



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



DESPLAZAMIENTOS EN EL ACANTILADO DEL DISTRITO DE SAN ISIDRO DEBIDO AL SISMO DEL 15 DE JUNIO DE 2025

Informe Técnico N°020 - 2025/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú
Julio, 2025

Instituto Geofísico del Perú

Jefe Institucional: Hernando Tavera

Director Ciencias de la Tierra Sólida: Juan Carlos Gómez

Informe técnico

Desplazamientos en el acantilado del distrito de San Isidro debido al sismo del 15/06/2025

Autores:

Juan Carlos Villegas

Keiko Moroccoire

Wendy Quiroz

Oscar Balladares

Jackeline Mamani

Este informe ha sido producido por el Instituto Geofísico del Perú

Calle Badajoz 169 Mayorazgo

Teléfono: 51-1-3172300

**DESPLAZAMIENTOS EN EL ACANTILADO DEL
DISTRITO DE SAN ISIDRO
DEBIDO AL SISMO DEL 15 DE JUNIO DE 2025**

Lima - Perú
Julio, 2025

RESUMEN

El 15 de junio de 2025 a las 11:35 hora local, un sismo de magnitud $M6.1$ con epicentro a 30 km al suroeste de Lima, generó caída de rocas, desprendimientos, colapso de muros, entre otros, siendo evidentes en los acantilados de la Costa Verde. En este escenario, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) realizó el análisis multitemporal de imágenes aéreas orientado a identificar desplazamientos de la superficie en los acantilados del distrito de San Isidro. Las imágenes fueron adquiridas con dron, antes y después del evento sísmico (junio de 2024 y junio del 2025), para ser luego procesadas mediante técnicas fotogramétricas avanzadas a fin de generar nubes densas de puntos. Este análisis fue complementado con inspecciones de campo y antecedentes de la zona de estudio. Los resultados evidencian hundimientos del terreno entre 6 y 50 cm en sectores ubicados frente a los Parques Grecia y Bernales, y desplazamientos positivos (que pueden ser acumulación de material caído) entre 9 y 50 cm en la zona frente al Parque Mahatma Gandhi. En el extremo sureste del área de estudio, alrededor del parque Bicentenario, se detectó un asentamiento de hasta 32 cm vinculado a una zona de derrumbe anterior al sismo.

Estos desplazamientos han sido verificados mediante inspección directa en campo y se relacionan principalmente al asentamiento de relleno artificial poco consolidado, así como a la caída de material que habría movido la geomalla que cubre el talud. Este estudio demuestra el valor de análisis multitemporal que se puede lograr con mediciones periódicas con dron y su uso como herramienta de evaluación de efectos tras la ocurrencia de eventos sísmicos que afectan zonas urbanas.

CONTENIDO

RESUMEN

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Objetivo

1.2.- Ubicación y accesibilidad

2.- DATOS Y METODOLOGÍA

2.1.- Monitoreo fotogramétrico

Adquisición de datos

3.- RESULTADOS

3.1.- Desplazamientos obtenidos a partir de nube de puntos

- Parques Grecia y Mahatma Gandhi

- Parque Bernales

- Sector Sureste – Zona de derrumbes

4.- INSPECCIONES DE CAMPO Y VALIDACIÓN VISUAL IN SITU

4.1.- Inspección de zonas críticas

- Sector Benemérita Guardia Civil y Parque Bernales

- Parque Mahatma Gandhi

- Parque Grecia

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

1. INTRODUCCIÓN

El acantilado de la Costa Verde (ACV), ha sido escenario de múltiples procesos de inestabilidad de suelos en los últimos años, tales como deslizamientos de tierra, caídas de rocas y desprendimientos de material. Hasta el año 2019, se habían registrado al menos 17 eventos significativos asociados a este tipo de fenómenos, afectando la seguridad de las vías y la infraestructura adyacente (El Comercio Perú, 2019). En abril de 2024, un sismo de magnitud 4.8 provocó un deslizamiento de rocas en la bajada de Armendáriz, en el distrito de Miraflores, lo cual evidenció nuevamente la vulnerabilidad del acantilado ante movimientos sísmicos (Ubillus, 2024). Recientemente, el 15 de junio de 2025, un sismo de magnitud $M6.1$, con epicentro al suroeste de la Provincia Constitucional del Callao y a una profundidad de 49 km (Tavera et al., 2025), generó caída de material a lo largo del acantilado.

Entre los principales efectos del sismo se identificaron numerosas caídas de rocas, así como el desprendimiento de materiales de origen aluvial y antropogénico en los bordes superiores del acantilado. Estos materiales, en algunos sectores, lograron incluso superar o romper las geomallas de protección instaladas, afectando zonas de los distritos de Barranco, Miraflores, Magdalena del Mar y San Miguel. De acuerdo a INGEMMET (2023), estos distritos ya presentaban una alta susceptibilidad a proceso geodinámicos como derrumbes, caídas de bloques y posibles movimientos en masa, situación que se ha visto agravada por la ocurrencia del reciente evento sísmico.

