



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

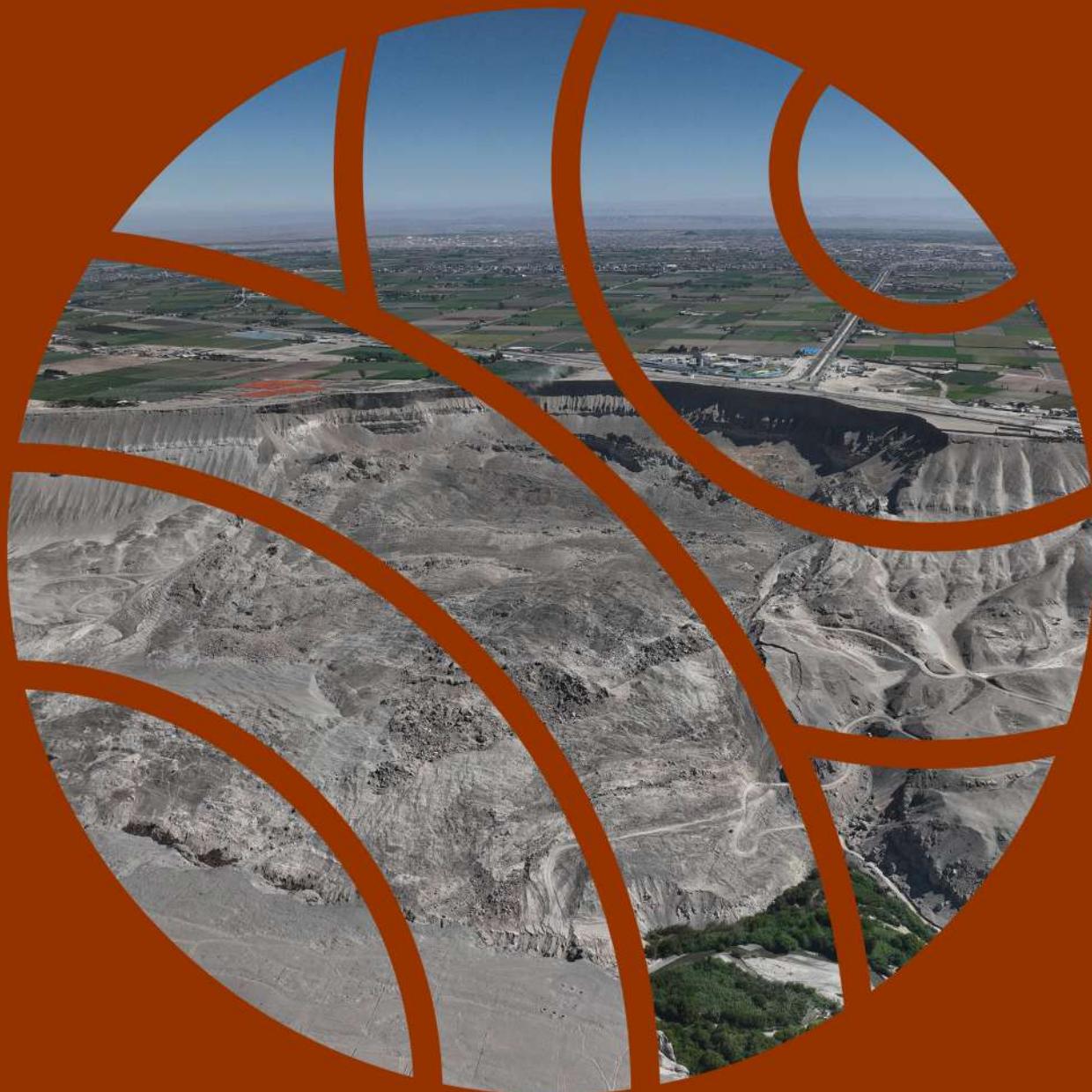


Instituto  
Geofísico  
del Perú

# GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO DEL ALTO SIGUAS

(Distrito de Majes, Provincia de Caylloma, Región Arequipa)

Informe Técnico n.º 019-2025/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima-Perú  
Julio, 2025

# CRÉDITOS

Juan Carlos Castro Vargas  
**Ministro del Ambiente**

Hernando Tavera  
**Jefe institucional del IGP**

Juan Carlos Gómez  
**Director de la Dirección de Ciencias de la Tierra Sólida del IGP**

Geodinámica del deslizamiento del Alto Siguas  
(Distrito de Majes, Provincia de Caylloma, Región Arequipa)  
**Informe técnico**

