



INFORME TÉCNICO

Código: F-GAA-SIATA-137

Versión: 01

Fecha: 2024-06-21

Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá

Proyecto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá
Contrato 016 de 2024

Medellín, 3 de septiembre de 2024

Asunto: Afectaciones por inestabilidad del terreno en el barrio Prado Campestre, corregimiento de San Antonio de Prado

1. Contexto

En las actividades de investigación del equipo de geotecnia del proyecto SIATA se ha aplicado la técnica Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR). Esta técnica calcula desplazamientos en línea de vista del sensor a escala milimétrica del terreno entre dos o más imágenes satelitales SAR. Con el uso de esta técnica se han identificado desplazamientos del terreno en diversas zonas del Valle de Aburrá, algunas de las cuales han sido validadas con recorridos de campo.

En la cuenca de la quebrada La Mauala, sector Prado Campestre (dirección de referencia Cra. 78A #52 sur -76), corregimiento de San Antonio de Prado, se han identificado desplazamientos del terreno con InSAR. Durante la validación con recorridos de campo y sobrevuelos con drones, se han identificado evidencias de deformación del terreno como agrietamientos y escarpes de deslizamientos, así como graves afectaciones a múltiples edificaciones residenciales y vías de acceso.

2. Resultados InSAR

Los satélites con sensores SAR orbitan de norte a sur (trayectoria descendente) y de sur a norte (trayectoria ascendente), apuntando hacia un lado para registrar la superficie terrestre de manera oblicua. Debido a esta visión oblicua, los análisis multi-temporales InSAR deben realizarse en cada trayectoria, ya que algunos movimientos en masa no son detectables en ambas trayectorias. Solo los movimientos en masa grandes y lentos (en el rango de centímetros por año) son detectables con InSAR. Además, en zonas con cobertura vegetal densa no es posible

Teléfono: (604) 403 88 70 | Correo: contacto@siata.gov.co

Torre SIATA: Calle 50 # 71-147 | Sede Investigación y Desarrollo: Cra. 48a # 10 Sur -123, Medellín - Colombia

[f](#) [t](#) [i](#) [y](#) [v](#) @areametropol @siatamedellin | www.metropol.gov.co www.siata.gov.co

calcular el desplazamiento del terreno debido a una baja coherencia o nivel de similitud necesaria entre dos imágenes SAR para realizar el cálculo.

La Figura 1 muestra los resultados de los análisis de trayectoria ascendente y descendente realizados en el sector Prado Campestre. Se calcularon desplazamientos con imágenes de la misión Sentinel 1 de trayectoria descendente de hasta 0.055 m entre febrero de 2022 y abril de 2024 y de hasta 0.12 m entre septiembre de 2019 y diciembre de 2021. Las áreas sin medición de desplazamiento corresponden a zonas con baja coherencia por cobertura vegetal o desplazamientos rápidos del terreno. Los polígonos de las anomalías InSAR fueron definidos a partir de la inclusión de resultados con coherencias menores al umbral mínimo de coherencia recomendado por investigadores especializados; por esta razón, los límites pueden no corresponder a las zonas de inestabilidad del terreno.

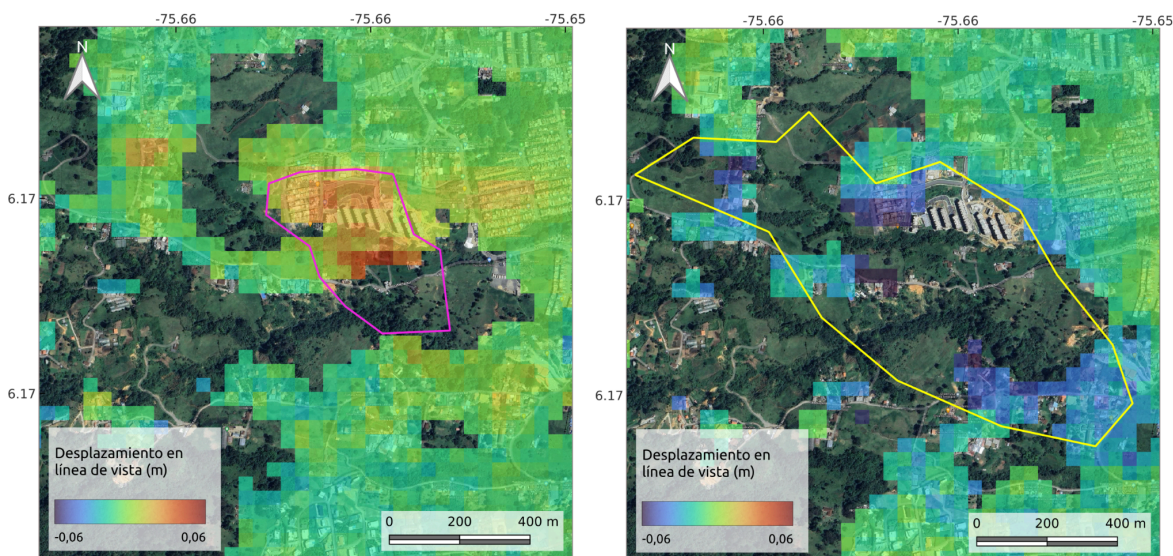


Figura 1. Mapa de desplazamientos acumulados en análisis de trayectoria descendente (izquierda) y ascendente (derecha). Los desplazamientos positivos indican que el terreno se acercó al sensor, mientras que los desplazamientos negativos indican alejamiento. El sensor se encuentra aproximadamente a 45° de inclinación vertical hacia el oriente en trayectoria descendente y al occidente en trayectoria ascendente.

