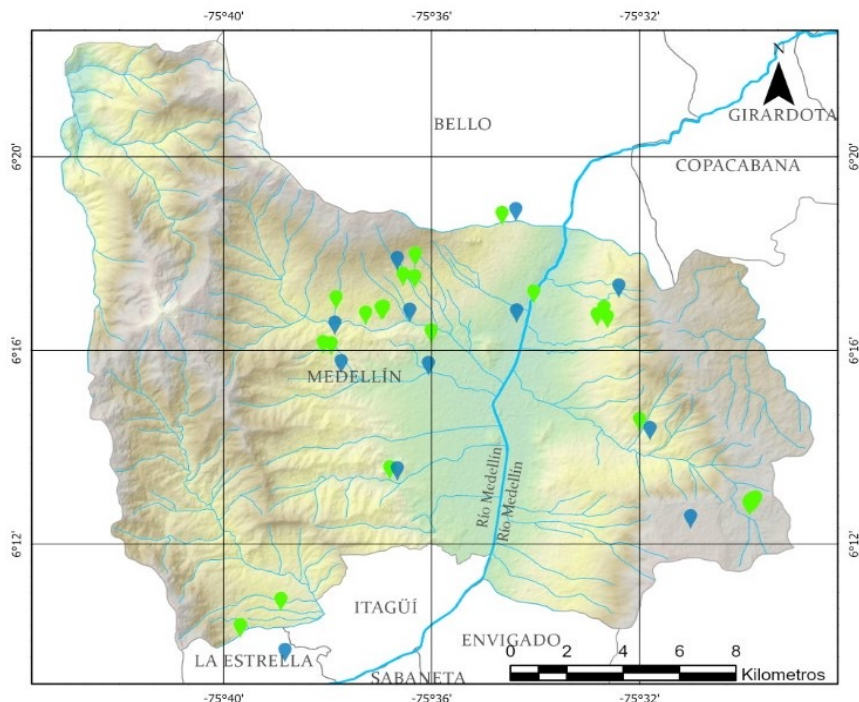


Desde el mes de abril del presente año, el proyecto SIATA monitorea una red de inclinometría convencional en el municipio de Medellín, compuesta por 33 inclinómetros activos. El monitoreo de esta red hace parte un convenio de cooperación entre el Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres (DAGRD) y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA). Algunos instrumentos (9 inclinómetros convencionales) fueron instalados mediante el convenio DAGRD-AMVA y se retomó el monitoreo de instrumentos monitoreados instalados previamente.



● Estaciones pluviométricas SIATA ● Inclinómetros SIATA-DAGRD
— Drenaje

Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado



Los inclinómetros convencionales son instrumentos geotécnicos capaces de medir desplazamientos horizontales del terreno, profundidad, velocidad y dirección de movimiento de estos. El instrumento se compone de una tubería especial, flexible y resistente a las condiciones del suelo, la cual tiene cuatro guías separadas 90° unas de otras, por las cuales se lanza la sonda del equipo de lectura. Esta sonda es capaz de medir la inclinación mediante acelerómetros. Esta sonda se lanza hasta el fondo de la tubería y se toma lectura hacia arriba cada 0.5 m o 1 m, a partir de estas lecturas de inclinación se modela la forma de la tubería y se compara con lecturas periódicas previas.

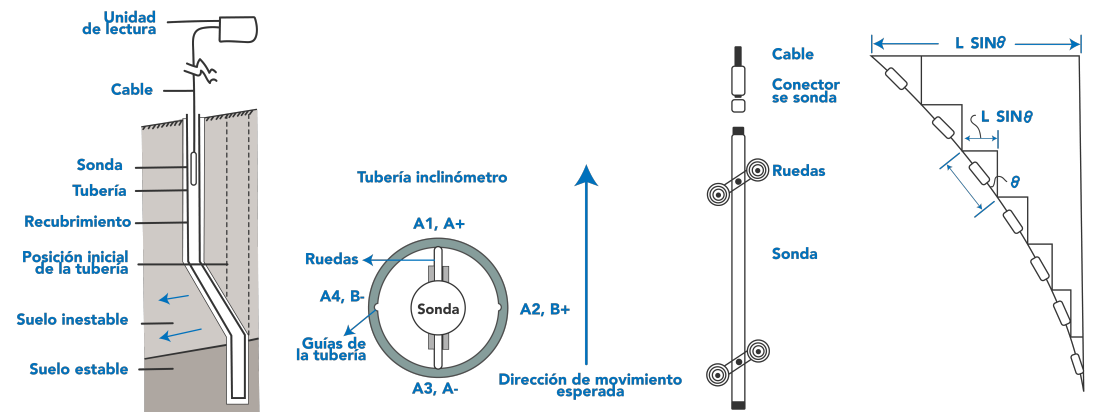


Figura 2. Componentes y esquema de la inclinometría convencional. Figuras adaptadas de Machan y Bennett (2008)

A continuación se muestra un resumen del monitoreo geotécnico de la red de inclinometría convencional (tabla 1), además del reporte geotécnico de cada instrumento monitoreado por el proyecto SIATA en el marco del convenio DAGRD-AMVA.