Mariana Vivanco  
Juan Carlos Gómez  
**Autores**

Hernando Tavera  
Jorge Concha  
**Edición de contenido**

Jorge Concha  
**Diseño y diagramación**

Este informe ha sido elaborado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP)  
Calle Badajoz 169, Mayorazgo, Ate, Lima  
Teléfono: +5113172300

Accede libremente al Repositorio Geofísico Nacional (REGEN) para descargar este informe:  
<https://repositorio.igp.gob.pe/>



**REGEN**

Lima, julio de 2025

**Programa Presupuestal 068**  
REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
POR DESASTRES

ESTUDIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

**Actividad**

Desarrollo de estudios para establecer el riesgo a nivel territorial



# GEODINÁMICA DEL DESLIZAMIENTO DEL ALTO SIGUAS

(Distrito de Majes, Provincia de Caylloma, Región Arequipa)



Lima, Perú  
Julio de 2025

# RESUMEN

La inspección técnica del deslizamiento del Alto Siguas-Majes (región Arequipa) permitió identificar el desarrollo de un proceso de reactivación geodinámica en el lado derecho del cuerpo principal, evento que afecta a una superficie aproximada de 1.22 hectáreas. Durante el proceso se han formado grietas paralelas al escarpe principal y hundimientos que produjeron la afectación de áreas agrícolas productivas. La zona activa del deslizamiento está conformada por materiales poco consolidados (conglomerados y arenas con matriz erosionable), lo que permite la infiltración continua de agua de regadío que favorece a la saturación del terreno; sumado a ello, los escarpes pronunciados y pendientes críticas producen el avance retrogresivo del movimiento en masa. La cartografía y la fotogrametría empleada en el área de estudio permitieron identificar un movimiento en masa activo y con potencial a evolucionar en el tiempo; por ello, es necesario realizar estudios que permitan su monitoreo temporal.

# CONTENIDO

- 5** Resumen
- 8** Introducción
- 8** Ubicación
- 8** Antecedentes
- 9** Metodología
- 10** Geología y geomorfología
  - 10** Geología local
  - 11** Geomorfología local
- 12** El deslizamiento de Alto Siguas (junio de 2025)
  - 12** Reactivación del flanco derecho del deslizamiento
- 14** Factores que controlan el deslizamiento
- 16** Conclusiones
- 17** Recomendaciones
- 18** Referencias



Deslizamiento de Alto Siguas en la región Arequipa.

# 1. Introducción

La Municipalidad Distrital de Majes solicitó apoyo técnico al Instituto Geofísico del Perú (IGP), a través del Oficio n.o 146-2025-A/MDM, debido a que durante los meses de mayo y junio de 2025 se evidenció una nueva fase de reactivación del flanco derecho del deslizamiento local. Las primeras manifestaciones fueron la formación de grietas superficiales como indicadores de procesos de subsidencias y desplazamientos progresivos, que afectaron tanto al terreno natural como a las áreas agrícolas de las parcelas de la Comisión de Usuarios 3R-P1 El Alto.

A fin de evaluar los escenarios, se realizó la visita técnica de campo, juntamente con el personal de la oficina de Gestión del Riesgos de Desastres de la Municipalidad Distrital de Majes. De esta manera, se llegó a identificar y delimitar las zonas afectadas, así como determinar los factores que controlan la ocurrencia de estos eventos. El presente informe se pone a disposición de las autoridades y tomadores de decisiones para ejecutar las medidas correctivas en el marco de la Gestión del Riesgo de Desastres y salvaguardar la seguridad física de la población del distrito de Majes.

## 1.1 Ubicación

La zona de estudio se ubica en el flanco derecho del deslizamiento de Alto Siguas, en el distrito de Majes, provincia de Caylloma, región Arequipa, en la margen derecha del valle del río Siguas (Figura 1). Esta área forma parte del ámbito de influencia del proyecto de irrigación Majes-Siguas I. El área afectada corresponde a una zona agrícola, ubicada a escasos metros del centro poblado Alto Siguas, accesible desde la carretera Panamericana Sur.

## 1.2 Antecedentes

Desde el inicio del Proyecto Majes-Siguas I en 1983, la infiltración masiva de agua ha provocado el ascenso del nivel freático. A partir de 1996, comenzaron a presentarse indicadores de inestabilidad en la zona de Alto Siguas; por ejemplo, en Pachaquí se produjeron filtraciones de agua subterránea que afectaron la productividad agrícola, seguidas por la aparición de fisuras en el talud y en la plataforma vial.