El presente informe tiene como propósito presentar los resultados del análisis multitemporal de la información geoespacial adquirida mediante vuelos de dron en los años 2024 y 2025, con énfasis en el Acantilado del distrito de San Isidro. Este análisis busca identificar y cuantificar los cambios morfológicos ocurridos como consecuencia del sismo del 15 de junio de 2025,

con el fin de aportar evidencia científica que contribuya a la gestión del riesgo, la planificación urbana y la implementación de medidas de mitigación más efectivas.

1.1. Objetivo

El objetivo de este estudio consiste en identificar y cuantificar los cambios morfológicos ocurridos en el acantilado de la Costa Verde, en el distrito de San Isidro, como resultado del sismo del 15 de junio de 2025 (M6.1), cuyo epicentro se localizó a 36 km al suroeste del área de estudio. Para este propósito se integraron técnicas de fotogrametría aérea con dron y observaciones in situ.

1.2. Ubicación y accesibilidad

El área de estudio se encuentra ubicado en el distrito de San Isidro, en la provincia y región de Lima (Figura 1). Este distrito tiene una elevación promedio de 80 m s.n.m., limita al norte con Lince, al este con La Victoria, al sur con Surquillo y Miraflores, y al noroeste con Magdalena del Mar. Al oeste, colinda con el océano Pacífico, delimitado por las playas y el acantilado de Costa Verde. El acantilado de la Costa Verde, situado a lo largo del litoral de Lima Metropolitana, abarca en San Isidro una extensión aproximada de ~1.2 km, con una pendiente pronunciada que varía entre 80 y 85 grados. El clima es subtropical desértico, caracterizado por temperaturas moderadas a lo largo del año, con una media anual de 19°C. La humedad relativa es elevada durante los meses de invierno, mientras que las precipitaciones son escasas, concentrándose principalmente entre junio y septiembre (SENAMHI, 2024).

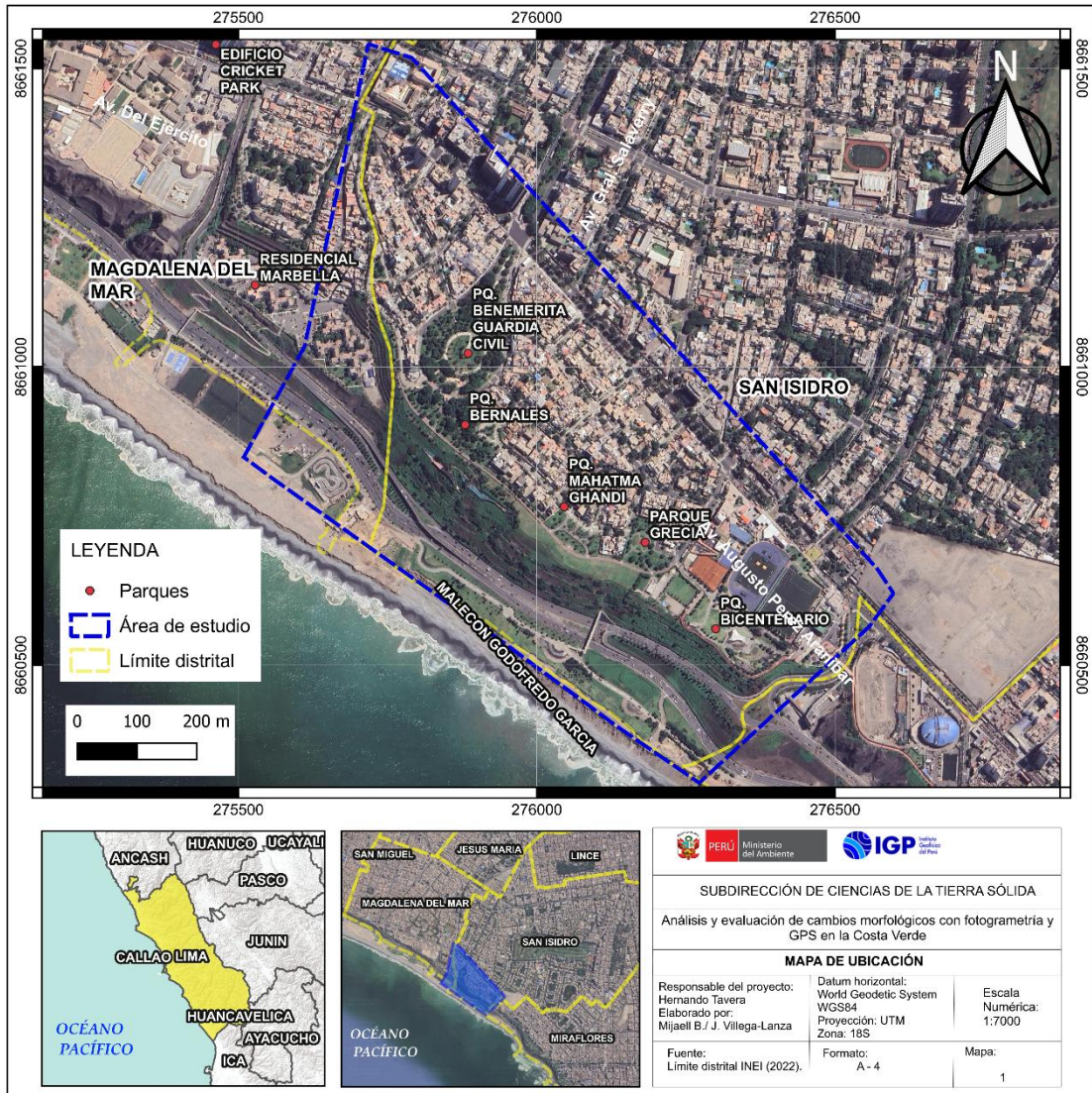


Figura 1. Ubicación del área de estudio en el distrito de San Isidro, el polígono azul abarca el área de interés