Tabla 1. Resumen del monitoreo geológico geotécnico de los instrumentos activos de la red de inclinometría convencional.

Ubicación	Fecha línea base	última lectura	Desplazamiento acumulado en mm (+/- 2 mm)	Número de lecturas
La Cascada (SM INC 02)	30/04/2021	23/11/2021	0.51	14
La Cascada (SM INC 03)	04/05/2021	23/11/2021	21.85	14
La Cascada (SM INC 04)	30/04/2021	23/11/2021	3.38	12
La Palma (VLP INC 03)	23/04/2021	18/11/2021	0.68	7
Tanque San Antonio de Prado (VLF INC 01)	27/04/2021	18/11/2021	91.32	17
Tanque San Antonio de Prado (VLF INC 02)	27/04/2021	18/11/2021	76.38	17
Barichara (SAP INC 03)	23/04/2021	4/11/2021	3.25	14
Los Chivos (Los Chivos Inc 1)	11/05/2021	16/11/2021	1.80	15
Calazania (CPA INC 01)	27/04/2021	23/11/2021	11.83	18
Calazania (CPA INC 02)	27/04/2021	8/11/2021	6.19	16
Escombrera San Javier (VLL INC 01)	13/07/2021	23/11/2021	16.64	10
Escombrera San Javier (VLL INC 02)	30/07/2021	23/11/2021	34.21	8
Villa Guadalupe (VG INC 01)	09/07/2021	27/10/2021	1.73	9
Villa Guadalupe (VG INC 02)	09/07/2021	27/10/2021	1.49	9

Ubicación	Fecha línea base	última lectura	Desplazamiento acumulado en mm (+/- 2 mm)	Número de lecturas
Esfuerzos de Paz (Esfuerzos de Paz Inc 1)	03/06/2021	16/11/2021	5.94	13
Brisas del Jardín (Brisas del Jardín Inc 1)	03/06/2021	16/11/2021	32.14	13
San José de la Cima (LG INC 01)	27/04/2021	16/11/2021	5.95	14
Balcones de Jardín (SI INC 01)	27/04/2021	16/11/2021	3.31	15
Santa Elena (SESC INC 01)	29/04/2021	18/11/2021	4.43	13
Santa Elena (SESC INC 02)	29/04/2021	18/11/2021	8.28	13
Santa Elena (SESC INC 03)	30/04/2021	18/11/2021	1.77	12
Santa Elena (SESC INC 04)	30/04/2021	18/11/2021	1.12	11
Santa Elena (SESC INCASEST 01)	29/04/2021	18/11/2021	1.68	12
Santa Elena (SESC INCASEST 02)	30/04/2021	18/11/2021	3.65	13
Santa Elena (SESC INCASEST 03)	30/04/2021	18/11/2021	5.86	12
El Oasis (Oasis Inc 1)	13/05/2021	16/11/2021	24.96	16
Efe Gómez (DO INC 02)	04/05/2021	23/11/2021	6.49	16
La Huerta (AEP INC 01)	04/05/2021	23/11/2021	2.18	13
Todelar (AEP INC 02)	20/05/2021	23/11/2021	3.19	12
Vía San Pedro (Vía San Pero Inc 1)	27/07/2021	11/11/2021	49.66	9
La Honda (VPA INC 01)	25/05/2021	15/10/2021	26.44	12
Leoncito (Leoncito Inc 1)	11/06/2021	23/11/2021	74.98	15



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector Éfe Gómez, noroccidente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional y piezómetros de tubo abierto. En el sitio se encuentran dos inclinómetros y cuatro piezómetros. El inclinómetro DO INC-02 se encuentra activo a una profundidad de 20 m y el DO INC-01 se encontró obstruido a 4 m de profundidad desde el inicio del monitoreo geotécnico. También se monitorea 4 piezómetros instalados, el DO PZ-01 se encontró obstruido, el DO PZ-03 se encontró obstruido el 8 de noviembre de 2021, los piezómetros DO PZ-02 y 04 se encuentran activos.

Estos instrumentos han sido monitoreados periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través de su proyecto SIATA. A la fecha se han realizado 16 lecturas al inclinómetro DO INC-02 en las cuales se pudo registrar un desplazamiento acumulado relativo de 6.49 mm (figura 2 y 3) medido en superficie hacia el suroeste (acimut: 220°), con respecto a la lectura base registrada el día 4 de mayo de 2021. El comportamiento evidenciado durante el monitoreo del inclinómetro DO INC-02 tiende a aumentar a una velocidad constante, en donde la mayor magnitud de desplazamiento se da en superficie hacia el suroeste (figura 3).

