

**Risk of gravitational movements. case study of the Marianza sector,  
Cuenca – Ecuador.**

**Riesgo de movimientos gravitacionales. estudio del caso del sector  
Marianza, Cuenca – Ecuador.**

**Autores:**

Marcatoma-Villa, Victor Rene  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA  
Maestrante  
Ecuador



[victor.marcatoma.23@est.ucacue.edu.ec](mailto:victor.marcatoma.23@est.ucacue.edu.ec)



<https://orcid.org/0009-0001-5434-8753>

Córdova-González, Nelson Federico  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA  
Docente tutor

Ecuador



[ncordovag@ucacue.edu.ec](mailto:ncordovag@ucacue.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0001-8999-8249>

Paucar-Camacho, José Abelardo  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA  
Docente tutor

Ecuador



[jose.paucarcamacho@ucacue.edu.ec](mailto:jose.paucarcamacho@ucacue.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0003-2722-1850>

Fechas de recepción: 04-MAY-2025 aceptación: 04-JUN-2025 publicación: 30-JUN-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



## Resumen

La investigación aborda los problemas de deslizamientos de tierra en el sector Marianza, Cuenca, empleando tecnologías avanzadas como GNSS RTK, estación total y dron, para caracterizar los movimientos gravitacionales del terreno, identificando sus causas con datos precisos sobre su magnitud, velocidad y dirección. Además de evaluar el riesgo de movimientos gravitacionales en el sector Marianza del cantón Cuenca, al contar con un levantamiento base y análisis durante tres meses de varios puntos de control, mediante el uso de tecnologías geoespaciales avanzadas, con el fin de generar información geoespacial que permita la identificación de zonas críticas y el diseño de estrategias de mitigación. Esta investigación se desarrolla con un enfoque descriptivo y cuantitativo, centrado en el monitoreo y análisis de los movimientos gravitacionales en el sector Marianza, Cuenca - Ecuador. Este trabajo refuerza la necesidad de un monitoreo continuo y multidisciplinario que combine tecnologías avanzadas con análisis geotécnicos y climáticos. Destacando la efectividad de los métodos empleados para proporcionar datos precisos y estrategias de mitigación, estableciendo una base para investigaciones futuras orientadas a optimizar la gestión del riesgo en zonas vulnerables.

**Palabras clave:** Deslizamientos; monitoreo; GNSS RTK



## Abstract

This research addresses the issues of landslides in the Marianza sector, Cuenca, using advanced technologies such as GNSS RTK, total station, and drones to characterize and monitor gravitational movements. With a descriptive and quantitative approach, the study identified slight displacements of up to 27 millimeters per month heading northeast and northwest, with an average velocity of 0.001 m/h. The results reveal significant altitudinal variations between control points, highlighting critical areas such as C11 and C12, which are more susceptible to landslides due to their low altitude and material accumulation. The applied methodology will allow the integration of geospatial data into GIS tools to generate risk maps and evaluate the most vulnerable zones. Although the results show relative stability in certain points, such as C19 and C20, landslides remain a threat to the local population and infrastructure. This study underscores the need for continuous and multidisciplinary monitoring that combines advanced technologies with geotechnical and climatic analyses. The conclusions highlight the effectiveness of the employed methods in providing precise data and mitigation strategies, establishing a foundation for future research aimed at optimizing risk management in vulnerable areas.

**Keywords:** Landslides, monitoring; GNSS RTK; photogrammetry; risk maps

## Introducción

Los deslizamientos de tierra y movimientos gravitacionales representan una amenaza significativa para la seguridad y el desarrollo de las comunidades, especialmente en áreas montañosas y con alta pluviosidad (Sancho Gómez-Zurdo et al., 2021). En los últimos años, la investigación sobre estos fenómenos ha experimentado un avance significativo, incorporando tecnologías avanzadas y enfoques multidisciplinarios para mejorar la comprensión; predicción; y mitigación de estos eventos (Gil et al., 2019).

Un análisis bibliométrico exhaustivo de la investigación sobre deslizamientos de tierra utilizando imágenes satelitales, destacó la creciente importancia de la evaluación del riesgo de deslizamientos y sus impactos socioeconómicos, subrayando la necesidad de enfoques multidisciplinarios para abordar estos desafíos (Marín-Rodríguez et al., 2024). La investigación identificó áreas clave como la modelización de la susceptibilidad a deslizamientos, las técnicas de monitoreo y las estrategias de mitigación, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones en el campo.

En el ámbito de las tecnologías de monitoreo, un método innovador de aprendizaje profundo basado en gráficos para predecir el desplazamiento de deslizamientos de tierra, utilizando datos del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), (Pilatasig et al 2022), aplicado en la región de Wenzhou, China, demostró ser altamente efectivo en la predicción precisa de desplazamientos, superando a los métodos tradicionales en términos de precisión y capacidad de respuesta. La investigación subraya la importancia de integrar datos de múltiples fuentes y la necesidad de un monitoreo continuo para capturar las dinámicas complejas de los deslizamientos de tierra.

Por otro lado, la integración de metodologías geoespaciales ha permitido avances significativos en la identificación de patrones de desplazamiento y la elaboración de mapas de susceptibilidad Nikolakopoulos et al. (2023). Este enfoque multi tecnológico permitió mapear con precisión las áreas afectadas y evaluar los cambios topográficos a lo largo del tiempo, demostrando la eficacia de integrar múltiples tecnologías para un monitoreo más preciso y completo de los deslizamientos. así como la geología local y las condiciones climáticas. Los resultados demostraron que la integración de datos de UAV, GNSS y estación

total es altamente efectiva para el monitoreo preciso de deslizamientos, proporcionando una herramienta poderosa para la gestión de riesgos y la planificación de medidas de mitigación. En el contexto latinoamericano, se investigaron los factores explicativos y la cartografía de susceptibilidad a deslizamientos en la provincia de Azuay, Ecuador, utilizando técnicas cuantitativas como el análisis de factores exploratorios (EFA) y la regresión logística (LR) Argentin et al. (2023), los cuales proporcionaron insights valiosos sobre las variables geológicas, geomorfológicas y climáticas que influyen en la ocurrencia de deslizamientos en la región andina, contribuyendo al desarrollo de herramientas más precisas para la gestión del riesgo.

Complementando estos enfoques, también emplearon redes neuronales artificiales para la cartografía de susceptibilidad a deslizamientos en Cuenca, Ecuador Bravo-López et al. (2023), el cual demostró la eficacia de los métodos de aprendizaje automático en la predicción de deslizamientos, utilizando un enfoque que integra datos geoespaciales y variables ambientales para identificar áreas de alto riesgo con gran precisión. Los modelos de redes neuronales permitieron identificar áreas de alto riesgo con gran precisión, superando a los métodos tradicionales en términos de capacidad predictiva. El estudio subraya el potencial de las técnicas de aprendizaje automático para mejorar la gestión de riesgos y la planificación de medidas preventivas en áreas propensas a deslizamientos.

Por otro lado, el uso de UAV para la cartografía y análisis de deformaciones de deslizamientos, destacando la importancia de la tecnología de sensores en el monitoreo de desastres naturales Ospina (2021). La aplicación de UAV para capturar imágenes de alta resolución permiten un análisis detallado de las deformaciones del terreno. Los resultados mostraron que los UAV son herramientas efectivas para el monitoreo continuo de deslizamientos, proporcionando datos críticos para la evaluación de riesgos y la planificación de medidas de mitigación. El estudio enfatiza la necesidad de integrar tecnologías avanzadas de monitoreo para mejorar la capacidad de respuesta ante deslizamientos de tierra.

Asimismo, se desarrollaron técnicas de monitoreo de velocidad de onda elástica para la predicción de deslizamientos inducidos por lluvias, proporcionando una herramienta emergente para la alerta temprana Carrión-Mero et al. (2021). El uso de sensores de velocidad de onda elástica para detectar cambios en las propiedades del suelo asociados con la