2. METODOLOGÍA

La medición fotogramétrica se basa en el principio de triangulación, que consiste en utilizar líneas proyectadas en el espacio desde distintas posiciones para calcular la ubicación tridimensional de un punto. Para esto, es necesario conocer la posición y orientación de la cámara, así como sus parámetros de configuración, tal como la distancia focal, en todas las imágenes del conjunto. Al identificar puntos comunes en varias fotografías y conociendo la posición de la cámara al momento de la adquisición, se trazan líneas desde la cámara hacia los puntos, y las intersecciones de estas líneas permite determinar con precisión su ubicación en tres dimensiones (Hackl et al., 2018).

Los métodos fotogramétricos pueden aplicarse siempre que un objeto o superficie sea registrable o visible mediante fotografías (Luhmann et al., 2007). La información obtenida a través de levantamientos fotogramétricos permite detectar y cuantificar movimientos en la superficie terrestre, siendo especialmente útil para analizar procesos como deslizamientos de tierra, cambios morfológicos en volcanes, erosión del suelo y deformaciones ocasionadas por la ocurrencia de sismos (Kariminejad et al., 2024; Nikolakopoulos et al., 2023).

2.1.- Adquisición de datos

Para la adquisición de imágenes aéreas con dron se generó un plan de vuelo considerando las elevaciones máximas y mínimas del terreno (Figura 2, Tabla 1). El área total comprende una extensión de 24 hectáreas.

Puntos de fotocontrol: La georreferenciación de las imágenes aéreas adquiridas con dron se realizó utilizando puntos de fotocontrol, los cuales permiten corregir y ajustar con precisión la posición espacial de las imágenes.

La ubicación de los puntos se definió considerando la accesibilidad del terreno y la existencia de áreas despejadas con al menos 2 metros de radio, a fin de asegurar una correcta identificación. La distribución de los puntos de fotocontrol se muestra en la Figura 3.



Figura 2. Ejecución de los vuelos fotogramétricos con dron Mavic 3M. Zona de despegue y aterrizaje ubicado en el techo del edificio de Seguridad Ciudadana de la Municipalidad de San Isidro.

Tabla 1. Parámetros de vuelo para la adquisición de fotografías aéreas.

Parámetros	Valores
Altura del vuelo	80 m
Traslape frontal y lateral	70%/80%
GSD	5 cm/píxel
Ángulo de cámara	90°
Seguimiento del terreno	Habilitado

Para la adquisición de coordenadas precisas se utilizaron receptores GPS de doble frecuencia Trimble R8S, en modo base y móvil. La estación base fue ubicada en el techo del Centro de Atención Primaria San Isidro, mientras que para la estación móvil se utilizó un bastón de 2 m de altura. La transmisión y registro de datos en ambas estaciones se realizó a una tasa de muestreo de

1 Hz (1 dato por segundo). Cada punto de fotocontrol se midió durante 15 minutos, utilizando plantillas tipo Diana o marcas preexistentes con colores de alto contraste, tal como se muestra en la Figura 4.



Figura 3. Distribución de los seis (6) puntos de fotocontrol utilizados en el área de estudio, representados mediante círculos rojos con fondo blanco. Estos puntos sirvieron como referencia geoespacial para el ajuste y la precisión del modelo fotogramétrico.



Figura 4. Medición del punto de control en el distrito de San Isidro en la Av. Pérez Aranibar. Se observa al operador y al equipo rover R8S – Trimble sobre una marca diana.

La Tabla 2, presenta un resumen de la información adquirida durante el periodo del 19 al 23 de junio de 2025.

Tabla 2. Resumen de la información adquirida en campo.

ITEM	JUNIO
Fotografías aéreas ortogonales	503
Puntos de fotocontrol	6

3. RESULTADOS

3.1.- Desplazamientos obtenidos a partir de nube de puntos

Para cuantificar los desplazamientos superficiales en el Acantilado de la Costa Verde, se aplicó el método Multiscale Model to Model Cloud Comparison (M3C2), ampliamente utilizado en estudios geomorfológicos y monitoreo de taludes. Este método permite estimar los cambios de la superficie del terreno proyectados sobre la normal de cada punto, ofreciendo resultados robustos incluso en entornos irregulares (Lague et al., 2013).

El análisis consistió en comparar la nube de puntos de referencia generada con datos de junio 2024 con la nube de puntos generada con datos adquiridos tras el sismo del 15 de junio de 2025. Para llevar a cabo dicha comparación se configuró un radio de búsqueda de 5 cm, optimizando la resolución espacial y estabilidad estadística. Además, se incorporó una estimación de incertidumbre basada en la desviación estándar de los puntos vecinos, lo que permite discriminar desplazamientos significativos de las variaciones dentro del umbral de error instrumental.