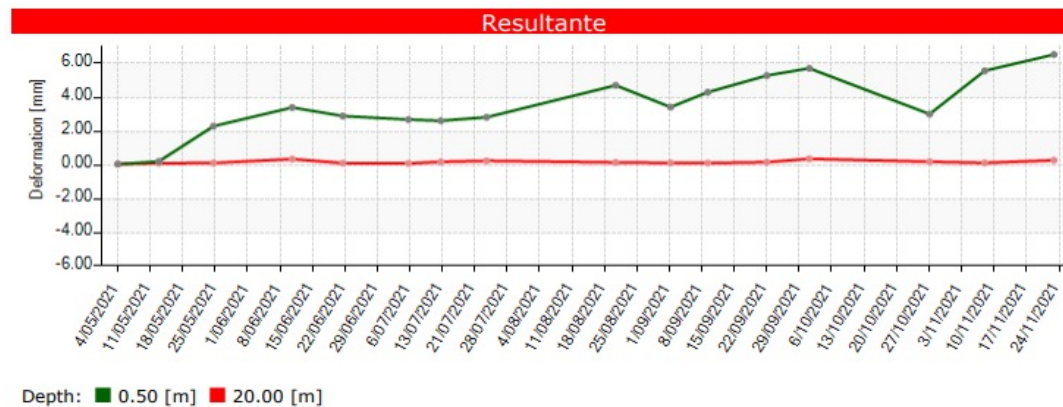


Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 3. Los desplazamientos comienzan al inicio de la tubería (20 m de profundidad actual), registrando el máximo desplazamiento en superficie hacia el suroccidente (azimut: 220°). El monitoreo no ha detectado una superficie de falla clara en la tubería desde el inicio del monitoreo, como se observa en la figura 3.

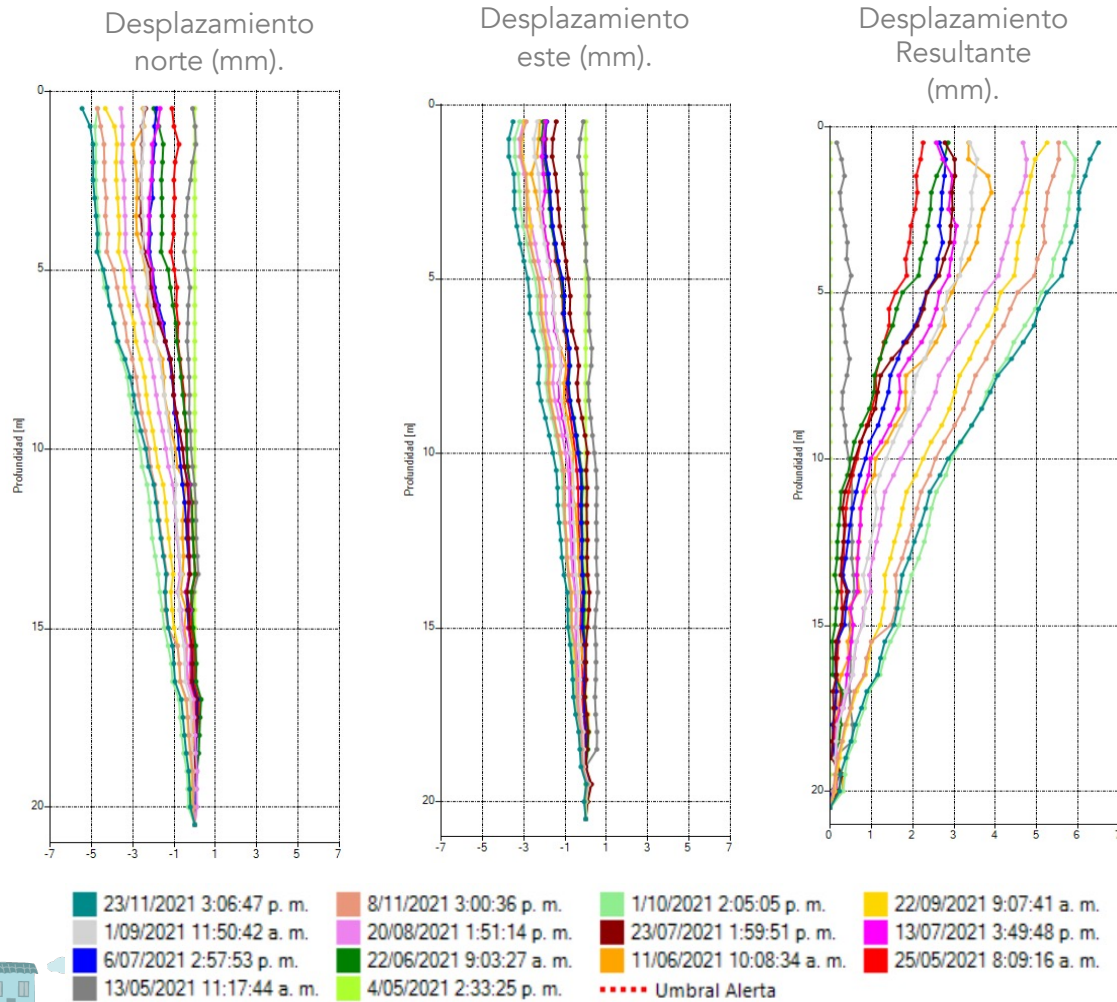
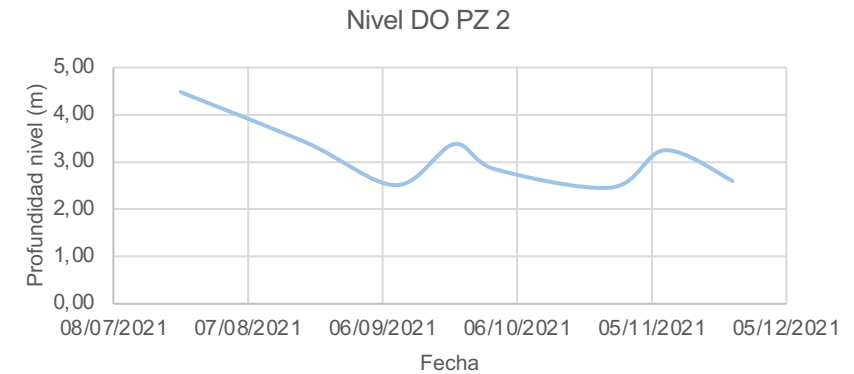
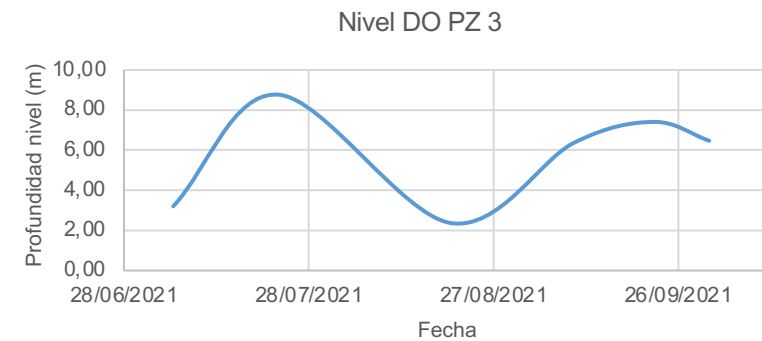