En abril de 1999 se produjo el primer

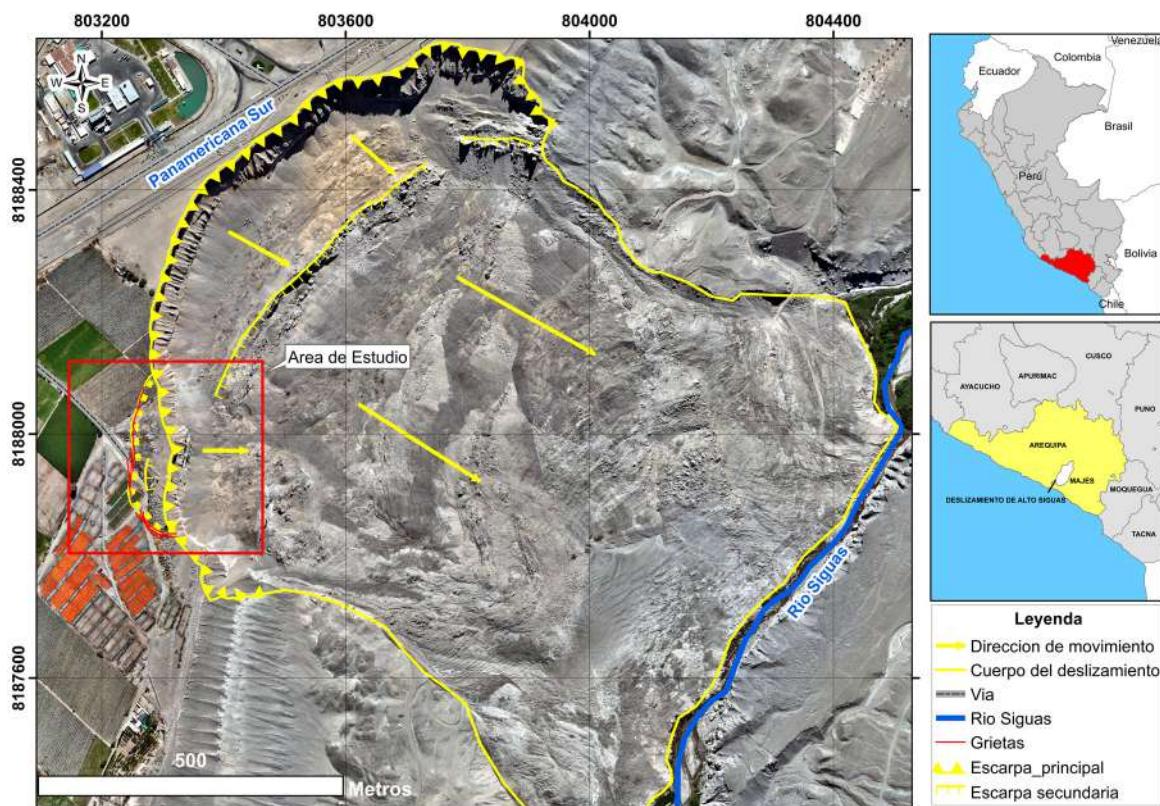


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio. El polígono en rojo señala el área activada (junio de 2025). Fuente: IGP.

deslizamiento importante, que interrumpió el canal de riego principal y afectó viviendas y vías de comunicación. Este escenario se agravó en julio del mismo año, intensificando los daños a la infraestructura agrícola. En junio de 2003 ocurrió un deslizamiento de mayor magnitud en el cauce del río Siguas, lo que generó un embalse e inundación de predios agrícolas aguas arriba, ocasionando la pérdida de aproximadamente 20 hectáreas (Toledo et al., 2007).

Eventos similares se repitieron en 2004 y 2005, lo que causó embalses temporales, pérdida de terrenos agrícolas y afectación ganadera. En paralelo, en agosto de 2005, se activó un nuevo deslizamiento en El Zarzal, con la apertura de una grieta de gran longitud que evolucionó rápidamente hacia un deslizamiento rotacional activo que afectó un área de más de 40 hectáreas.

Recientemente, durante los meses de mayo y junio de 2025, se ha evidenciado una nueva fase de reactivación en el flanco derecho del deslizamiento, manifestada inicialmente por grietas superficiales que desencadenaron hacia subsidencias y desplazamientos progresivos que afectaron tanto al terreno natural como a áreas agrícolas.

Esta situación confirma la persistencia del proceso de inestabilidad y subraya la necesidad de una evaluación técnica continua y medidas de monitoreo.

## 1.3 Metodología

La metodología empleada para la caracterización y análisis de la reactivación del flanco derecho del deslizamiento de Alto Siguas ha incluido actividades de gabinete y trabajo de campo que integraron herramientas geoespaciales, cartografía y observaciones directas.