- Sector frente a los parques Grecia y Mahatma Gandhi

Este sector tiene una extensión aproximada de 213 metros de largo por 13 metros de ancho y se encuentra ubicado sobre una antigua cárcava que fue rellena con material de origen antropogénico, según los estudios de Bernal et al., (2021) e INGEMMET, (2023). Este tipo de relleno se caracteriza por su baja compactación y alta heterogeneidad, condiciones que lo hacen particularmente susceptible a procesos de deformación (Das, 2010; Coduto, 2001).

En el sector sureste del área de estudio, frente al Parque Grecia, se identificaron hundimientos que varían entre 6 y 50 cm, abarcando una superficie aproximada de 70 por 9 metros (Figura 5). Estos desplazamientos

sugieren que el evento sísmico habría acelerado procesos de asentamiento preexistentes en la zona, caracterizado por relleno de baja compactación.

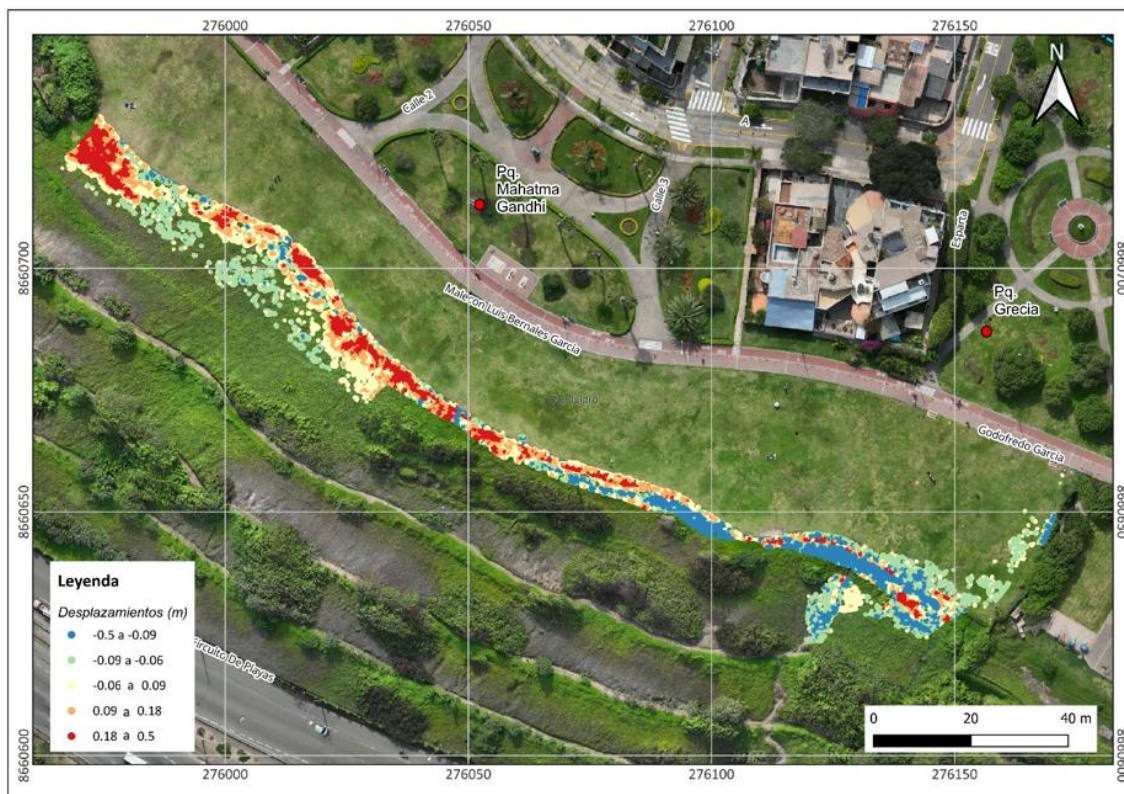


Figura 5. Desplazamientos de la superficie del terreno obtenidos con análisis M3C2 en el sector comprendido frente a los parques Grecia y Mahatma Gandhi en el distrito de San Isidro. Se identifican desplazamientos con valores de hasta ± 0.5 m representados en la escala de colores que va de azul (hundimiento) al rojo (levantamiento).

Por otro lado, en el extremo noroeste de este sector también se observaron desplazamientos, aunque de comportamiento diferente. Frente al parque Mahatma Gandhi se detectaron desplazamientos positivos que varían entre 9 y 50 cm, localizados en una zona con cobertura vegetal compuesta por enredaderas combinadas con geomallas. Esta configuración proporciona una estabilidad limitada en la parte alta del talud, debido a su distribución superficial. Sin embargo, las enredaderas poseen raíces de escasa profundidad, lo que impide un anclaje efectivo en el suelo (Gray y Sotir, 1996). Por ello, se plantea como hipótesis que estos desplazamientos corresponden a un reajuste de la cobertura vegetal y de la geomalla, provocado por el sacudimiento sísmico.