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas.

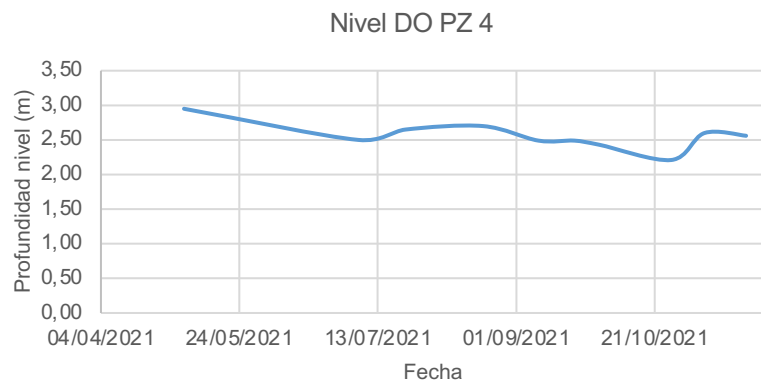
Respecto al monitoreo de los piezómetros, como se menciono anteriormente, de 4 piezómetros instalados uno se encontró obstruido al inicio del monitoreo, el instrumento DO PZ-02 muestra una variación entre 4.48 m y 2.6 m entre el 23 de julio y el 23 de noviembre de 2021.



El instrumento DO PZ-03 muestra una variación entre 8.77 m y 2.37 m entre el 6 de julio y el 1 de octubre de 2021, posteriormente se encontró obstruido.



El instrumento DO PZ-04 muestra una variación entre 2.21 m y 2.95 m entre el 4 de mayo y el 23 de noviembre de 2021.



El comportamiento del nivel registrado durante el monitoreo de los piezómetros marca dos contrastes. El instrumento DO PZ-03 se encuentra en cotas superiores a los otros dos instrumentos, este es el que registra mayor variabilidad entre lecturas en comparación con los otros dos, siendo también, el instrumento con niveles más profundos registrados en el mes de julio. En contraparte se encuentra el instrumento DO PZ-04 ubicado en cota menor con respecto a los dos instrumentos en los cuales la variación es menor a 0.8 m y presenta los niveles más someros.

Respecto a la precipitación en la zona, la figura 4 muestra el registró del pluviómetro cercano al sector monitoreado (pluviómetro 282, La Isla) desde el inicio del monitoreo geotécnico, en el cual el acumulado a la fecha es superior a 1200 mm. El registro de los piezómetros tiende a ser más somero en el segundo semestre de 2021.