3. Hallazgos en la zona

Ambas zonas con anomalías InSAR incluyen el sector Prado Campestre y la Unidad Residencial Piemonti (Figura 2). Durante validaciones de campo se identificaron agrietamientos en andenes, losas y elementos estructurales en este sector, en mayor medida en edificaciones residenciales de dos y tres pisos del sector Prado Campestre. Se identificaron al menos tres edificaciones residenciales deshabitadas debido a graves patologías estructurales. Por otro lado, en la unidad residencial Piemonti se identificaron grietas y separaciones de dilatación entre elementos estructurales y losas de andenes peatonales (Figura 3).

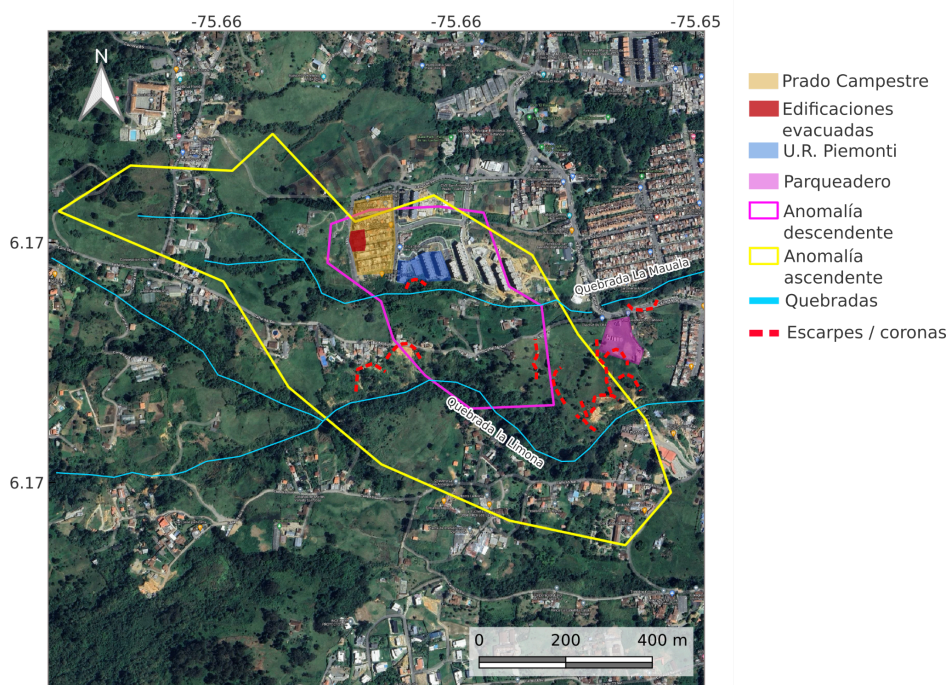


Figura 2. Ubicación de zonas de uso residencial y comercial con afectaciones asociadas a inestabilidad del terreno.

En el parqueadero Los Cañazos (polígono púrpura en Figura 2) se identificaron agrietamientos en forma de herradura con afectaciones al enmallado perimetral de este, asociadas a la corona de un deslizamiento. En el predio vecino al parqueadero, se identificaron escarpes y agrietamientos vinculados aparentemente con deslizamientos (Figura 3). Estas afectaciones se encuentran al interior de la zona de anomalía de trayectoria ascendente, por lo que se considera que los procesos pueden estar asociados a las deformaciones en el sector Prado Campestre.



Figura 3. Fotografía izquierda, patologías estructurales (agrietamientos) en edificación del sector Prado Campestre. Esta y otras dos tres edificaciones contiguas están deshabitadas por riesgo de colapso, mientras que numerosas unidades residenciales vecinas tienen agrietamientos (más de diez), además de agrietamientos en losas de andenes peatonales del caserío. Fotografía derecha, agrietamientos en Unidad Residencial Piemonti.

Adicionalmente, en la calle 56 sur (vía nueva a San Antonio de Prado), a la altura de la entrada al parqueadero Los Cañazos, se evidenciaron deformaciones de la calzada vehicular asociadas a deslizamientos. También se observan procesos de erosión de orilla y deslizamientos en las quebradas La Maua y La Limona, los cuales, por la extensión de las anomalías de deformación InSAR, podrían estar asociadas a las evidencias de inestabilidad mencionados anteriormente.



Figura 4. Fotografía panorámica de drones a deslizamientos y agrietamientos del terreno en el predio adyacente al parqueadero Los Cañazos. Estos deslizamientos depositan material a la quebrada La Limona.