- Sector frente al parque Bernales

Este sector se ubica al noreste del vivero municipal y abarca una franja de aproximadamente 75 m de largo por 4 m de ancho. El análisis de la nube de puntos revela un hundimiento de hasta 34 cm cerca al borde del acantilado (Figura 6). Las inspecciones de campo permitieron registrar desplazamientos locales de hasta 16 cm en lugares específicos (Coordenadas: 275839E, 8660869N). Según los estudios de Bernal et al. (2021) y del INGEMMET (2023), esta se caracteriza por la presencia de relleno antropogénico poco consolidado, condición que la hace vulnerable a asentamientos diferenciales inducidos por cargas dinámicas, como las generadas por un sismo.

El talud en este sector también presenta una cobertura de vegetación tipo enredadera, instalada junto con geomalla de refuerzo. Si bien esta configuración contribuye a mitigar los procesos de erosión superficial, también puede limitar la detección visual directa de deformaciones internas.

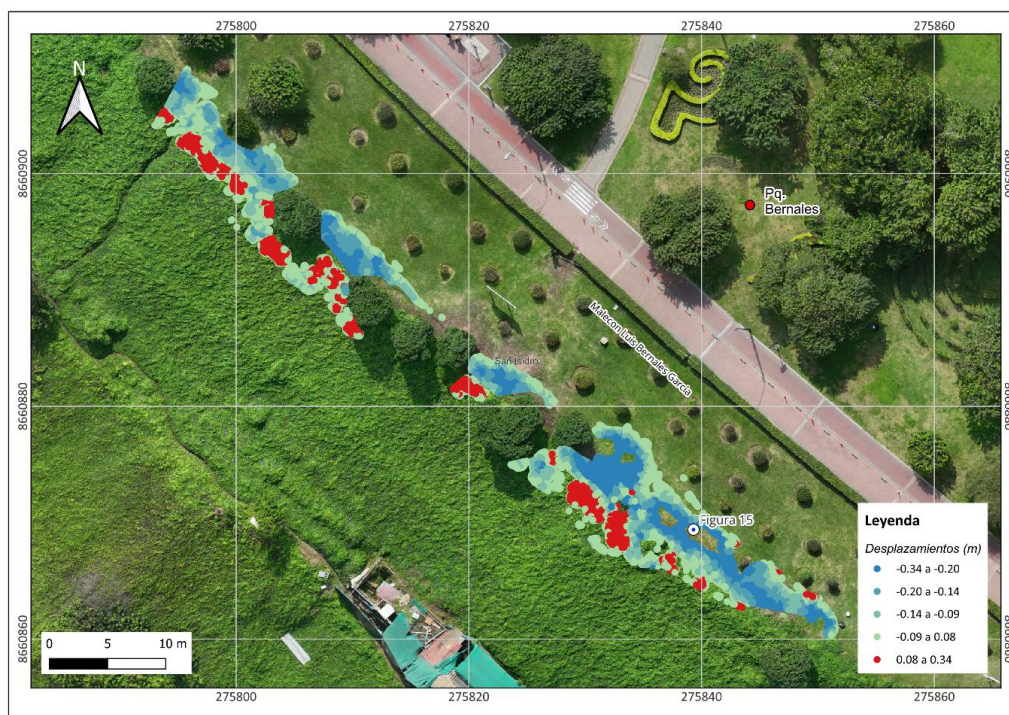


Figura 6. Mapa de desplazamientos de la superficie del terreno en el sector frente al Parque Bernales, en el distrito de San Isidro. Se observan hundimientos de hasta 34 cm en las proximidades del borde del acantilado, los cuales se atribuyen a asentamientos en el relleno poco consolidado.

- Sector Sureste – Zona de derrumbes

En el extremo sureste del área de estudio frente al Parque Bicentenario y colindante con la Bajada Delfines, se identificó un derrumbe preexistente con una extensión de 32 m por 17 m de ancho. De acuerdo con el estudio de INGEMMET (2023), este colapso habría sido provocado por la combinación de pendiente pronunciada y la sobrecarga generada por la vegetación que recubre el talud.

El análisis comparativo de la nube de puntos densa, mediante la técnica M3C2, evidenció asentamientos de hasta 32 cm en la parte superior del talud, así como desplazamientos positivos en la parte media del talud (Figura 7). Estos resultados sugieren que el sismo del 15 de junio reactivó parcialmente esta zona inestable, lo que podría indicar la presencia de un proceso de deslizamiento residual o progresivo.