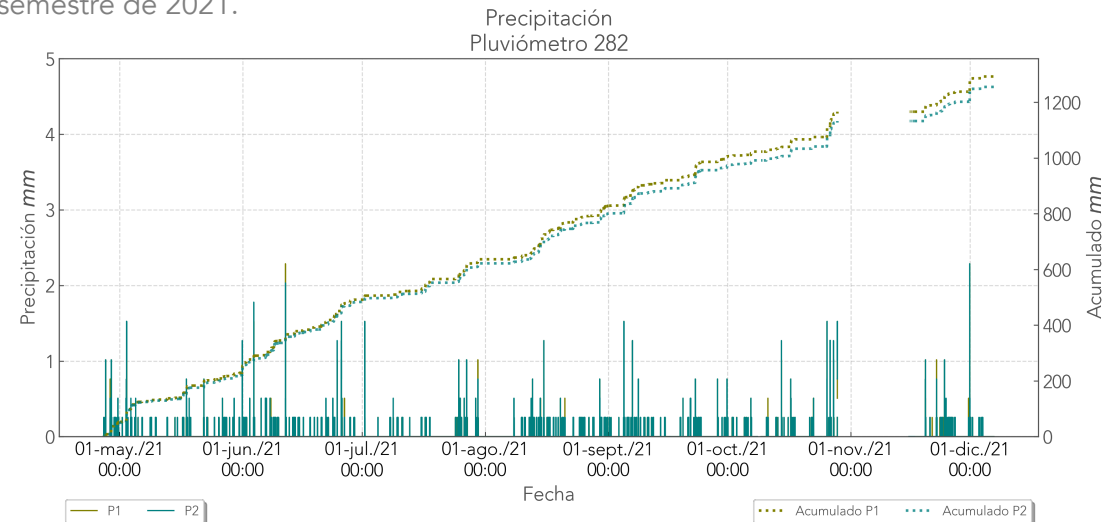


Figura 4. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.,

Se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas dentro de las campañas de medición del proyecto. Se recomienda realizar inspección visual al sector y edificaciones teniendo en cuenta los resultados de este monitoreo geotécnico que indican desplazamientos relativos superiores al rango de precisión del equipo.



El sitio monitoreado se encuentra en el sector Pajarito, noroccidente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional por medio de dos instrumentos instalados, AEP INC-01 (con profundidad funcional de 29.5 m) en la unidad residencial La Huerta y el AEP INC-02 (con profundidad funcional de 29.5 m) ubicado en la antena Todelar (figura 1). Estos instrumentos han sido monitoreados periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través de su proyecto SIATA.

En el lugar La Huerta a la fecha se han realizado 12 lecturas al inclinómetro AEP INC-01 en las cuáles se pudo registrar un desplazamiento máximo acumulado relativo de 2.18 mm en la zona de mayor deformación a 22.5 m de profundidad (figura 2 y 3) con dirección hacia el sureste con respecto a la lectura base registrada el día 4 de mayo de 2021, sin embargo esta magnitud de desplazamiento relativo acumulado apenas supera el rango de precisión el equipo (2 mm).

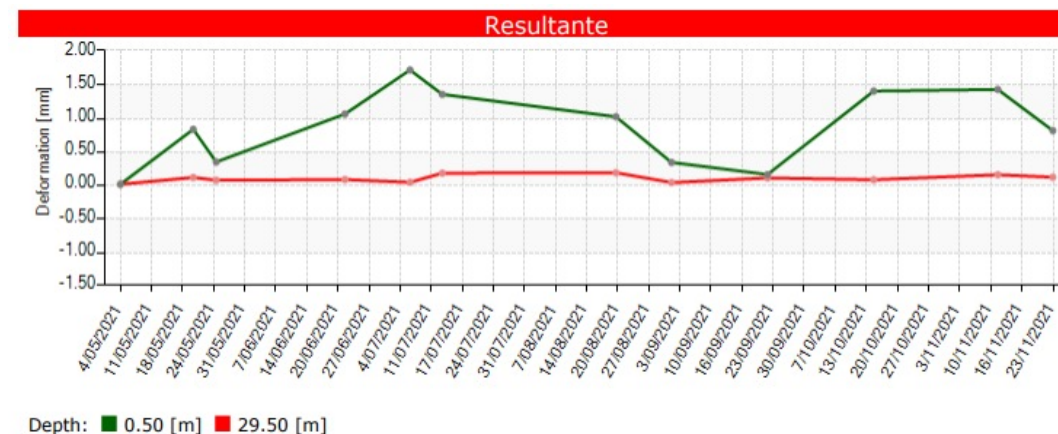


Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro AEP INC-01 a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 3. Las deformaciones en la tubería solo superan el rango de precisión el equipo a 22.5 m de profundidad en el sector La Huerta.

