conjunto, la estrategia discutida demuestra que la combinación de obras de contención, anclajes profundos, drenaje integral y monitoreo continuo constituye la alternativa más viable para garantizar la estabilidad del talud en condiciones de alta sismicidad y pluviosidad. Si bien estas medidas implican una inversión mayor en comparación con soluciones superficiales de bajo costo, su eficacia frente a deslizamientos y eventos sísmicos recurrentes justifica plenamente su aplicación en el sector Che Guevara.

CONCLUSIONES

A través del método MASW se determinaron siete capas sísmicas con velocidades de onda de corte (V_s) entre 177.8 m/s y 1028.9 m/s. Estas capas presentan variaciones significativas en sus propiedades dinámicas, con las tres primeras evidenciando baja rigidez y alta deformabilidad, condiciones que favorecen la inestabilidad superficial.

El valor promedio de V_{s30} fue de 424.7 m/s, clasificando al terreno como Tipo C, lo que implica una respuesta sísmica intermedia según la norma NEC-SE-DS. Esta clasificación es coherente con la presencia de materiales arcillosos, coluviales y lutíticos parcialmente meteorizados en el perfil geotécnico.

Se identificaron zonas críticas con deformación dinámica estimada mayor a 8×10^{-3} en los primeros 4 metros de profundidad, especialmente en suelos limo-arcillosos saturados. Este comportamiento sugiere una alta susceptibilidad a deformación acumulativa bajo cargas cíclicas, lo cual representa un factor de riesgo en condiciones sísmicas o de saturación prolongada.

La integración de métodos sísmicos, eléctricos y mecánicos permitió delimitar cinco unidades geotécnicas principales, con transiciones verticales marcadas y contactos abruptos entre materiales plásticos y estratos más competentes (areniscas y lutitas). Este modelo estratificado refleja la compleja organización del macizo y facilita la

identificación de zonas de debilidad estructural.

Los resultados del análisis geofísico se correlacionan con observaciones de campo y con la localización del plano de falla activo, el cual se proyecta entre los 8 y 12 m de profundidad. Este nivel coincide con un cambio significativo en la rigidez del material, acompañado por una disminución en la resistencia al corte.

Los factores de seguridad calculados, cercanos a la unidad, junto con la alta deformación dinámica y saturación, confirman una condición de equilibrio inestable del talud. Esta situación demanda la implementación urgente de medidas de estabilización geotécnica, priorizando el control del nivel freático, el refuerzo estructural y el monitoreo de deformaciones en tiempo real.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J. (2024). *Experiencia de algunos países andinos en el conocimiento de las amenazas desencadenadas por lluvias, y su aporte al conocimiento del riesgo de desastres: Caso de estudio municipio de Villamaría, Caldas* (Tesis de maestría). Universidad Católica de Manizales. <https://repositorio.ucm.edu.co/server/api/core/bitstreams/df694481-b4a4-4553-b636-d4428bb87795/content>
- Aguirre, F. (2022). *Caracterización de la geohidrología en el movimiento en masa de suelos en la urbanización Bellavista – Abancay* (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Altiplano, Perú. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19081>
- Camino, M. (2022). *Adición de cantidades de equipos, materia prima e insumos para encofrado y filtro francés a la información sobre cantidad de recursos para la construcción de muros de contención de pata y de corona: “Cartilla guía para la evaluación de cantidades y ejecución de presupuestos para la construcción de obras de la red terciaria y férrea” del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) de Colombia*. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/9d0cabf9-c73d-4b7f-b86d-aff70a72e47c/content>
- Castaña, O. (2022). *Incidencia de la variabilidad climática en los riesgos de desastres por movimientos en masa: Estudio de caso Proyecto Hidroeléctrico Ituango* (Tesis de maestría). Universidad Católica de Manizales. <https://repositorio.ucm.edu.co/server/api/core/bitstreams/e9521715-7001-4bec-ad15-a0209e983a6b/content>
- Castro, D. (2022). *Umbral de precipitación para deslizamientos de tierra en la cuenca del río Rímac* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/aa7a46f9-51d2-451c-b399-64aea9c652a7/content>
- Chávez, L. (2022). *Estudio técnico de contención al riesgo de deslizamiento, para la protección de viviendas familiares en el sector El Tablazo, cantón Santa Elena, 2022* (Trabajo de integración curricular). Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8776>
- Coronel, F. (2020). *Propuesta de modelo y estrategia de branding: Caso productos derivados del cultivo de plátano verde en el cantón Chone, provincia de Manabí* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/56301/1/T-112681%20-%20Coronel%20Pel%c3%a1ez.pdf>
- Cuenca, K., & Pacheco, H. (2021). Dinámica de la vegetación y variabilidad pluviométrica en la cuenca del río Portoviejo. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia*, 38(3), 661-679. <https://repositorio.ucm.edu.co/server/api/core/bitstreams/e9521715-7001-4bec-ad15-a0209e983a6b/content>
- Fuertes, A. (2023). *Modelos reducidos de laboratorio de problemas geotécnicos - análisis de estabilidad de taludes* (Tesis de grado). Universidad Politécnica de Madrid, España. https://oa.upm.es/75597/1/TFG_Jun23_Fuertes_Santos_Alba.pdf
- Galdos, F., & Mamani, S. (2024). *Influencia de la variabilidad de los parámetros geotécnicos en la estabilización de suelos arenosos poco densos y parcialmente saturados en condiciones de congelamiento temporal en la Ciudad del Cusco* (Tesis de licenciatura). Universidad