### 1.3.1 Cartografía de campo

Durante la inspección en campo se realizó el levantamiento geológico, geomorfológico y geodinámico de la zona afectada por la reactivación del deslizamiento. El cartografiado incluyó las siguientes tareas:

- Delimitación del área reactivada mediante el uso de GPS.
- Identificación y mapeo de grietas (rumbo, longitud, profundidad y apertura), escarpes

secundarios, zonas de subsidencia y áreas con evidencia de deformación activa.

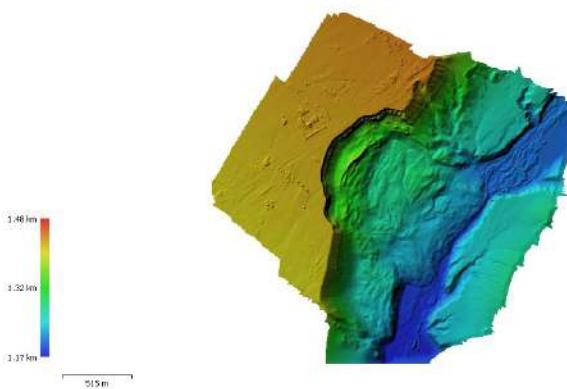
- Reconocimiento litológico superficial, diferenciando unidades como conglomerados con matriz arenosa, tufos volcánicos y arenas poco consolidadas.
- Registro de zonas con presencia de humedad y evidencias de filtración, las cuales son indicadores relevantes de condiciones geotécnicas desfavorables.

La información obtenida fue posteriormente integrada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que permitió generar mapas temáticos que representan la extensión de la reactivación, los rasgos estructurales, geológicos y geomorfológicos asociados, y las condiciones superficiales actuales.

### 1.3.2 Procesamiento de ortofoto y modelo digital de elevación

Como insumo principal para el análisis geomorfológico del área de estudio, se emplearon productos cartográficos generados mediante levantamiento fotogramétrico con dron, específicamente una ortofoto de alta resolución (8.6 cm/píxel) y un modelo digital de elevación (DEM, por sus siglas en inglés) (17.2 cm/píxel), lo cual permitió realizar las siguientes actividades (Figura 2):

- Identificar zonas con pendiente crítica y acumulación de materiales.
- Generar perfiles topográficos útiles para la interpretación de la dinámica del deslizamiento.



**Figura 2.** Modelo de elevación digital del área de estudio.  
Fuente: IGP.

## 2. Geología y geomorfología

### 2.1 Geología local

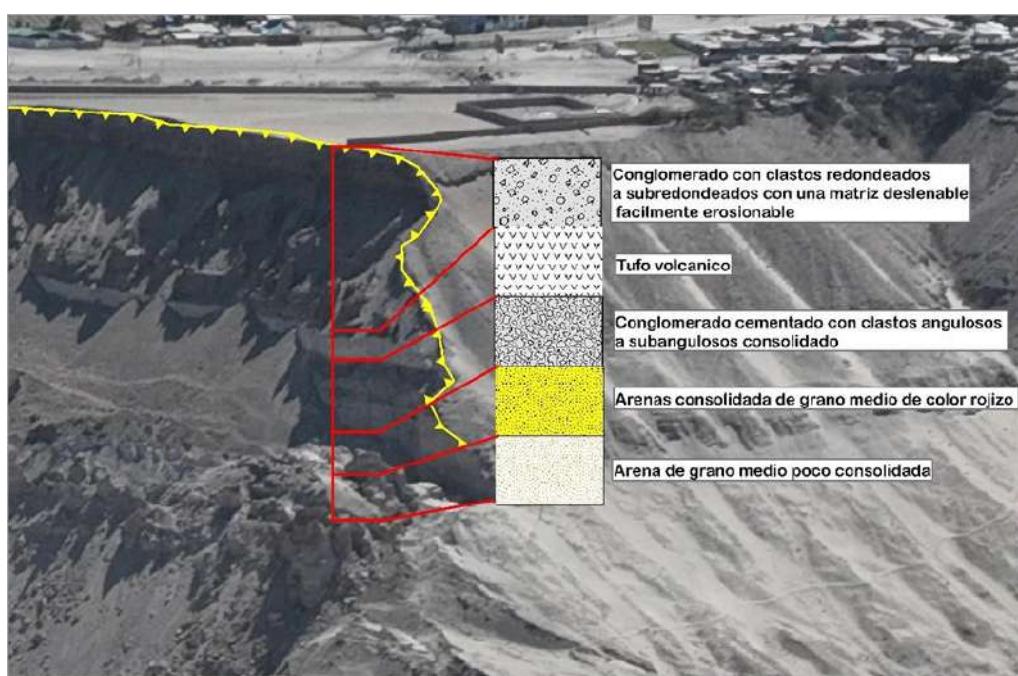
La configuración geológica del sector afectado está conformada por una secuencia litológica compleja, predominantemente constituida por materiales poco consolidados y de baja resistencia al corte. Desde la parte superior del talud se identifican conglomerados con una matriz de arena deleznable fácilmente erosionable, seguidos por un nivel de tufo volcánico, un estrato intermedio de conglomerado cementado y capas de arenas de consolidación variable, las cuales se encuentran intercaladas en profundidad (Figura 3). Esta disposición estratigráfica revela una marcada heterogeneidad vertical en cuanto a resistencia y permeabilidad. Las formaciones geológicas presentes corresponden principalmente a la Formación Millo y a la Formación Moquegua Superior.