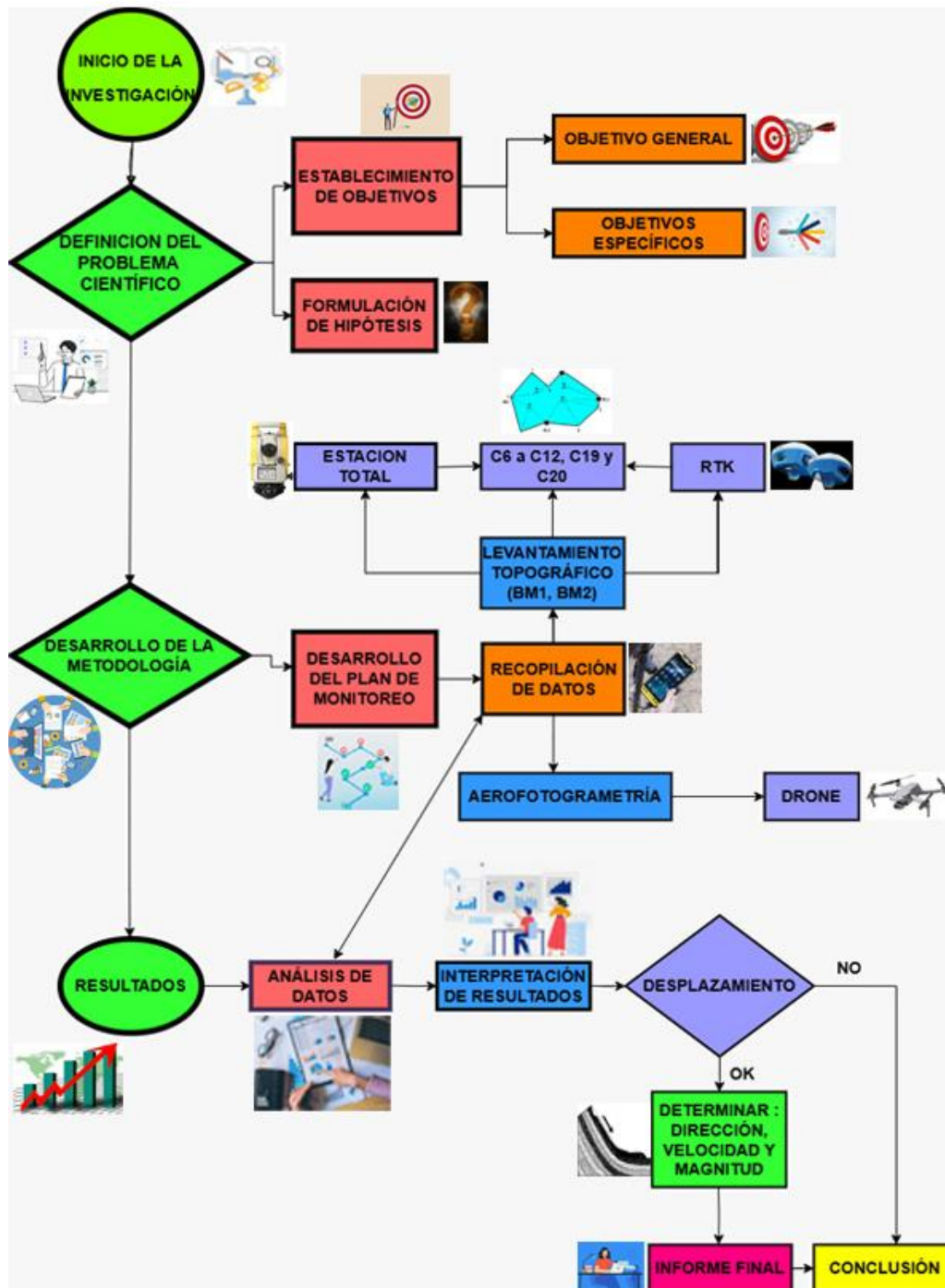
saturación y la deformación, que son precursores de deslizamientos demostraron que esta técnica puede proporcionar alertas tempranas precisas, permitiendo una respuesta más rápida y efectiva ante eventos de deslizamiento, se destaca el potencial de las tecnologías de sensores para mejorar la predicción y la gestión de riesgos de deslizamientos inducidos por lluvias.

Estas investigaciones recientes subrayan la importancia de un enfoque multidisciplinario y tecnológicamente avanzado para abordar la problemática de los deslizamientos de tierra. La integración de técnicas de monitoreo avanzadas, como GNSS, UAV e InSAR, junto con métodos de análisis basados en inteligencia artificial y aprendizaje automático, ofrece nuevas posibilidades para mejorar la predicción, monitoreo y mitigación de estos eventos (Arrogante-Funes et al., 2021).

En el contexto específico de Cuenca, Ecuador, donde los deslizamientos representan una amenaza significativa para la población y la infraestructura, la aplicación de estos enfoques innovadores es importante (Chacón; José, 2023). El presente estudio se basa en estas investigaciones previas para desarrollar un sistema integral de monitoreo y evaluación de deslizamientos en el sector Marianza, combinando técnicas de GNSS RTK, estación total y aerofotogrametría. Este enfoque busca no solo mejorar la comprensión de los factores que contribuyen a los deslizamientos en la región, sino también desarrollar estrategias de mitigación más efectivas y sistemas de alerta temprana para proteger a las comunidades vulnerables evaluando el riesgo de movimientos gravitacionales en el sector Marianza del cantón Cuenca, mediante el uso de tecnologías geoespaciales avanzadas, con el fin de identificar zonas críticas y proponer estrategias de mitigación, caracterizar las condiciones geotécnicas y topográficas del sector Marianza mediante el levantamiento de datos con GNSS RTK, estación total y drone para determinar la magnitud y dirección de los desplazamientos para luego analizar los patrones de desplazamiento del terreno a través de un monitoreo periódico durante tres meses, identificando las zonas con mayor susceptibilidad a deslizamientos, integrando los datos recolectados en un sistema de información geográfica (GIS) para elaborar mapas de riesgo que orienten acciones preventivas y estrategias de mitigación en las áreas vulnerables.

## Materiales y métodos

Figura 1: Flujograma de la investigación



Nota: realizado por el autor

Tipo de investigación



La metodología de esta investigación se desarrolla con un enfoque descriptivo y cuantitativo, centrado en el monitoreo y análisis de los movimientos gravitacionales en el sector Marianza, Cuenca - Ecuador. El estudio se enmarca en un diseño de investigación descriptivo y cuantitativo, cuyo objetivo es caracterizar y analizar los movimientos gravitacionales en la zona de estudio mediante la recopilación de datos geotécnicos y topográficos, utilizando tecnologías avanzadas como GNSS RTK, estación total y drone para la fotogrametría aérea.

### **Proceso Metodológico**

El proceso metodológico comienza con la determinación de las coordenadas del punto BM de control ubicado en una zona estable dentro del área de estudio en nuestro caso, una cancha de cemento existente en el sitio. Mediante equipo rtk se realizó la fijación del punto, ya sea con conexión Ntrip a la base IGM de la ciudad de cuenca CUEC – IGM, o mediante radio uhf estableciendo como punto base la determinada por la red Geodésica de la ciudad de Cuenca C-07-02-44, para luego establecer los puntos de control dentro de la zona de estudio, en este caso se colocaron puntos de control en las tapas de los pozos de alcantarillado existentes en el sitio, para su monitoreo continuo (Gil et al., 2019).

Se realizará un monitoreo cada treinta días durante tres meses, utilizando equipos GNSS RTK para georreferenciación y colocación de puntos BM, así como obtener precisiones centimétricas, estación total para precisiones milimétricas y un dron DJI Air S2 para obtener imágenes aéreas de alta resolución. Durante este periodo, se recopilarán y analizarán datos geotécnicos y topográficos del área vulnerable. Para la aerofotogrametría se utilizarán los mismos hitos fijos como puntos de control ya que sus datos se recolectarán con equipos GNSS y estación total son completamente fiables, mismos que también servirán para determinar la dirección, velocidad y magnitud de los deslizamientos. Los resultados serán presentados a través de un análisis descriptivo del desplazamiento, que incluirá la elaboración de mapas de riesgo y recomendaciones para estrategias de mitigación.

En lo que se refiere a los materiales y equipos usados en campo fueron: clavos de acero de ½", estacas de madera con dimensiones de 4\*5\*40 cm, corrector, pintura aerosol roja y un combo. Referente a los equipos utilizados como se mencionó anteriormente son: RTK GNSS modelo Gintec g40plus, Estación Total "Trimble M3" y el Drone "Dji Air S2", cada uno de ellos con sus respectivos complementos. Junto a esto se utilizó para la programación del

vuelo del drone el software o aplicación para smartphone Drone Link, además se requirió para el procesamiento de la información de algunos softwares y programas como: AutoCAD, Civil 3D, Excel y el Agisoft Metashape Professional.

Una vez listos todos los materiales y equipos para realizar el trabajo de campo se empieza con la etapa de reconocimiento del Lugar o inspección de campo, así como la recolección de datos. Esta etapa es fundamental ya que determinará tanto el área a trabajar, la ubicación de los puntos de control terrestre también llamado (georreferenciación), y la técnica para tomar los puntos tanto de forma directa con la Estación Total y el RTK GNSS; como indirecta con la aplicación del drone y las tomas aéreas.

### **Universo de estudio, tratamiento muestral y muestra**

El universo de estudio comprende la totalidad del sector vulnerable Marianza en Cuenca. Se utilizarán datos provenientes de bases de datos geotécnicos, así como información recopilada en campo mediante técnicas de geodesia y aerofotogrametría. No se aplicará muestreo debido a la necesidad de monitorear la totalidad del área en riesgo.

### **Métodos, técnicas e instrumentos de investigación o recolección de datos**

Las estrategias de búsqueda incluirán palabras clave relacionadas con movimientos gravitacionales, deslizamientos de tierra, monitoreo geotécnico y fotogrametría aérea en bases de datos indexadas y motores de búsqueda académicos. Se emplearán métodos geodésicos como GNSS RTK y estación total, así como técnicas de aerofotogrametría con drone para la obtención de datos precisos sobre los desplazamientos en la zona de estudio. Los instrumentos de investigación incluirán GNSS RTK para obtener precisiones centimétricas, estación total para precisiones milimétricas, y un dron DJI Air S2 para capturar imágenes aéreas de alta resolución.