4. Propuesta de monitoreo

Las técnicas InSAR para la detección y monitoreo de movimientos en masa han sido poco aplicadas en Colombia debido a las características ambientales (coberturas vegetales densas y alta nubosidad). Se considera necesario evaluar los resultados de las zonas de deformación identificadas en el Valle de Aburrá, entre estas, el sector Prado Campestre, en la cuenca de la quebrada La Mauala.

Como se presenta en este informe, existen numerosas evidencias de deformación del terreno con afectaciones a edificaciones residenciales, predios comerciales y fuentes hídricas como las quebradas La Mauala y La Limona. Según los resultados, estas deformaciones y afectaciones están relacionadas a un mismo proceso de inestabilidad; sin embargo, para validar estos desplazamientos se debe iniciar el monitoreo geotécnico in situ.

Entre las estrategias de monitoreo se plantea la instalación de instrumentos superficiales y en profundidad. Teniendo en cuenta la instrumentación disponible por el proyecto SIATA, se considera pertinente la instalación de al menos dos (2) acelerómetros estructurales en las edificaciones residenciales del sector Prado Campestre. Adicionalmente, la instalación de dos (2) sensores de humedad en el sector Prado Campestre y sus alrededores con dos objetivos:

1. En investigaciones InSAR realizadas en otras zonas del Valle de Aburrá (sector Ancón Norte, Copacabana) se ha encontrado correlación entre las condiciones hidrometeorológicas y los desplazamientos identificados con la instrumentación geotécnica de SIATA. Estas relaciones entre la humedad del suelo y los desplazamientos InSAR han sido identificadas por otros investigadores alrededor del mundo. Adicionalmente, las edificaciones residenciales con afectaciones se encuentran en el centro del caserío Prado Campestre, zona en la cual se identifica una vaguada de la ladera, lo que podría indicar que las afectaciones están asociadas a una mayor humedad respecto a los extremos del caserío.
2. Robustecer las investigaciones asociadas al plan piloto de la red de sensores humedad, llevado a cabo por el equipo de geotecnia en el corregimiento de San Antonio de Prado.

También se plantea la instalación de al menos un (1) extensómetros y un (1) sensor de humedad en el suelo en el parqueadero afectado presentado en la Figura 2 o en el predio adyacente a este. Este esquema con el fin de relacionar los desplazamientos estimados con InSAR con deformaciones medidas en el terreno con el fin de validar la replicabilidad de la metodología a otras zonas del Valle de Aburrá, así como la detección de movimientos en masa a través de métodos satelitales que permitan emitir alertas tempranas por movimientos en masa.

5. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con la información recopilada con los análisis InSAR, durante los recorridos de campo, y evidenciada mediante sobrevuelos con dron, desde el proyecto SIATA se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones.

- A partir de los resultados de los análisis InSAR, las deformaciones en el terreno, los movimientos en masa y las edificaciones afectadas al interior de las zonas de anomalía evidenciadas en los recorridos de campo, se considera que estas podrían estar asociadas a los mismos procesos de inestabilidad en la ladera. Se considera posible que estas afectaciones pueden evolucionar y afectar en mayor gravedad a otras unidades habitacionales, además, afectar vías vehiculares y los canales de las quebradas La Mauala y La Limona.
- Se recomienda implementar la propuesta de monitoreo planteada, teniendo en cuenta el factor social en la zona, ya que se han presentado múltiples afectaciones a edificaciones residenciales y a predios privados. Respecto al caserío Prado Campestre, este es de acceso público y no cuenta con enrejado para acceder a las edificaciones afectadas, mientras que la Unidad Residencial Piemonti se encuentra enmallada.

- Se recomienda informar al Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres -DAGRD- los hallazgos en el sector Prado Campestre, Urbanización Piemonti, vía vehicular Calle 56 sur, Parqueadero Los Coñazos, sus alrededores y las quebradas La Mauala y La Limona. Adicionalmente, se recomienda al DAGRD evaluar la instalación de instrumentación geotécnica en profundidad en este sitio.

Este informe fue preparado por el equipo de Geotecnia del proyecto SIATA.

Cualquier inquietud será resuelta con gusto.

Alejandro Ospina U

Alejandro Ospina Urán

aospinau@eafit.edu.co

Geólogo del equipo de Geotecnia

Proyecto SIATA - Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Juliana Alvarez Z.

Juliana Álvarez Zapata

jalvarezz@eafit.edu.co

Líder del equipo de Geotecnia

Proyecto SIATA - Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Firma	<i>Alejandro Ospina U</i>		<i>Juliana Alvarez Z.</i>		<i>Lina Ceballos</i>
Elaboró:	Alejandro Ospina U.	Revisó:	Juliana Alvarez Zapata	Aprobó:	Lina I. Ceballos B.
Cargo:	Analista de Geotecnia	Cargo:	Líder de Geotecnia	Cargo:	Coordinadora Técnica Geociencias
Fecha:	16/08/2024	Fecha:	19/08/2024	Fecha:	03/09/2024