En conjunto, el perfil geológico evidencia una configuración desfavorable (altamente susceptibles a la erosión), con materiales sueltos sobre substratos más competentes que generan contrastes de rigidez que favorecen la concentración de esfuerzos y la aparición de superficies potenciales

de falla. La disposición de las unidades, junto con las condiciones de saturación observadas, contribuye a una condición geológica inestable, especialmente en los niveles superiores e intermedios del talud. Ver Tabla 1.

**Tabla 1.** Análisis de los estratos.

Estrato	Zona crítica	Comportamiento geotécnico
Conglomerado con clastos redondeados a subredondeados con una matriz arenosa deleznable	Alta	Baja cohesión, alta infiltración, propenso a deslizarse.
Tufo volcánico, medianamente consolidado	Parcial	Competente, pero puede fallar si está meteorizado o saturado; asimismo, puede comportarse como una superficie de debilidad estructural que facilite la propagación de planos de deslizamiento.
Conglomerado cementado, consolidado	Parcial	Muy competente, pero puede comportarse como una superficie de deslizamiento de existir unidades menos competentes superiores o puede fallar si está meteorizado o saturado.
Arena consolidada de grano medio, color rojizo	Moderada	Baja cohesión, comportamiento estable en condiciones secas, pero pierde resistencia al encontrarse saturada prolongadamente, lo cual aumenta el riesgo de deslizamiento.
Arena de grano medio poco consolidada	Crítica	Alta permeabilidad, cohesión y resistencia al corte baja. Constituye la zona de mayor criticidad, ya que puede comportarse como una superficie de deslizamiento de los estratos superiores.



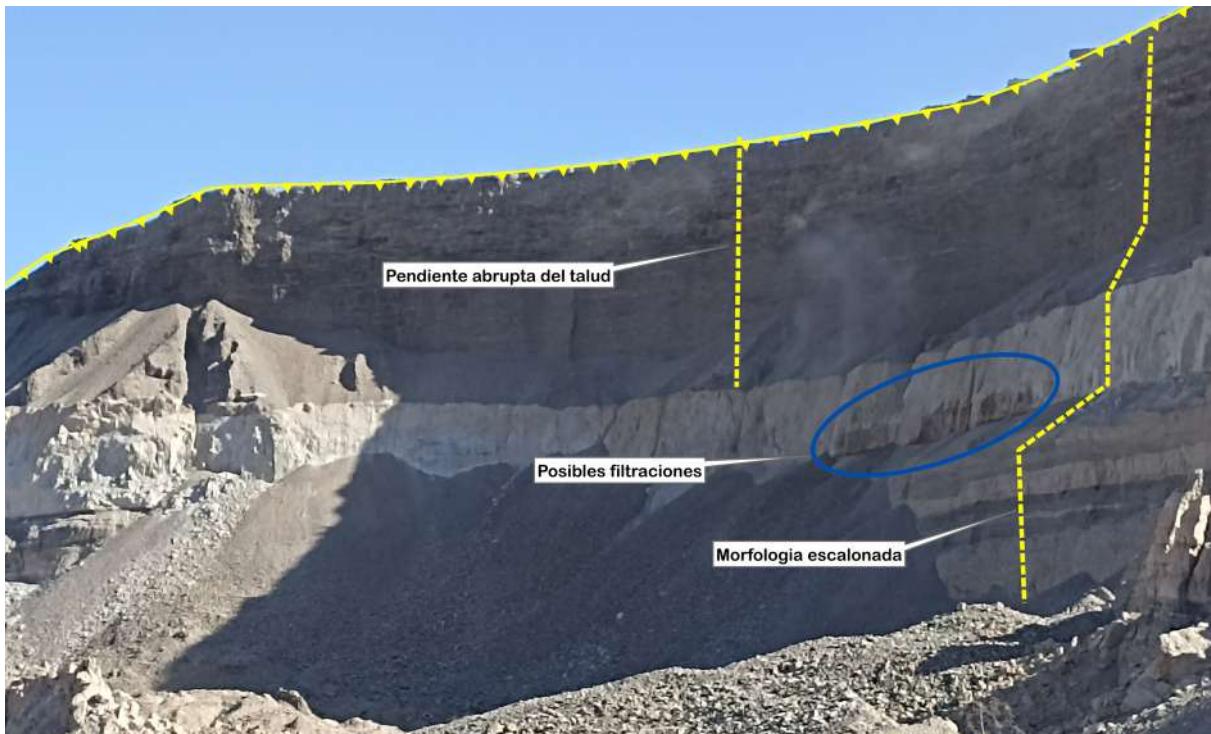
**Figura 3.** Configuración estratigráfica del talud del flanco izquierdo del deslizamiento del Alto Siguas.