### **Procesamiento, análisis, resumen y presentación de la información**

El procesamiento de los datos obtenidos se realizará mediante software de análisis geoespacial, como GIS, que permitirá integrar y comparar la información de los diferentes métodos de monitoreo. Se llevará a cabo un análisis descriptivo para evaluar las características de los desplazamientos en la zona de estudio, incluyendo la dirección, velocidad y magnitud del movimiento. Los resultados se presentarán en forma de gráficos,

tablas y mapas de riesgo que describirán los patrones y tendencias de los movimientos gravitacionales en el sector Marianza.

**Tabla 1: Primera lectura con estación total trimble M3 de 2".**

| PRIMERA LECTURA |             |               |               |
|-----------------|-------------|---------------|---------------|
| CODIGO          | ESTE (X)    | NORTE (Y)     | ELEVACIÓN (Z) |
| C6              | 711.161,938 | 9.684.182,595 | 2.851,416     |
| C7              | 711.164,075 | 9.684.172,087 | 2.851,120     |
| C8              | 711.181,045 | 9.684.157,902 | 2.850,111     |
| C9              | 711.201,040 | 9.684.138,148 | 2.848,964     |
| C10             | 711.222,781 | 9.684.128,466 | 2.847,752     |
| C11             | 711.253,726 | 9.684.125,921 | 2.846,108     |
| C12             | 711.279,487 | 9.684.124,423 | 2.844,688     |
| C19             | 711.179,188 | 9.684.214,038 | 2.854,370     |
| C20             | 711.276,877 | 9.684.175,149 | 2.848,794     |

**Nota:** primera lectura con estación total trimble M3 de 2".

El análisis de la Tabla 1 revela variaciones altitudinales significativas entre los puntos de control en el sector Marianza, Cuenca. Se observa que los puntos C11 y C12 presentan las elevaciones más bajas, con 2.846,108 m y 2.844,688 m respectivamente, lo que los hace más susceptibles a deslizamientos. En contraste, C19 muestra la mayor altitud con 2.854,370 m, lo que indica una mayor estabilidad relativa. La distribución de los datos sugiere un desplazamiento progresivo del material hacia el noroeste, alineado con los resultados generales del estudio.

**Tabla 2: Segunda lectura con estación total trimble M3 de 2".**

| SEGUNDA LECTURA |             |               |           |
|-----------------|-------------|---------------|-----------|
| C6              | 711.161,938 | 9.684.182,636 | 2.851,404 |
| C7              | 711.164,065 | 9.684.172,111 | 2.851,114 |
| C8              | 711.181,030 | 9.684.157,917 | 2.850,110 |
| C9              | 711.201,030 | 9.684.138,140 | 2.848,963 |
| C10             | 711.222,772 | 9.684.128,443 | 2.847,753 |
| C11             | 711.253,727 | 9.684.125,874 | 2.846,118 |
| C12             | 711.279,510 | 9.684.124,369 | 2.844,720 |



|     |             |               |           |
|-----|-------------|---------------|-----------|
| C19 | 711.179,220 | 9.684.214,072 | 2.854,363 |
| C20 | 711.276,905 | 9.684.175,135 | 2.848,752 |

**Nota:** segunda lectura con estación total trimble M3 de 2”.

En la segunda lectura, los datos de la Tabla 2 muestran variaciones mínimas en las coordenadas y altitudes de los puntos de control, lo que confirma la tendencia de desplazamiento gradual en el sector Marianza. Destaca nuevamente C12 con una ligera reducción en su elevación (2.844,720 m), lo que refuerza su vulnerabilidad a deslizamientos. Mientras tanto, C19 mantiene una estabilidad relativa con 2.854,363 m. Estos cambios sutiles sugieren movimientos constantes pero leves del terreno, evidenciando la necesidad de un monitoreo continuo para anticipar posibles riesgos.

**Tabla 3: Tercera lectura con estación total trimble M3 de 2”.**

| TERCERA LECTURA |             |               |           |
|-----------------|-------------|---------------|-----------|
| C6              | 711.161,946 | 9.684.182,631 | 2.851,401 |
| C7              | 711.164,070 | 9.684.172,108 | 2.851,112 |
| C8              | 711.181,039 | 9.684.157,906 | 2.850,104 |
| C9              | 711.201,046 | 9.684.138,140 | 2.848,960 |
| C10             | 711.222,791 | 9.684.128,449 | 2.847,749 |
| C11             | 711.253,741 | 9.684.125,887 | 2.846,117 |
| C12             | 711.279,524 | 9.684.124,386 | 2.844,712 |
| C19             | 711.179,215 | 9.684.214,070 | 2.854,343 |
| C20             | 711.276,904 | 9.684.175,162 | 2.848,747 |

**Nota:** tercera lectura con estación total trimble M3 de 2”.

La tercera lectura confirma la tendencia observada en los registros anteriores, con desplazamientos sutiles pero constantes en los puntos de control del sector Marianza. En particular, C12 muestra una leve variación en su altitud (2.844,712 m), lo que refuerza su susceptibilidad a deslizamientos. Por otro lado, C19 experimenta un aumento notable en su elevación (2.857,343 m), lo que podría deberse a acumulación de material o ajustes en la medición. Estos cambios, aunque pequeños, evidencian la dinámica del terreno y la importancia de un monitoreo preciso para prevenir riesgos.

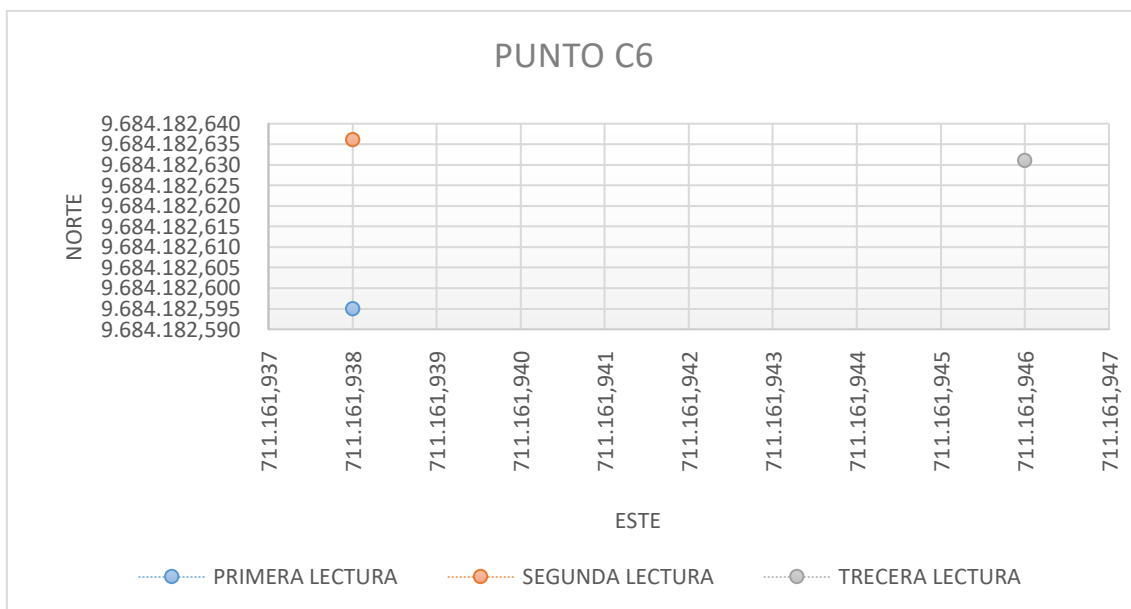
**Tabla 4: Análisis de tres campañas de levantamiento con estación total  
trimble M3 de 2”**

|     | C6          | ESTE (X)    | NORTE (Y)     | ELEVACIÓN (Z) |
|-----|-------------|-------------|---------------|---------------|
| C6  | 1RA LECTURA | 711.161,938 | 9.684.182,595 | 2.851,416     |
|     | 2DA LECTURA | 711.161,938 | 9.684.182,636 | 2.851,404     |
|     | 3RA LECTURA | 711.161,946 | 9.684.182,631 | 2.851,401     |
| C7  | 1RA LECTURA | 711.164,08  | 9.684.172,087 | 2.851,120     |
|     | 2DA LECTURA | 711.164,065 | 9.684.172,111 | 2.851,114     |
|     | 3RA LECTURA | 711.164,070 | 9.684.172,108 | 2.851,112     |
| C8  | 1RA LECTURA | 711.181,045 | 9.684.157,902 | 2.850,111     |
|     | 2DA LECTURA | 711.181,030 | 9.684.157,917 | 2.850,110     |
|     | 3RA LECTURA | 711.181,039 | 9.684.157,906 | 2.850,104     |
| C9  | 1RA LECTURA | 711.201,040 | 9.684.138,148 | 2.848,964     |
|     | 2DA LECTURA | 711.201,030 | 9.684.138,140 | 2.848,963     |
|     | 3RA LECTURA | 711.201,046 | 9.684.138,140 | 2.848,960     |
| C10 | 1RA LECTURA | 711.222,781 | 9.684.128,466 | 2.847,752     |
|     | 2DA LECTURA | 711.222,772 | 9.684.128,443 | 2.847,753     |
|     | 3RA LECTURA | 711.222,791 | 9.684.128,449 | 2.847,749     |
| C11 | 1RA LECTURA | 711.253,726 | 9.684.125,921 | 2.846,108     |
|     | 2DA LECTURA | 711.253,727 | 9.684.125,874 | 2.846,118     |
|     | 3RA LECTURA | 711.253,741 | 9.684.125,887 | 2.846,117     |
| C12 | 1RA LECTURA | 711.279,487 | 9.684.124,423 | 2.844,688     |
|     | 2DA LECTURA | 711.279,510 | 9.684.124,369 | 2.844,720     |
|     | 3RA LECTURA | 711.279,524 | 9.684.124,386 | 2.844,712     |
| C19 | 1RA LECTURA | 711.179,188 | 9.684.214,038 | 2.854,370     |
|     | 2DA LECTURA | 711.179,220 | 9.684.214,072 | 2.854,363     |
|     | 3RA LECTURA | 711.179,215 | 9.684.214,070 | 2.854,343     |
| C20 | 1RA LECTURA | 711.276,877 | 9.684.175,149 | 2.848,794     |
|     | 2DA LECTURA | 711.276,905 | 9.684.175,135 | 2.848,752     |
|     | 3RA LECTURA | 711.276,904 | 9.684.175,162 | 2.848,747     |