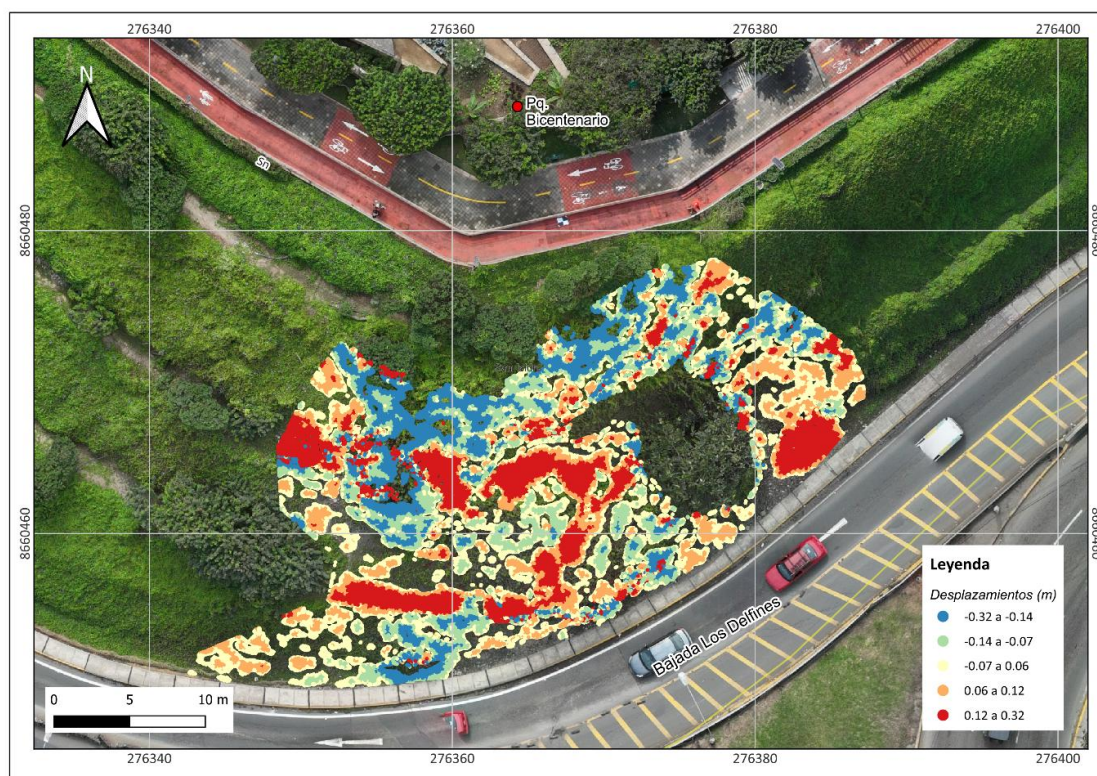


Figura 7. Mapa de desplazamientos de la superficie del terreno en el sector sureste de la zona de estudio - zona de derrumbes. Se observan hundimientos de hasta 0.32 m y deformaciones positivas asociadas a la reactivación de un derrumbe preexistente.

4. INSPECCIONES DE CAMPO Y VALIDACIÓN VISUAL IN SITU

4.1 Inspección de zonas críticas

Con el objetivo de validar en terreno los resultados obtenidos mediante el análisis fotogramétrico, se realizó una inspección visual detallada el 23 de junio de 2025, a lo largo del borde del acantilado del distrito de San Isidro. Se priorizaron las zonas que, según el análisis M3C2, presentaron mayores desplazamientos. En varios de estos puntos se corroboró la presencia de deformaciones visibles, lo que refuerza la confiabilidad en la metodología de procesamiento fotogramétrico. Se identificaron cinco puntos con evidencia de asentamiento reciente del terreno, así como una zona de derrumbe preexistente. Estas ubicaciones se representan en la Figura 8 mediante puntos celestes numerados del 1 al 6, y corresponden a sectores específicos del acantilado adyacentes a espacios públicos. A continuación, se describen los hallazgos más relevantes observados durante la inspección de campo.



Figura 8. Ubicación de los puntos inspeccionados visualmente en el distrito de San Isidro el 23 de junio de 2025. Los sectores 1, 2 y 3 corresponden a las zonas con asentamientos más notorios en el terreno.

- Sector Benemérita Guardia Civil y Parque Bernales

En este tramo del acantilado, correspondiente a los puntos 1, 2 y 3 de la Figura 8, se observaron asentamientos de hasta 16 cm en zonas próximas al borde del talud. Estos hundimientos coinciden con áreas donde los modelos fotogramétricos indican subsidencias significativas, lo que permite interpretar estas deformaciones como manifestaciones iniciales de procesos de inestabilidad superficial (ver fotografías en las Figuras 9, 10 y 11).

La evidencia recopilada muestra que los asentamientos diferenciales habrían sido generados por acción del sismo del 15 de junio de 2025, afectando principalmente los sectores conformados por relleno artificial poco consolidado. Estos resultados constituyen un indicio claro del incremento en la vulnerabilidad estructural del talud y alertan sobre la posibilidad de una evolución hacia procesos de inestabilidad más crítica en el futuro, en ausencia de medidas de mitigación apropiadas.



Figura 9. Escarpe de aproximadamente 14 cm de desnivel frente al Parque Benemérita Guardia Civil.



Figura 10. Asentamiento ubicado cerca al Acantilado, frente al Parque Bernales.



Figura 11. Evidencia de ligero hundimiento en el Malecón Godofredo García, al sur del Parque Bernales.

- Sector Parque Mahatma Gandhi

En las inmediaciones del Parque Mahatma Gandhi, correspondiente al punto 4 de la Figura 8, se detectó un asentamiento superficial acompañado de signos evidentes de saturación del suelo (Figura 12). Estudios previos identifican esta área como parte de una antigua quebrada y zona de cárcavas colmatadas con relleno artificial (Bernal et al., 2021; INGEMMET, 2023), lo que incrementa significativamente su susceptibilidad a deformaciones.