## 2.2 Geomorfología local

La zona afectada se caracteriza geomorfológicamente por presentar un relieve fuertemente disectado, con la presencia de pendientes abruptas y superficies irregulares, propias de zonas sometidas a procesos de remoción en masa. El talud muestra una morfología

escalonada, con tramos donde predominan escarpas, bloques desplazados y depresiones locales, asociados a antiguos movimientos del terreno.

La geometría del terreno y la configuración del relieve contribuyen a mantener condiciones de inestabilidad latente, lo que favorece a procesos de reactivación. Ver Figura 4.



**Figura 4.** Zona activa (junio de 2025) donde se evidencia la verticalidad de la pendiente y la morfología escalonada, así como también la presencia de posibles infiltraciones (círculo azul).

### 3. El deslizamiento de Alto Siguas (junio de 2025) .....

El deslizamiento de Alto Siguas continúa en evolución activa, con la presencia de escarpes, deformaciones del terreno, subsidencias (hundimientos del terreno) y evidencia clara de un colapso progresivo de materiales (clastos y arenaslimos). Los factores detonantes siguen vigentes: infiltración continua desde zonas de cultivo superiores y ausencia de sistemas de drenaje que alivien la presión intersticial. Infraestructuras como la Panamericana Sur, viviendas y terrenos agrícolas aún productivos, se encuentran dentro del radio de afectación directa.

En la actualidad, aunque en ciertos sectores se ha alcanzado una aparente estabilidad temporal, las condiciones, como la infiltración de aguas de regadío, podrían generar posteriores reactivaciones.

#### 3.1 Reactivación del flanco derecho del deslizamiento

Durante la inspección de campo realizada en el sector de Alto Siguas, se identificó la reactivación del flanco derecho del deslizamiento principal, la cual compromete una superficie aproximada de 1.22 hectáreas. La zona afectada se sitúa en la margen derecha del cuerpo principal del deslizamiento, en una región donde previamente no se habían registrado deformaciones de magnitud significativa. No obstante, la observación en campo permitió constatar la presencia de grietas múltiples y hundimientos localizados (Figura 5).

##### 3.1.1 Características de la deformación

El escarpe principal tiene una longitud aproximada de 312 metros y sobre su superficie se identificó la presencia de grietas con rumbo promedio N10°E, es decir, paralelas al escarpe principal. Estas grietas tienen un ancho promedio de 30 cm, y



**Figura 5.** Fotografía panorámica de perfil del deslizamiento de Alto Siguas-Majes. En el polígono en rojo se observa la constante caída de materiales.

en algunos sectores alcanzan profundidades que superan de 1.5 a 2.0 metros y longitudes variables que indican una deformación progresiva.

La orientación paralela de las grietas sugiere una reactivación controlada estructural y posiblemente vinculada a esfuerzos tensionales resultantes de la pérdida progresiva del soporte en la parte superior del talud, lo que genera esfuerzos que inducen separación entre bloques aún no completamente movilizados. El patrón observado coincide con una nueva etapa de evolución retrogresiva del deslizamiento.

En los cultivos se puede apreciar que el hundimiento

del terreno afectó aproximadamente 836 m<sup>2</sup> de sembríos de cochinilla. Esta situación confirma un avance activo del proceso de colapso, con consecuencias directas sobre la productividad agrícola y el uso del suelo.