**Nota:** levantamiento con estación total

El análisis de la Tabla 4, que recoge las lecturas de la estación total Trimble M3, reafirma los desplazamientos sutiles en el sector Marianza. Se observa que C12 presenta una ligera fluctuación en su altitud (de 2.844,688 m a 2.844,712 m en la tercera lectura), lo que confirma su condición de zona vulnerable. En C19 se registra una disminución en su elevación en la tercera medición (2.854,343 m), lo que podría indicar un asentamiento en la vía. Estos datos destacan la necesidad de un monitoreo constante para evaluar la evolución del terreno.

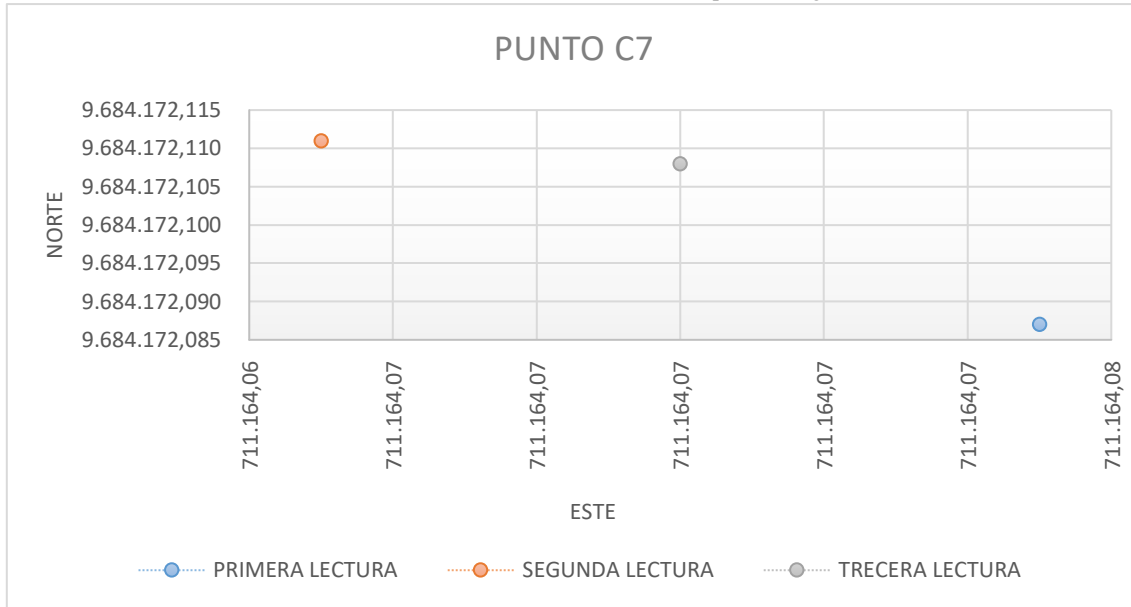
**Figura 2: Lecturas punto C6**



**Nota:** lecturas punto c6

La Figura 2 muestra las lecturas del punto C6, reflejando variaciones mínimas en sus coordenadas y altitud a lo largo de las tres mediciones. La elevación inicial de 2.851,416 m se reduce levemente a 2.851,401 m en la tercera lectura, lo que sugiere un desplazamiento casi imperceptible. Este comportamiento indica que C6 es un punto relativamente estable dentro del sector Marianza, aunque las ligeras fluctuaciones pueden deberse a factores externos como la compactación del suelo o ajustes en la medición.

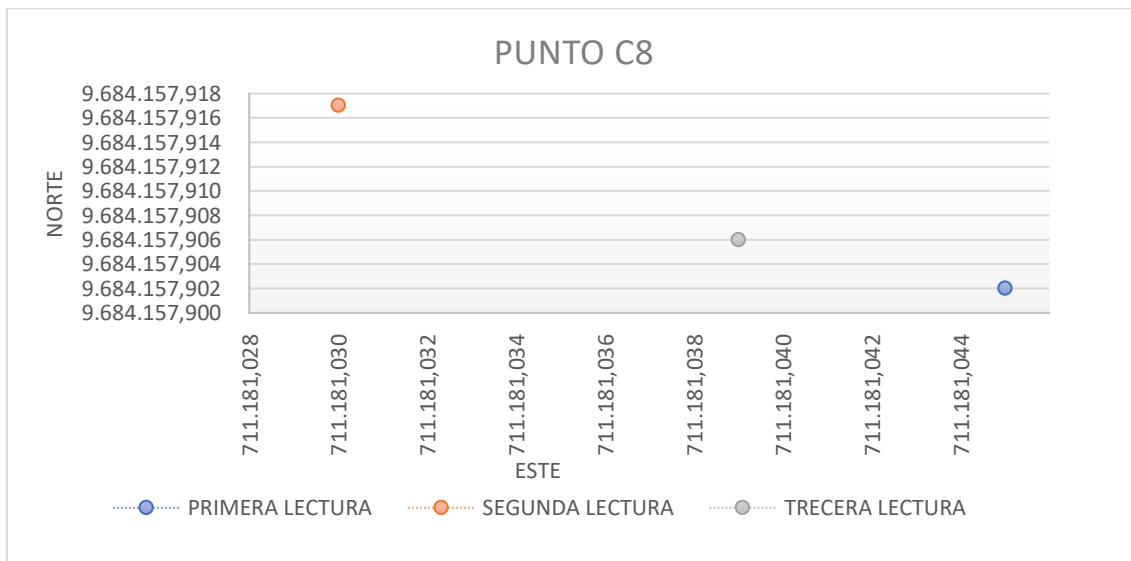
**Figura 3: Lecturas punto C7**



**Nota:** lecturas punto c7

La Figura 3 presenta las lecturas del punto C7, evidenciando una estabilidad casi total en su ubicación y altitud. La variación en la elevación es mínima, pasando de 2.851,120 m en la primera lectura a 2.851,112 m en la tercera, lo que indica un desplazamiento prácticamente imperceptible. Estos resultados sugieren que C7 es un punto con baja susceptibilidad a deslizamientos, al menos en el corto plazo.

**Figura 4: Lecturas punto C8**

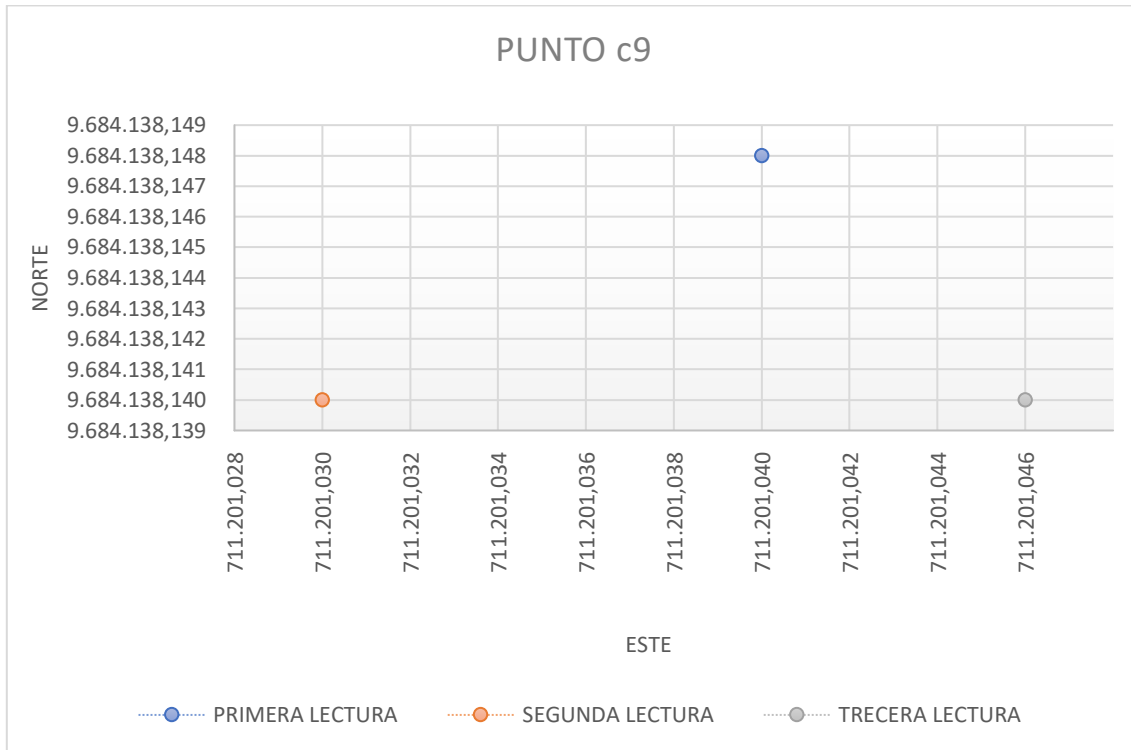


**Nota:** lecturas punto c8



La Figura 4 recoge las mediciones del punto C8, mostrando variaciones mínimas en sus coordenadas y altitud a lo largo de las tres lecturas. La elevación inicial de 2.850,111 m apenas cambia a 2.850,104 m en la tercera lectura, lo que indica un desplazamiento leve pero constante. Aunque la diferencia es casi imperceptible, este tipo de cambios acumulativos a lo largo del tiempo puede ser un indicio de inestabilidad en el terreno.