La presencia de humedad superficial sugiere procesos de infiltración o retención de agua, los cuales reducen la cohesión del material y favorece la aparición de subsidencias o deslizamientos localizados. Este comportamiento es consistente con lo esperado en zonas de relleno de baja compactación.

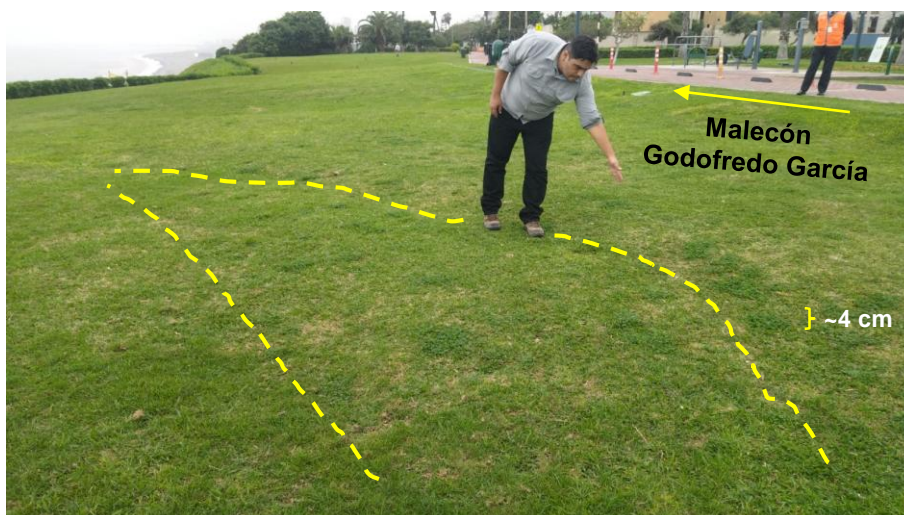


Figura 12. Asentamiento y zonas saturadas identificadas al sur del Parque Mahatma Gandhi, sobre relleno colmatado en zona de antigua quebrada (punto 4 en Figura 8).

- Sector Parque Grecia

Frente al Parque Grecia se identificó un desnivel longitudinal de aproximadamente 15 cm a lo largo de un tramo de 7 metros (Figura 13). Este escarpe superficial refleja una deformación notable del terreno, consistente con los desplazamientos detectados mediante el análisis M3C2 (Figura 5).

Se interpreta que este fenómeno está asociado al asentamiento diferencial del relleno superficial, posiblemente acelerado por el sacudimiento sísmico. La morfología de la deformación sugiere un desplazamiento progresivo, lo cual plantea la necesidad de un monitoreo continuo y una evaluación geotécnica de detalle en este sector.



Figura 13. Presencia de escarpe de ~15cm de desnivel, frente a Parque Grecia (punto 5 en Figura 8).

- **Sector Parque Bicentenario (punto 6)**

El punto 6, ubicado en el tramo del acantilado adyacente al Parque Bicentenario, corresponde a una zona donde se evidenció un derrumbe preexistente con bloques desprendidos y desplazados hasta en 32 cm (Figura 14). Durante la inspección se constató la presencia de condiciones desfavorables para la estabilidad del talud, incluyendo agrietamientos en la parte superior de la escarpa, signos de erosión en la base y acumulación de material desagregado. El análisis fotogramétrico tridimensional mediante el método M3C2 (Figura 7) permitió identificar desplazamientos significativos distribuidos de manera no uniforme, reflejando un patrón de deformación

heterogénea en toda la zona evaluada. Este comportamiento es consistente con la evolución histórica del sitio y refuerza la hipótesis de que se trata de un sector estructuralmente inestable, condicionado por factores como la pendiente pronunciada, la presencia de rellenos sueltos y la ausencia de estructuras de contención adecuadas.



Figura 14. Desprendimientos localizados de hasta 32cm en el talud frente al Parque Bicentenario, (punto 6 en Figura 8).

Las observaciones de campo confirman la existencia de asentamientos superficiales en las zonas previamente identificadas mediante análisis geoespacial. Estas inspecciones respaldan la hipótesis de que el evento sísmico del 15 de junio de 2025 desencadenó procesos de deformación superficial en sectores conformados con relleno artificial de baja consolidación.

CONCLUSIONES

- El análisis multitemporal de nube de puntos obtenidas a partir de imágenes aéreas con dron y procesadas mediante la técnica M3D2, permitió identificar tres zonas principales con evidencias claras de desplazamientos, los cuales, estarían asociados al sismo de magnitud 6.1 Mw ocurrido el 15 de junio de 2025, cuyo epicentro se localizó a 36 km del área de estudio.
- En el borde del acantilado frente al Parque Grecia se registraron hundimientos que varían entre 6 y 50 cm, los cuales se atribuyen al asentamiento de materiales de baja consolidación. Estos resultados coinciden con observaciones realizadas en campo y con estudios previos que documentan la presencia de material de relleno poco consolidado.
- En el sector ubicado frente al Parque Mahatma Gandhi, se identificaron valores positivos entre 9 y 50 cm. Este efecto podría estar relacionado con un ajuste superficial de la geomalla y la cobertura vegetal, inducida por el sacudimiento sísmico.
- En el borde del acantilado frente al Parque Bernales, se registraron hundimientos entre 8 y 34 cm, asociados al comportamiento mecánico del relleno artificial poco consolidado. Este tipo de material presenta alta susceptibilidad a asentamientos diferenciales inducidos por eventos sísmicos.
- En el extremo sureste del área de estudio, se logró identificar un sector con un derrumbe preexistente que, según informes técnicos previos (INGEMMET, 2023), colapsó debido a la combinación de la pendiente del talud y la sobrecarga generada por la cobertura vegetal. Actualmente, en esta zona se observa un asentamiento reciente de hasta 32 cm, lo cual sugiere una condición de inestabilidad progresiva que podría evolucionar en ausencia de medidas de control.