- Continental, Perú.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/16545/8/IV_FIN_105_TE_Galdos_Mamani_2024.pdf
- García, J., & Terán, E. (2024). Medidas de mitigación y prevención de riesgos de desastre socio naturales. *Revista Bioglobal Desarrollo*, 8. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”.
https://www.researchgate.net/publication/380904223_MEDIDAS_DE_MITIGACION_Y_PREVENCION_DE_RIESGOS_DE_DESASTRE_SOCIO_NATURALES
- Gonzales, J. (2025). *Análisis de la influencia del potencial de licuación de suelos en el asentamiento de estructuras convencionales en Orcotuna 2023* (Tesis de grado). Universidad Peruana Los Andes.
https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/9906/T037_71916095_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. (2024). *Evaluación geológica del deslizamiento de Aurahuá, distrito Aurahuá, provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica* (Informe técnico N.º A7487).
https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/17493_informe-tecnico-n0-a7487-evaluacion-geologica-de-deslizamiento-de-aurahua-del-distrito-de-auralia-provincia-de-castrovirreyna-departamento-de-huancave.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2023). *201.279 personas más viven en Manabí*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/201-279-personas-mas-viven-en-manabi/>
- Jogacho, M., & Llumiguano, A. (2024). *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* (Tesis de grado). Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador.
<https://dspace.ueb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/17750018-e0e3-4ebf-b202-cca3fe9b4b11/content>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). (2014). *NEC-SE-DS Peligro sísmico – Parte 1* [Norma técnica].
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>
- Moreno, L. (2022). Identificación de tipos de deslizamientos en la zona de acantilados entre Ancón y Anconcito, Santa Elena, Ecuador. *Manglar*, 19(3), 247-255.
<http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.031>
- Pinto, C., & Prehn, C. (2023). Análisis de la cuenca del río Portoviejo y el plan de contingencia ante el fenómeno de El Niño. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 1929–1949.
<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/4535/6940>
- Roldán, A., González, C., & Camacho, J. (2025). Deslizamientos en el sector de Marianza: Estrategias de mitigación basadas en análisis de datos climáticos para la planificación del riesgo. *Revista de Desarrollo del Sur de Florida*, 6(6), e5451.
<https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/jdev/article/view/5451/3700>
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). *Plan Nacional de Gestión ante el Fenómeno El Niño* (Versión oficial).
<https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/PLAN-NACIONAL-DE-GESTION-ANTE-EL-FENOMENO-EL-Nino.pdf>

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.



DERECHOS DE AUTOR

Carranza Bravo, L. E., Ibarra Mejía, J. X., & 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.