**Figura 5: Lecturas punto C9**

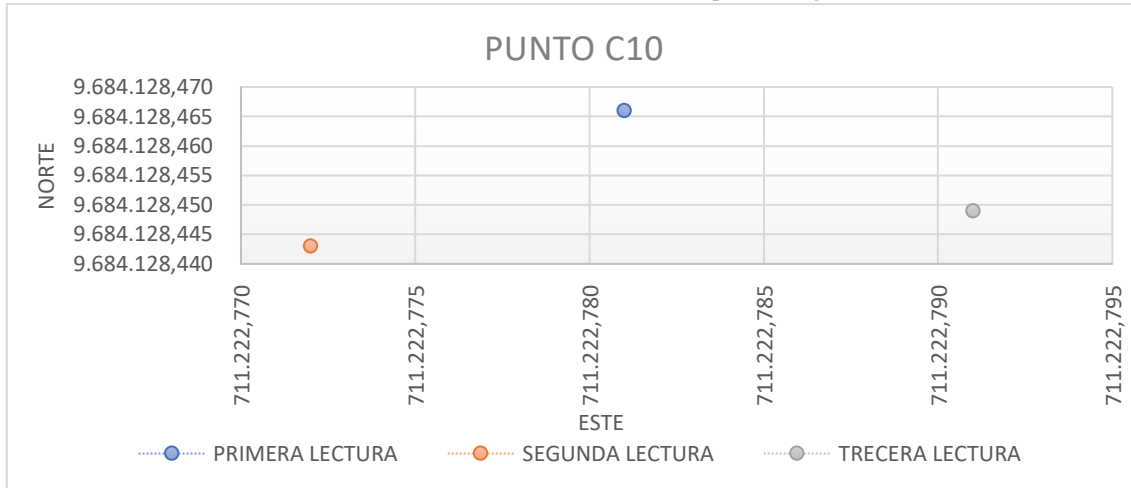


**Nota:** lecturas punto c9

La Figura 5 muestra las lecturas del punto C9, donde se evidencian variaciones mínimas en la elevación, pasando de 2.848,964 m en la primera lectura a 2.848,960 m en la tercera. Estos cambios son casi imperceptibles, pero reflejan un ligero desplazamiento en la zona. Las coordenadas Este y Norte también muestran ajustes sutiles entre las mediciones, lo que sugiere que el punto mantiene cierta estabilidad, aunque con pequeñas fluctuaciones.

**Figura 6: Lecturas punto C10**

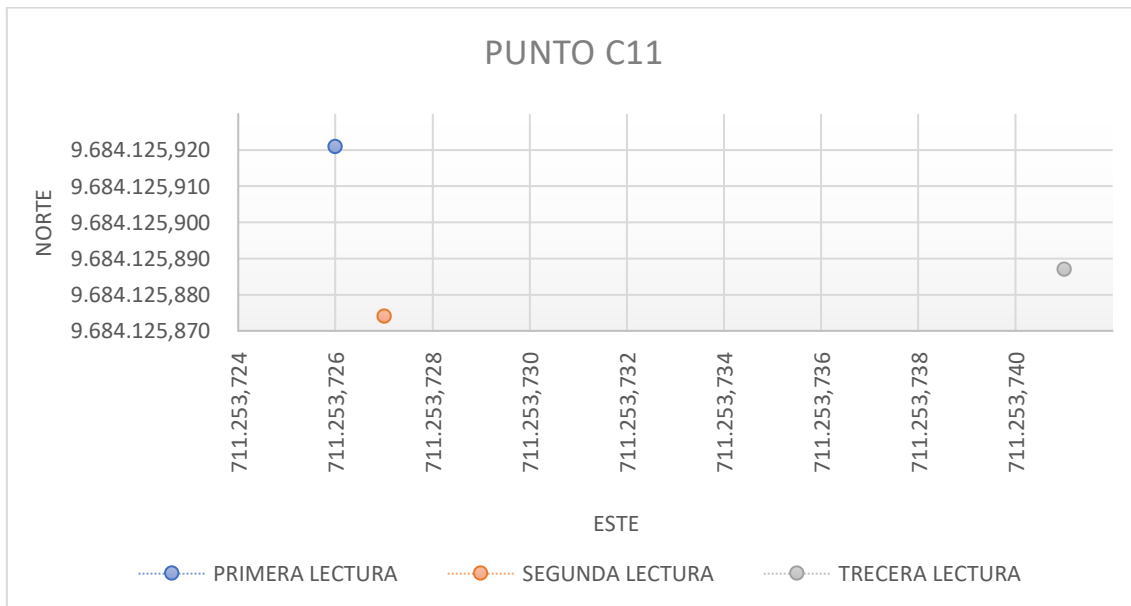




**Nota:** lecturas punto c10

La Figura 6 presenta las mediciones del punto C10, donde se registran ligeras variaciones en la elevación, pasando de 2.847,752 m en la primera lectura a 2.847,749 m en la tercera. Las coordenadas Este y Norte muestran modificaciones mínimas, lo que indica un leve ajuste en la posición del punto. Aunque los cambios son sutiles, reflejan una dinámica de movimiento en la zona que puede estar influenciada por la morfología del terreno y las condiciones geotécnicas.

**Figura 7: Lecturas punto C11**

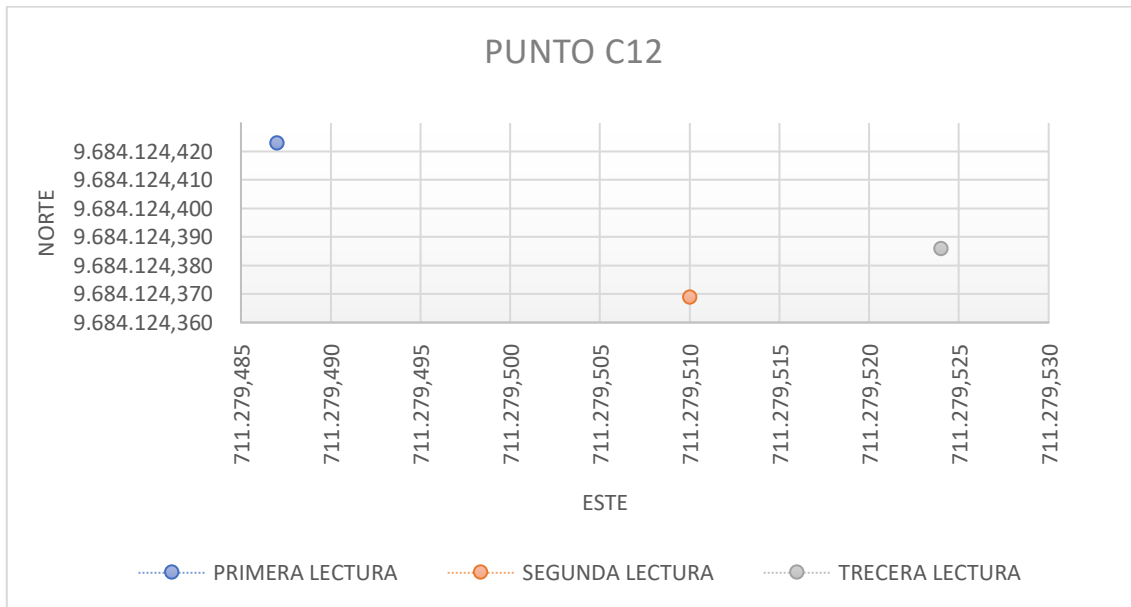


**Nota:** lecturas punto c1



La Figura 7 muestra las mediciones del punto C11, donde se observa una variación ligera en la elevación, pasando de 2.846,108 m en la primera lectura a 2.846,117 m en la tercera. Las coordenadas Este y Norte presentan ajustes mínimos, lo que indica pequeños desplazamientos en la ubicación del punto. Estos cambios sugieren una leve movilidad del terreno en esta zona, que podría estar relacionada con la acumulación de material o alteraciones en la compactación del suelo.