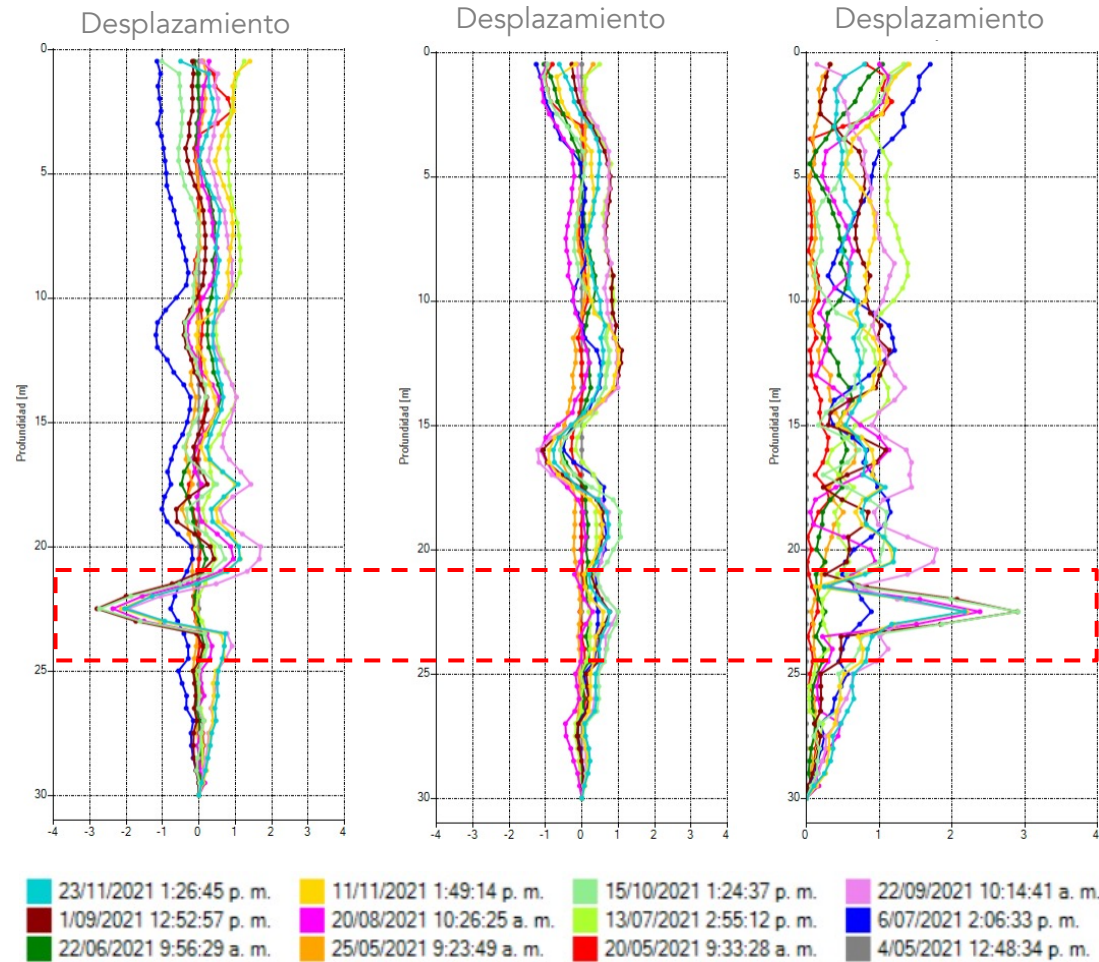


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas al inclinómetro AEP INC-01 (La Huerta).

En el lugar Todelar a la fecha se han realizado 11 lecturas al inclinómetro AEP INC-02 en las cuáles se pudo registrar un desplazamiento máximo acumulado relativo de 3.19 mm en la zona de mayor deformación en superficie (figura 4 y 5) con dirección hacia el suroeste con respecto a la lectura base registrada el día 25 de mayo de 2021, sin embargo esta magnitud de desplazamiento relativo acumulado apenas supera el rango de precisión el equipo (2 mm).