La aparición de escarpas secundarias, hundimientos y grietas alineadas es un indicador de inestabilidad activa y debe considerarse como un nuevo frente de deformación inicial, el cual puede evolucionar hacia movimientos de mayor magnitud si no se implementan medidas de control y monitoreo. La afectación directa a cultivos, sumada a la cercanía de nuevas áreas de cultivo intensivo, aumenta el riesgo potencial (Figura 6).



**Figura 6.** Mapeo geológico, estructural y geomorfológico de la reactivación del flanco derecho del deslizamiento del Alto Siguas.

## 4. Factores que controlan el deslizamiento

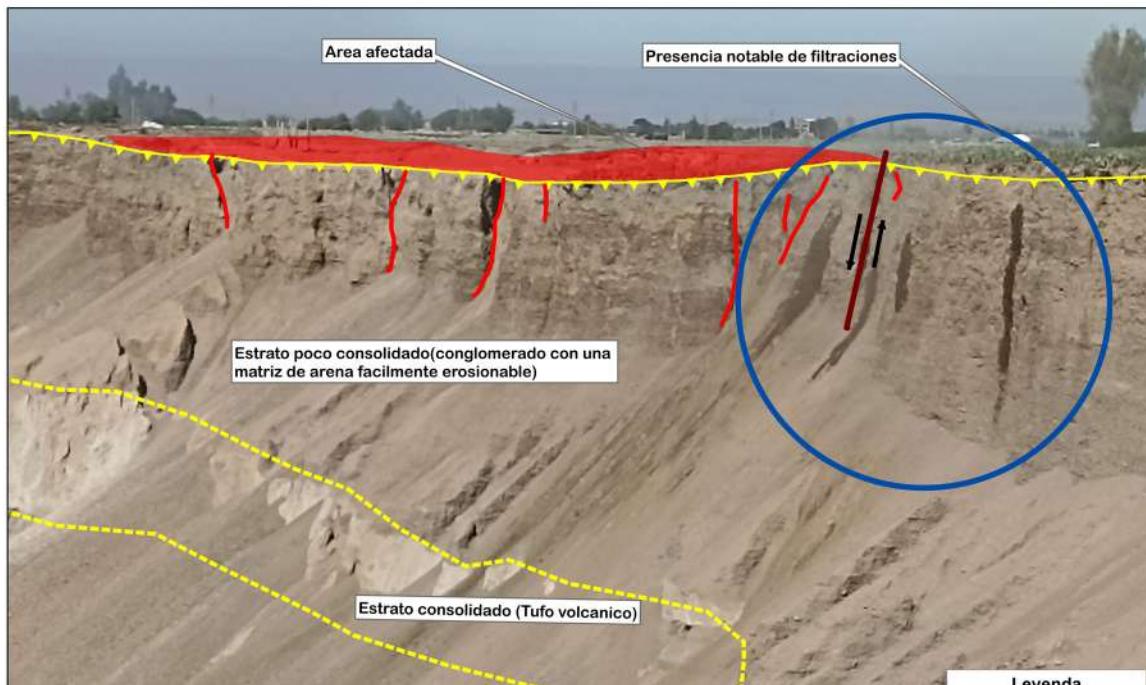
Los recientes deslizamientos producidos en el flanco derecho del escarpe fueron el resultado de una interacción entre las condiciones geológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas y factores antrópicos que han alterado progresivamente el equilibrio del terreno.

Desde el punto de vista geológico, en la zona afectada afloran en superficie materiales poco competentes, como el conglomerado con una matriz arenosa de leznable de baja cohesión y alta permeabilidad. Por debajo, se disponen materiales más competentes, como el tufo volcánico y el conglomerado cementado, los cuales se encuentran sobre un estrato de arena consolidada que sobreyace a un estrato de arena poco consolidada, ambos con alta permeabilidad y baja cohesión, lo que los convierte en zonas críticas en condiciones de saturación (infiltración de aguas superficiales). Esta disposición estratigráfica configura un perfil

con marcados contrastes de rigidez, en cuyos contactos litológicos pueden generarse superficies de deslizamiento internas. Además, bajo condiciones de infiltración prolongada, es posible que se desarrolle un fracturamiento progresivo e, incluso, el desplazamiento parcial de los estratos más competentes, lo que favorece a la evolución de un futuro deslizamiento.

La topografía del deslizamiento, principalmente el corte de la escarpa, es casi vertical e incrementa la probabilidad de generación de grietas tensionales y avance retrogresivo de la escarpa. Esta geometría del talud es el resultado de asentamientos previos, erosión y fracturamiento local.