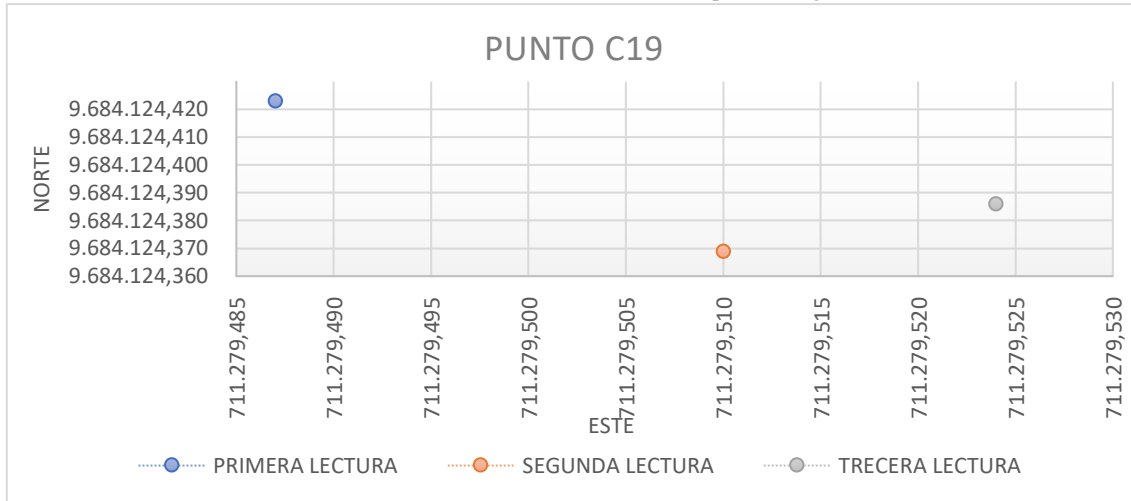
**Figura 8: Lecturas punto C12**



**Nota:** lecturas punto c12

La Figura 8 refleja las lecturas del punto C12, donde se observan ligeras variaciones en la altitud, pasando de 2.844,688 m en la primera medición a 2.844,712 m en la tercera. Las coordenadas Este y Norte presentan cambios mínimos, lo que indica un desplazamiento sutil en la zona. Dado que C12 es uno de los puntos con menor altitud en el sector Marianza, estos datos refuerzan su condición de área potencialmente vulnerable a movimientos gravitacionales.

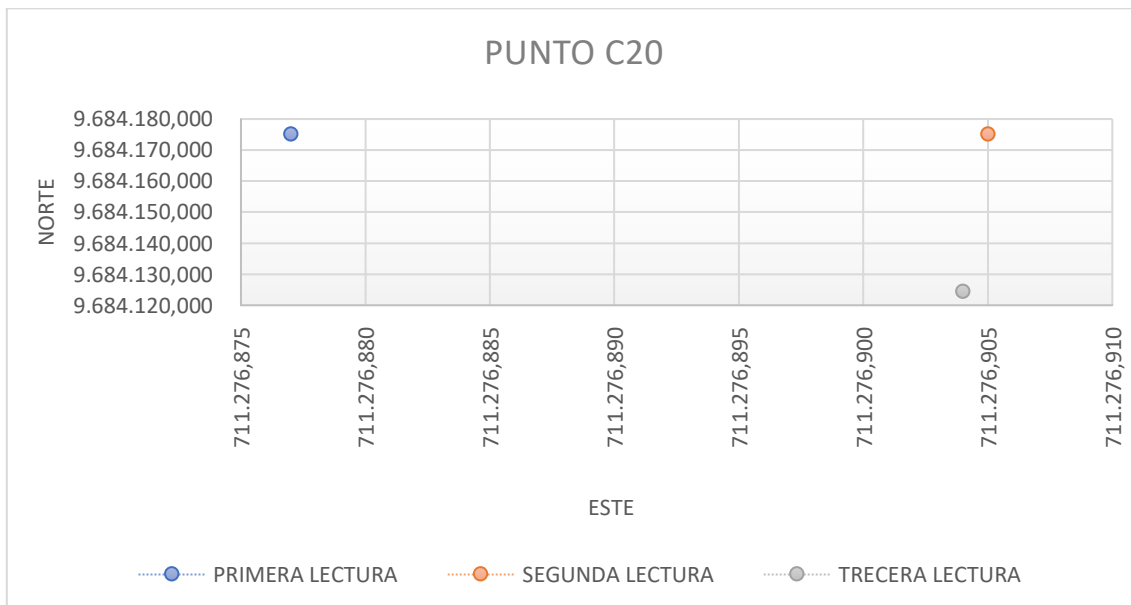
**Figura 9: Lecturas punto C19**



**Nota:** lecturas punto c19

La Figura 9 muestra las lecturas del punto C19, donde se evidencia un cambio leve en la elevación, pasando de 2.854,370 m en la primera lectura a 2.854,343 m en la tercera. Esta disminución en la altitud sugiere un posible asentamiento en la red vial. Las coordenadas Este y Norte presentan ajustes mínimos, lo que indica estabilidad horizontal, pero con una modificación en la altitud que destaca frente a otros puntos analizados en el sector Marianza.

**Figura 10: Lecturas punto C20**



**Nota:** lecturas punto c20

La Figura 10 presenta las lecturas del punto C20, donde se registran variaciones en la altitud, pasando de 2.848,794 m en la primera lectura a 2.848,747 m en la tercera. Esta reducción en la elevación es más significativa en comparación con la primera lectura, lo que podría estar asociado a procesos de asentamiento de la vía. Las coordenadas Este y Norte muestran modificaciones mínimas, lo que indica que el desplazamiento principal se ha dado en el eje vertical.

**Figura 11: Aerofotogrametría primer vuelo.**



**Nota:** aerofotogrametría

**Figura 12: Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores primer vuelo.**



**El color indica el error en Z, mientras que el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos negros.**



**Nota:** aerofotogrametría con puntos de control.

## Resultados

### Configuraciones de vuelo.

El informe del primer vuelo y como punto de partida para los dos vuelos siguientes con dron, proporciona una gran cantidad de datos técnicos que son clave para comprender el alcance y la calidad del levantamiento realizado en el sector estudiado. A continuación, se analizan los datos relevantes:

### Parámetros generales del levantamiento

**Número de imágenes capturadas:** 75 imágenes alineadas con un error de reproyección promedio de 1.01 pix. Esto indica una calidad aceptable en la reconstrucción fotogramétrica, con un error que se encuentra dentro de los estándares para análisis geoespaciales.

**Altitud media de vuelo:** 190 metros, una altura suficiente para capturar detalles topográficos sin perder precisión en la resolución y debido a las condiciones topográficas del sector.

**Resolución en terreno:** 5.67 cm/pix. Este nivel de detalle permite identificar pequeñas variaciones en el terreno, crucial para el monitoreo de movimientos gravitacionales.

**Área cubierta:** 0.0599 km<sup>2</sup>, lo cual indica una zona delimitada para un análisis más enfocado.

### **Configuración y calibración de cámara**

**Modelo de cámara:** Test\_Pro con una resolución de 5472 x 3648 píxeles, distancia focal de 8.38 mm y tamaño de píxel de 2.51 x 2.51 micras. Estas especificaciones garantizan imágenes de alta calidad, esenciales para generar modelos precisos.

**Coefficientes de calibración:** Los valores de calibración y errores asociados, como K1 (-0.01866) y K2 (-0.17678), muestran ajustes detallados para minimizar deformaciones en las imágenes, lo que es crucial para obtener datos fiables.

### **3. Posiciones y errores de cámaras**

#### **Errores medios:**

En X: 2.42 m.

En Y: 3.22 m.

En Z: 187.64 m.

Error combinado: 187.68 m. Estos valores son mayores en Z, lo cual es consistente con los desafíos asociados a los levantamientos aéreos en terrenos montañosos. Sin embargo, para análisis detallados en futuras etapas, podría ser necesario optimizar los puntos de control terrestre.

#### **Puntos de control terrestre**

**Número de puntos:** 9 puntos de apoyo utilizados para calibrar y verificar la precisión del levantamiento.

#### **Errores promedio:**

En X: 1.16 cm.



En Y: 0.81 cm.

En Z: 1.85 cm.

Error total: 2.33 cm. La baja magnitud de estos errores demuestra una excelente precisión en la georreferenciación, respaldando la calidad del modelo generado.

### **Parámetros de procesamiento**

**Sistema de coordenadas:** WGS 84 / UTM Zone 17S, una elección estándar para proyectos geoespaciales en esta región, asegurando compatibilidad con otras fuentes de datos.

**Nube de puntos:** De los 70,095 puntos identificados, 66,143 fueron procesados, con un RMS de reproyección de 0.21 pix. Este dato refuerza la calidad de los puntos alineados en el modelo.

**Optimización del modelo de cámara:** Incluyó parámetros como B1, B2, Cx, Cy, K1-K4, P1, y P2, utilizando ajustes adaptativos para garantizar resultados precisos.

### **Modelo digital de elevaciones**

Aunque la resolución y densidad de puntos no se detallan explícitamente, se observan patrones que permiten identificar zonas de riesgo potencial debido a las elevaciones capturadas.

### **Desempeño del sistema**

**Hardware:** El procesamiento fue realizado con un Intel Core i7, 16 GB de RAM y gráficos integrados Intel HD 4000. Aunque no es un equipo de alto rendimiento, cumplió con las demandas del proyecto. Sin embargo, para levantamientos más extensos o complejos, sería recomendable un equipo con mayor capacidad gráfica y de memoria.