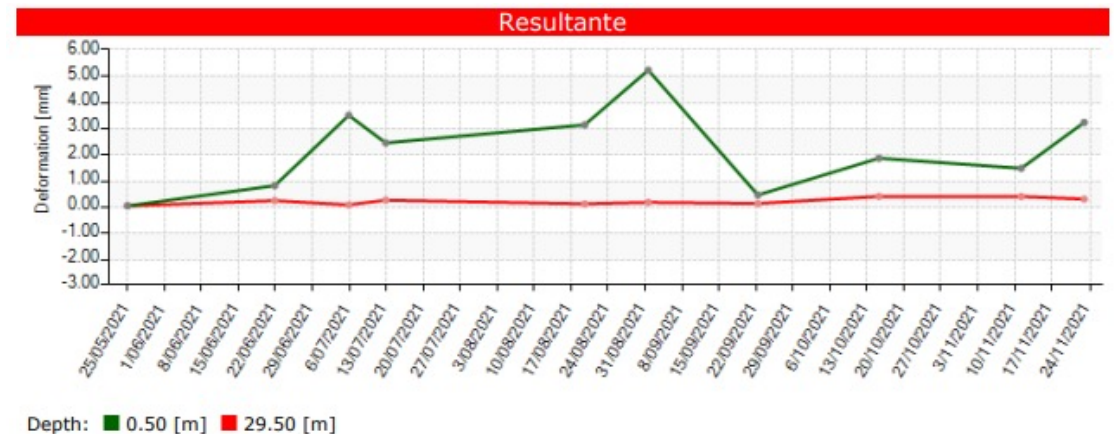


Figura 4. Evolución del desplazamiento del inclinómetro AEP INC-02 a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 5. Las deformaciones en la tubería no indican una superficie clara de falla y los desplazamientos se dan en toda la tubería, aumentando hacia superficie.

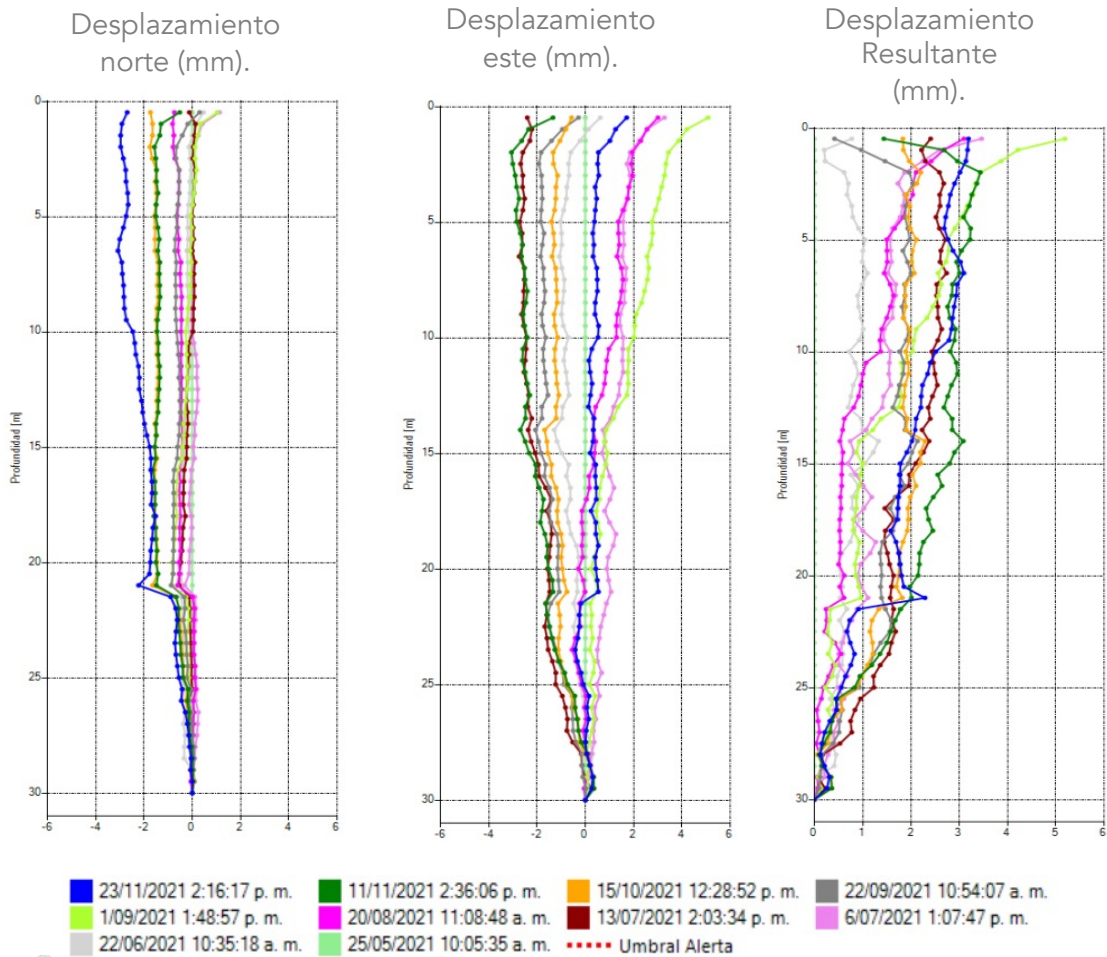


Figura 5. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas al inclinómetro AEP INC-02 Todelar (Pajarito).

Respecto a la precipitación en la zona, la figura 4 muestra el registró del pluviómetro cercano (Pluviómetro 20 ubicado en Hogares Claret) al sector monitoreado desde el inicio del monitoreo geotécnico, en el cual el acumulado a la fecha es superior a 1300 mm.