- La inspección visual de campo realizada en el distrito de San Isidro, permitió identificar asentamientos de hasta 15 cm cerca del borde del acantilado, frente a los parques Mahatma Gandhi, Bernales y Grecia. Estos desplazamientos podrían estar vinculados a procesos iniciales de asentamiento o reflejar condiciones locales que requieren seguimiento, sin descartarse la posibilidad de una evolución hacia condiciones de inestabilidad superficial.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda no saturar las zonas que presentan asentamiento en el borde del acantilado de la Costa Verde, ya que en estas áreas se ha observado que el material presenta pérdida de resistencia y aumenta el riesgo de deslizamientos o colapsos.
- Verificar el estado estructural de la geomalla instalada en el borde del acantilado, evaluando si presenta deformaciones, pérdidas de anclaje o discontinuidades.

REFERENCIAS

- Bernal, I., Tavera, H., Sulla, W., & Salas., J. (2021). Evaluación geofísica de los acantilados de la Costa Verde - Distrito de San Isidro (Informe Técnico N°033-2021). INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ, Lima, Perú.
- Coduto, D. P. (2001). *Foundation design: Principles and practices* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Corominas, J., van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J.-P., Fotopoulou, S., Catani, F., Van Den Eeckhaut, M., Mavrouli, O., Agliardi, F., Pitolakis, K., Winter, M. G., Pastor, M., Ferlisi, S., Tofani, V., Hervás, J., & Smith, J. T. (2013). Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of Eng. Geol. and Env.* Doi:10.1007/s10064-0130538-8 Guanwen Huang, 2023
- Das, B. M. (2010). *Principles of geotechnical engineering* (7th ed.). Cengage Learning.
- El Comercio Perú, N. (2019, diciembre 19). Costa Verde, escenario de constantes derrumbes y deslizamientos de piedras. *El Comercio Perú*. <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/costa-verde-escenario-de-constantes-derrumbes-y-deslizamientos-de-piedras-cronologia-noticia/>
- Gray, D. H., & Sotir, R. B. (1996). *Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: A practical guide for erosion control*. John Wiley & Sons.
- Hackl, J., Adey, B. T., Woźniak, M., & Schümperlin, O. (2018). Use of unmanned aerial vehicle photogrammetry to obtain topographical information to improve bridge risk assessment. *Journal of Infrastructure Systems*, 24(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)is.1943-555x.0000393](https://doi.org/10.1061/(asce)is.1943-555x.0000393)
- INGEMMET. (2023). *Caracterización geológica, hidrogeológica, evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa e identificación de zonas de depósitos antropogénicos en la Costa Verde. Distritos Barranco, Chorrillos, Miraflores, San Isidro, Magdalena del Mar, San Miguel, provincia y departamento de Lima*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7351, 356 p.

- Kariminejad, N., Jafari, M., Domazetović, F., & Quesada-Román, A. (2024). An overview of the importance of DEM resolution in soil erosion assessment. *Papers in Applied Geography*, 10(3), 207–216. <https://doi.org/10.1080/23754931.2024.2341165>
- Lague, D., Brodu, N., Leroux, J., 2013. Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: Application to the Rangitikei canyon (N-Z). *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 82, 10–26. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.04.009>
- Luhman, T., Robson, S., Kyle, S., & Harley, I. (Eds.). (2006). *Close Range Photogrammetry Principles, Techniques and Applications*. Whittles.
- 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), 2870. <https://doi.org/10.3390/rs15112870>
- Orduña J. (2019). "Fundamentos y aplicaciones del Posicionamiento Puntual Preciso (PPP: Precise Point Positioning)," Universidad de Salamanca, 2019.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2024, junio). Pronóstico climático mensual: julio 2025. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-climatico&pro=mensual>
- Tavera, H. & Instituto Geofísico del Perú. (2025). SISMO DEL CALLAO DEL 15 DE JUNIO, 2025 (M6.1) y NIVELES DE SACUDIMIENTO DEL SUELO. En <https://repositorio.igp.gob.pe/server/api/core/bitstreams/e5cfd5d5-5539-4947-bd5d-21dffa38d2c8/content> (N.o 015-2025/IGP).
- Ubillus, L. (2024, abril 14). Temblor en Lima: deslizamiento de rocas en la Costa Verde se produjo tras movimiento telúrico. *La República.pe*. <https://larepublica.pe/sociedad/2024/04/14/temblor-en-lima-deslizamiento-de-rocas-en-la-costa-verde-se-produce-tras-movimiento-telurico-428106>