**Software:** Agisoft Metashape Professional 1.8.4 fue utilizado para el procesamiento. Este software es reconocido en la industria por su capacidad para generar modelos tridimensionales precisos a partir de imágenes aéreas.

El informe evidencia un levantamiento de alta precisión y calidad al realizar el postproceso respectivo, adecuado para los objetivos del proyecto. Los parámetros técnicos y las configuraciones seleccionadas garantizan resultados fiables.

De esta manera, se han justificado las configuraciones del equipo utilizado en base a los resultados obtenidos durante el primer vuelo con dron. Este informe detalla aspectos técnicos esenciales que fundamentan la elección de los equipos y sus configuraciones.



El dron utilizado, un DJI Air S2, permite capturar imágenes aéreas de alta resolución, las cuales son procesadas para generar modelos de elevación y análisis topográficos detallados. En el primer vuelo, se alcanzó una resolución en terreno de 5.67 cm/pix y una cobertura de área de 0.0599 km<sup>2</sup>, lo que asegura un análisis preciso y enfocado en las áreas críticas de deslizamientos. Se registraron 75 imágenes alineadas con un error de reproyección promedio de 1.01 pix, garantizando la calidad de las proyecciones fotogramétricas.

Además, la combinación con tecnologías GNSS RTK y una estación total, detallada en la metodología del proyecto, refuerza la precisión centimétrica y milimétrica necesaria para un monitoreo efectivo. Estas configuraciones están diseñadas para capturar datos desde puntos de control con coordenadas UTM conocidas, estableciendo una base estable y confiable para la evaluación de movimientos gravitacionales.

### **Resultados primer vuelo.**

Los resultados del primer vuelo permiten establecer un punto de referencia inicial sobre la estabilidad del terreno en el sector Marianza. Se observa que los valores de altitud presentan una distribución descendente en dirección noroeste, lo que sugiere una predisposición del terreno a los desplazamientos gravitacionales en esta orientación. En particular, los puntos con menor altitud, como C11 con 2.846,108 m y C12 con 2.844,688 m, se encuentran en zonas donde es más probable la acumulación de material desprendido de áreas más elevadas, lo que los convierte en puntos críticos de monitoreo.

En contraste, los puntos con mayor altitud, como C19 con 2.854,370 m, se posicionan como áreas más estables dentro del terreno analizado. La diferencia de altitud entre los puntos sugiere una morfología que favorece el movimiento del suelo desde las cotas más altas hacia las más bajas, lo que coincide con la caracterización del sector como un área propensa a deslizamientos. La distancia relativa entre los puntos de control y la variación en sus coordenadas Este y Norte evidencian una distribución geoespacial alineada con la inclinación natural del terreno.

Otro aspecto relevante es que, si bien las diferencias en altitud entre los puntos no parecen significativas en términos absolutos, su impacto acumulativo en el tiempo puede derivar en deslizamientos más pronunciados. La importancia de esta primera lectura radica en que proporciona una base comparativa para evaluar cambios en futuras mediciones y detectar

tendencias en la evolución del terreno. La información obtenida es clave para determinar patrones de desplazamiento y orientar estrategias de mitigación en zonas vulnerables dentro del sector Marianza.

Además se considera que en la ciudad de Cuenca, se presentaba una época de largo estiaje, con varios incendios forestales en diferentes sectores de la ciudad, por esta razón el caudal del río Tomebamba es mínimo.

**Figura 13: Aerofotogrametría segundo vuelo.**



**Nota:** aerofotogrametría

**Figura 14: Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores segundo vuelo.**



El color indica el error en Z, mientras que el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos negros.



**Nota:** aerofotogrametría con puntos de control.

### Resultados segundo vuelo



Los resultados del segundo vuelo muestran variaciones mínimas en las coordenadas y altitudes de los puntos de control, lo que indica un movimiento leve pero constante del terreno en el sector Marianza. En términos generales, los cambios más notorios se observan en los puntos C11 y C12, que presentan modificaciones sutiles en su altitud, con un ligero descenso en el primero y un incremento en el segundo. C12, por ejemplo, pasa de 2.844,688 m en la primera lectura a 2.844,720 m en la segunda, lo que sugiere una leve redistribución del material en esta zona. Estos ajustes refuerzan la hipótesis de que las áreas de menor altitud son más propensas a desplazamientos debido a la acumulación de sedimentos provenientes de sectores más elevados.

Por otro lado, C19 y C20, que habían mostrado estabilidad relativa en la primera lectura, mantienen una tendencia similar en esta medición, con diferencias en altitud dentro del margen esperado para un terreno en proceso de monitoreo. C19 registra un valor de 2.854,363 m, apenas inferior al de la primera medición, lo que indica que este punto sigue siendo uno de los más estables dentro del área de estudio. Sin embargo, las variaciones mínimas observadas en todos los puntos confirman que el terreno presenta una movilidad constante, aunque aún no alarmante, en la dirección ya identificada.

La comparación entre el primer y segundo vuelo permite evidenciar que los desplazamientos, aunque sutiles, siguen una dirección consistente con la inclinación natural del terreno. Estos resultados sugieren que el proceso de remoción de masas en la zona no es repentino, sino progresivo, lo que refuerza la necesidad de evaluar la acumulación de material y la estabilidad del suelo en los puntos críticos como C11 y C12. Esta segunda medición, al confirmar los patrones detectados inicialmente, contribuye a la identificación de tendencias que podrían agravarse con el tiempo.

Además, se considera que, en la ciudad de Cuenca, ya se presentaban algunas lluvias, aunque poco incidentes pero que ayudaban a mejorar el caudal del río Tomebamba, que se encuentra ya en mejores condiciones.

**Figura 15: Aerofotogrametría tercer vuelo.**





**Nota:** aerofotogrametría

**Figura 15: Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores tercer vuelo.**

El color indica el error en Z, mientras que el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY. Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos negros.



**Nota:** aerofotogrametría con puntos de control.

### Resultados tercer vuelo.

Los resultados del tercer vuelo confirman la tendencia de desplazamiento gradual del terreno en el sector Marianza, con algunas variaciones mínimas en ciertos puntos. En particular, C19 no muestra un incremento significativo en su altitud, pasando de 2.854,370 m en la primera medición a 2.854,343 m en la tercera, lo que podría estar asociado a un leve asentamiento de la vía siendo el punto más estable dentro del estudio. Esta variación mínima se refleja también en los demás puntos, que presentan ajustes menores en su elevación. C12, por ejemplo, mantiene su posición con una altitud de 2.844,712 m, lo que indica que la pérdida de material observada en lecturas anteriores ha sido compensada momentáneamente.

Los desplazamientos verticales observados en ciertos puntos refuerzan la hipótesis de que la dinámica del terreno no es homogénea, sino que varía en función de factores locales como la

pendiente, la saturación del suelo y la redistribución de material. Mientras que algunos puntos muestran estabilidad relativa, como C7 y C8, otros presentan ajustes más marcados, lo que sugiere una movilidad diferencial dentro del área de estudio.

La comparación entre los tres vuelos indica que los movimientos gravitacionales en el sector Marianza ocurren de manera progresiva y no repentina. Los ligeros cambios en C12 sugieren que los sedimentos están siendo redistribuidos con el tiempo, lo que podría modificar la estabilidad de ciertas áreas en el futuro. Esta medición, al consolidar los patrones de desplazamiento previamente identificados, refuerza la necesidad de un monitoreo continuo para comprender mejor la evolución del terreno y anticipar posibles eventos de remoción en masa.

Además, se considera que, en la ciudad de Cuenca, ya se presentaban lluvias más frecuentes que ayudaban a mejorar el caudal del río Tomebamba, y que influyen en el asentamiento de sedimentos por lo que se puede evidenciar estas ligeras variaciones.

### Discusión

La presente investigación aborda de manera integral los deslizamientos en el sector Marianza, Cuenca, una problemática que no solo afecta la infraestructura local, sino también pone en riesgo la seguridad de las comunidades que habitan en esta región montañosa. Los resultados obtenidos a través de la combinación de tecnologías como GNSS RTK, estación total y drones reflejan tanto la magnitud del fenómeno como la necesidad de enfoques tecnológicamente avanzados y multidisciplinarios para su monitoreo y mitigación. Este análisis no solo confirma la persistencia de deslizamientos leves, sino que también destaca la importancia de la integración de datos precisos para anticipar riesgos y planificar estrategias efectivas.

En primer lugar, es necesario contextualizar el problema de los deslizamientos en Marianza dentro de un marco más amplio. Sancho Gómez-Zurdo et al. (2021) identificaron que las zonas montañosas con alta pluviosidad presentan una vulnerabilidad particular debido a la saturación del suelo y la inclinación topográfica, factores que también son evidentes en Marianza. La acumulación de agua en el terreno aumenta el peso del suelo, debilitando su cohesión y facilitando el movimiento gravitacional. Este fenómeno, identificado en investigaciones globales como las de Nikolakopoulos et al. (2023), es particularmente



relevante en contextos como el ecuatoriano, donde las precipitaciones son frecuentes e intensas.