En cuanto a la intervención humana, el riesgo se incrementa con la expansión agrícola, construcción de canales, caminos, cultivos sobre laderas inestables y el riego en la Pampa de Majes con módulos superiores al valor oficial de 0.577 l/s/ha, establecido por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), llegando incluso a utilizarse 0.75 l/s/ha y hasta 1.0 l/s/ha. El uso excesivo de agua durante el regadío ha provocado la infiltración permanente en los suelos favoreciendo su saturación y el desarrollo de condiciones críticas para la inestabilidad de las laderas, especialmente en la margen derecha del valle del río Siguas.



**Figura 7.** Condición actual del deslizamiento de Alto Siguas-Majes. Se evidencian infiltraciones en el terreno por aguas superficiales (regadío), señaladas en el círculo azul, y escarpas generadas por la activación del deslizamiento, así como los estratos que lo conforman.

Durante el trabajo de campo se ha evidenciado la presencia de filtraciones de agua justo por debajo de la escarpa principal del deslizamiento, en la zona actualmente activada. Esta condición sugiere la posible infiltración de agua que incrementaría la presión de poros y, en consecuencia, favorecería

a la pérdida progresiva de resistencia del suelo al corte cerca del talud, particularmente en aquellos de baja cohesión. Las filtraciones observadas refuerzan la hipótesis de saturación parcial del terreno como factor clave en la activación del movimiento. Ver Figuras 7 y 8.



**Figura 8.** Evidencia de zonas de regadío no controlado que genera la infiltración en el terreno y, por consiguiente, la activación del deslizamiento.

# Conclusiones .....

- El flanco derecho del deslizamiento de Alto Siguas presenta condiciones geomorfológicas y geológicas que la hacen altamente susceptible a procesos de remoción en masa. La presencia de pendientes verticales, morfología escalonada, materiales poco consolidados (conglomerados y arenas) y escarpas activas indica que el terreno se encuentra en un estado de condición de inestabilidad latente, con alta probabilidad de nuevas reactivaciones.
- Se ha evidenciado la presencia de filtraciones de agua justo en el flanco derecho del deslizamiento, lo cual sugiere la acumulación y saturación de los suelos. Esta condición favorece el incremento de la presión de poros y la consecuente reducción de la resistencia al corte del terreno, actuando como un factor detonante del movimiento. Esta deficiente gestión del recurso hídrico en zonas de cultivo acrecienta el estado de inestabilidad.
- La activación detectada compromete un área aproximada de 1.22 hectáreas, y se manifiesta mediante la presencia de grietas tensionales profundas, escarpas secundarias y hundimientos con geometría de falla normal, lo cual afecta directamente a terrenos agrícolas en uso. Este evento representa un avance progresivo del proceso de inestabilidad general del deslizamiento de Alto Siguas y evidencia la necesidad de establecer mecanismos de monitoreo geotécnico y de intervención estructural para evitar mayores impactos sociales, económicos y ambientales en el área.

# Recomendaciones .....

- Implementar una red de estaciones GNSS en sectores críticos para el monitoreo en tiempo real de desplazamientos. Esto permitirá estimar la tasa y dirección del desplazamiento de los materiales que conforman el deslizamiento en zonas activas y aparentemente estables.
- Ejecutar campañas de tomografía de resistividad eléctrica (ERT) y radar de penetración terrestre (GPR) para definir la geometría del plano de ruptura y zonas saturadas.
- Continuar con los ensayos geotécnicos programados y ampliarlos hacia este sector.
- Aplicar modelos numéricos de estabilidad con software especializado, incluyendo análisis de sensibilidad y simulación de escenarios bajo diferentes condiciones de saturación.
- Implementar un plan de gestión integrada del agua que asegure el cumplimiento del módulo de riego oficial (0.577 l/s/ha) y, de este modo, reducir pérdidas en la red. Asimismo, capacitar a los usuarios en prácticas eficientes.
- Prohibir el uso agrícola intensivo y nuevas urbanizaciones en zonas clasificadas como inestables.

## Referencias .....

- Toledo, H., & Ticona, T. (2007). *Plan de mitigación de los deslizamientos producidos por efecto de la saturación en los terrenos de la irrigación Majes* (Segunda Especialidad en Gestión para la Prevención y Atención de Desastres y Desarrollo Sostenible). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Flosolutions. (2019). *Estudio hidrogeológico de la Pampa de Majes* (Informe técnico). Arequipa, Perú.

# Información clave para tí

Puedes consultar, descargar y compartir desde el Repositorio Geofísico Nacional (REGEN) los diferentes **reportes**, **boletines** e **informes** que genera el IGP.

**RECUERDA:** La Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) se fundamenta en la investigación científica. El IGP es una entidad líder en la generación de conocimiento científico en el país.



REGEN