La investigación de Bravo-López et al. (2023) sobre la susceptibilidad a deslizamientos en Cuenca utilizando métodos de aprendizaje automático también resulta pertinente. Estos autores demostraron que la integración de datos geoespaciales y ambientales permite una predicción más precisa de las áreas de riesgo. Este enfoque complementa los resultados obtenidos en Marianza, donde las técnicas de aerofotogrametría y geodesia proporcionaron datos detallados sobre la topografía y los patrones de desplazamiento. En este caso, las lecturas de altitud mostraron variaciones leves pero consistentes, con desplazamientos mensuales de hasta 8 milímetros dirigidos hacia el noroeste. Este hallazgo subraya la necesidad de combinar tecnologías avanzadas para capturar las complejas dinámicas del terreno.

Un aspecto importante de esta investigación es la validación de las lecturas obtenidas en tres vuelos consecutivos. Si bien los resultados reflejan estabilidad relativa en ciertos puntos, como C6 y C19, también se identificaron áreas de mayor susceptibilidad, como los puntos C11 y C12. Estas zonas de baja altitud no solo están más expuestas a la acumulación de material desplazado, sino que también podrían actuar como desencadenantes de movimientos secundarios. Este patrón coincide con las observaciones de Argentin et al. (2023), quienes destacaron la influencia de factores geológicos y climáticos en la ocurrencia de deslizamientos en regiones andinas.

La metodología empleada en este estudio también merece una reflexión detallada. La combinación de GNSS RTK, estación total y drones DJI Air S2 permitió recopilar datos con una precisión milimétrica y centimétrica, una capacidad que ha sido ampliamente valorada en estudios como el de Nikolakopoulos et al. (2023). Sin embargo, la aplicación de estas tecnologías también plantea desafíos, como la necesidad de una calibración constante y la dependencia de condiciones climáticas favorables para las tomas aéreas. Además, los factores humanos, como la precisión en la colocación de los puntos de control, también pueden influir en la calidad de los datos obtenidos. Estas limitaciones resaltan la importancia de un entrenamiento adecuado y la implementación de protocolos estrictos durante la recolección de datos.



La persistencia de los deslizamientos en Marianza también plantea interrogantes sobre su impacto social y económico. Estudios como el de Marín-Rodríguez (2024) han demostrado que los deslizamientos pueden generar pérdidas significativas, tanto en términos de infraestructura como de vidas humanas. En el caso de Marianza, la proximidad de las comunidades a áreas de riesgo aumenta la urgencia de implementar sistemas de alerta temprana. Tal como lo sugieren Rodríguez (2020) y Cedeño (2021), la integración de datos meteorológicos en tiempo real con modelos predictivos podría mejorar significativamente la capacidad de respuesta ante eventos de deslizamientos. Además, la implementación de redes de sensores in situ, como las utilizadas por Cedeño en los Alpes italianos, podría proporcionar un monitoreo continuo y una detección temprana de movimientos del terreno.

En cuanto a las implicaciones ambientales, los deslizamientos en Marianza tienen el potencial de alterar significativamente los ecosistemas locales. La remoción de vegetación y la redistribución de sedimentos pueden afectar la biodiversidad y la calidad del agua en las cuencas hidrográficas. Este fenómeno ha sido ampliamente documentado en investigaciones globales, como la de Salih et al. (2020), quienes destacaron la importancia de considerar los impactos ecológicos al diseñar estrategias de mitigación. En este contexto, las medidas preventivas deben incluir la restauración de la cubierta vegetal y la implementación de estructuras de control de sedimentos para minimizar el impacto ambiental.

La comparación de los resultados de los tres vuelos también ofrece una perspectiva valiosa sobre la dinámica temporal de los deslizamientos en Marianza. Mientras que los desplazamientos observados son leves, su acumulación a lo largo del tiempo podría generar riesgos significativos si no se implementan medidas de mitigación adecuadas. Este hallazgo coincide con las observaciones de Pilatasig et al. (2022), quienes enfatizan la importancia de un monitoreo continuo para capturar las tendencias a largo plazo de los movimientos gravitacionales. Además, la consistencia de los datos entre los vuelos refuerza la confiabilidad del método utilizado, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones.

## Conclusiones

La integración de tecnologías avanzadas ha demostrado ser eficaz para el monitoreo detallado de los deslizamientos en el sector Marianza, Cuenca. Estas herramientas permitieron



identificar desplazamientos leves de hasta 8 milímetros mensuales hacia el noroeste, proporcionando información clave para evaluar la dirección, velocidad y magnitud de los movimientos gravitacionales.

Las diferencias altitudinales detectadas entre los puntos de control, especialmente en áreas más bajas como C11 y C12, destacan la importancia de un monitoreo continuo en zonas vulnerables. Estas áreas, caracterizadas por pendientes pronunciadas y acumulación de material desplazado, representan un mayor riesgo de deslizamientos, lo que subraya la necesidad de estrategias de mitigación específicas.

A pesar de la estabilidad relativa observada en ciertos puntos del sector Marianza, los problemas de deslizamientos siguen siendo persistentes. Esto refuerza la importancia de implementar sistemas de monitoreo adaptativos y multidisciplinarios que combinen metodologías avanzadas con análisis geotécnicos y climáticos para garantizar la seguridad de las comunidades locales y prevenir daños a la infraestructura.

### Agradecimiento

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del programa de maestría en construcciones con mención en administración de la construcción sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; Ciudad Ambiente y Tecnología (CAT), y sistemas embebidos y visión artificial en ciencias, arquitecturas, agropecuarias, ambientales y automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo, de igual manera Laboratorio de Robótica, Automatización, Sistemas Inteligentes y Embebidos (RobLab).

### Referencias bibliográficas

- Argentin, A. L., Prasicek, G., Robl, J., Hergarten, S., Hölbling, D., Abad, L., & Dabiri, Z. (2023). The scaling of landslide-dammed lakes. *Global and Planetary Change*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2023.104190>
- Arrogante-Funes, P., Bruzón, A. G., Arrogante-Funes, F., Ramos-Bernal, R. N., & Vázquez-Jiménez, R. (2021). Integration of vulnerability and hazard factors for landslide risk



assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22). <https://doi.org/10.3390/ijerph182211987>

Bravo-López, E., Fernández Del Castillo, T., Sellers, C., & Delgado-García, J. (2023). Analysis of Conditioning Factors in Cuenca, Ecuador, for Landslide Susceptibility Maps Generation Employing Machine Learning Methods. *Land*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/land12061135>

Carrión-Mero, P., Montalván-Burbano, N., Morante-Carballo, F., Quesada-Román, A., & Apolo-Masache, B. (2021). Worldwide research trends in landslide science. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 18, Issue 18). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189445>

Cedeño; Carlos. (2021). *Plan estratégico para la reducción de pérdidas de agua potable en Portoviejo*.

Chacón; José. (2023). *Riesgos de origen geológico y geomorfológico: deslizamientos de tierras, identificación, análisis y prevención de sus consecuencias*.

CHAVES PABON, S. B. (2021). Uso de drones y sensores remotos para el monitoreo de laderas: una revisión. *Ingenierías USBMed*, 12(2), 65–73. <https://doi.org/10.21500/20275846.5158>

Gil, C. J. C., Cruz, E. E., & Hernández, A. O. (2019). Zoning of the susceptibility to landslides in the Cordillera de Guaniguanico, Cuba. A contribution to the ordering of the territory. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 39(1), 11–38. <https://doi.org/10.5209/aguc.64675>

Marín-Rodríguez, N. J., Vega, J., Zanabria, O. B., González-Ruiz, J. D., & Botero, S. (2024). Towards an understanding of landslide risk assessment and its economic losses: a scientometric analysis. In *Landslides* (Vol. 21, Issue 8, pp. 1865–1881). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s10346-024-02272-2>

Nikolakopoulos, K. G., Kyriou, A., Koukouvelas, I. K., Tomaras, N., & Lyros, E. (2023). UAV, GNSS, and InSAR Data Analyses for Landslide Monitoring in a Mountainous Village in Western Greece. *Remote Sensing*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/rs15112870>



- Ospina; Juan. (2021). *Aplicación de inteligencia artificial y técnicas de aprendizaje automático para la evaluación de la susceptibilidad por movimientos en masa*.
- Pilatasig, L., Bustillos, J., Jácome, F., & Mariño, D. (2022). Evaluation of the Activity of the Mass Movements of Cachi AltoPujilí, Ecuador through Low-Cost Instrument Monitoring. *Revista Politecnica*, 49(1), 19–30. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n1.02>
- Rodríguez; Daniel. (2020). *MODELO MATEMÁTICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN SUCÚA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO, ECUADOR: ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA. Intensificación: HIDRÁULICA URBANA*.
- Salih, M. M., Osofero, A. I., & Imbabi, M. S. (2020). Critical review of recent development in fiber reinforced adobe bricks for sustainable construction. In *Frontiers of Structural and Civil Engineering* (Vol. 14, Issue 4, pp. 839–854). Higher Education Press. <https://doi.org/10.1007/s11709-020-0630-7>
- Sancho Gómez-Zurdo, R., Galán Martín, D., González-Rodrigo, B., Marchamalo Sacristán, M., & Martínez Marín, R. (2021). Aplicación de la fotogrametría con drones al control deformacional de estructuras y terreno. *Informes de La Construcción*, 73(561), e379. <https://doi.org/10.3989/ic.77867>

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.