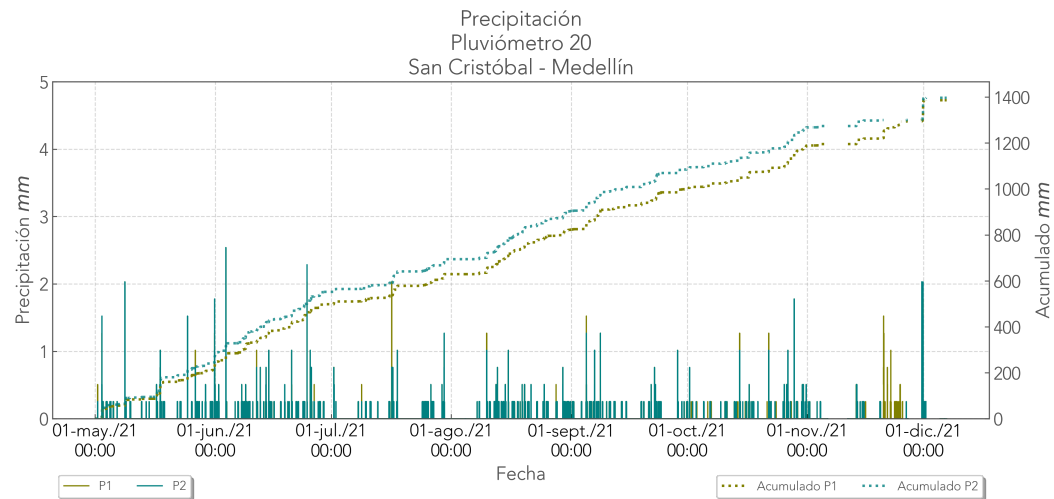


Figura 6. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Tanto para el lugar La Huerta (AEP INC-01) como para el lugar Todelar (AEP INC-02) no se han registrado aumentos en la velocidad de desplazamientos significativos, los desplazamientos acumulados generalmente están cerca del rango de precisión del equipo, pudiendo en ocasiones presentar desplazamientos menores a este rango en ambos equipos. Se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas dentro de las campañas de medición del proyecto



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector La Honda, vereda Pedregal Alto, corregimiento de San Cristóbal. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional por medio de un instrumento instalado, La Honda Inc 1 ubicado en el parqueadero La Honda (figura 1). Este instrumento ha sido monitoreado periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través de su proyecto SIATA. Sin embargo, este inclinómetro actualmente se encuentra cubierto por escombros producto de las actividades industriales que se realizan en el lugar, previo al sepultamiento del instrumento la estructura de protección de tipo caja en concreto resultó demolida producto de las actividades industriales del lugar.

En el lugar a la fecha se han realizado 12 lecturas al inclinómetro La Honda Inc 1 en las cuáles se pudo registrar hasta el 15 de octubre de 2021 (última lectura antes de la obstrucción el equipo) un desplazamiento máximo acumulado relativo de 26.44 mm en la zona de mayor deformación a 12.5 m de profundidad (figura 2 y 3) con dirección hacia el sur (acimut: 160°) con respecto a la lectura base registrada el día 22 de junio de 2021.

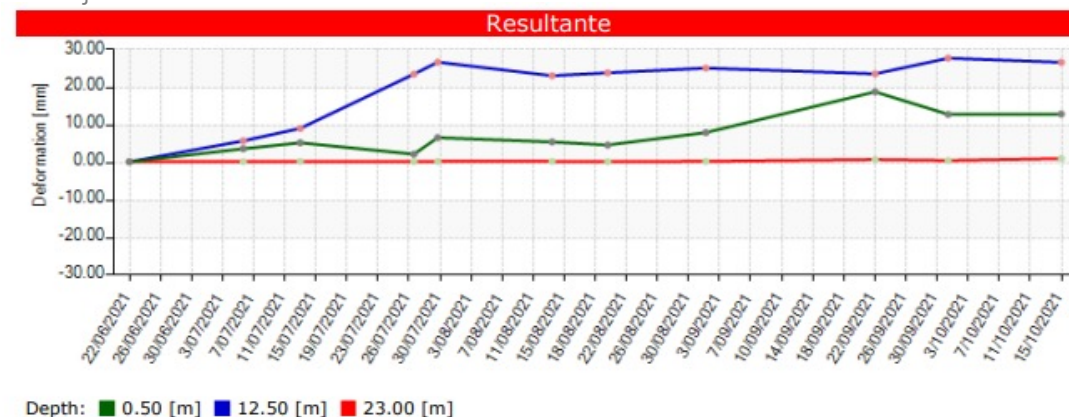


Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 3. Los desplazamientos comienzan a 15 metros de profundidad, sin embargo la zona de mayor deformación ocurre a 12.5 m de profundidad, además de otras zonas de deformación a 10 m, 7 m y 5 m de profundidad (ver figura 3). La deformación a 12.5 m ocurrió principalmente en un aumento de velocidad de desplazamiento entre el 13 y 27 de julio de 2021 como se observa en la línea azul de la figura 2 y en la figura 3, observar el desplazamiento entre las líneas roja y gris correspondientes a las lecturas de estas fechas.

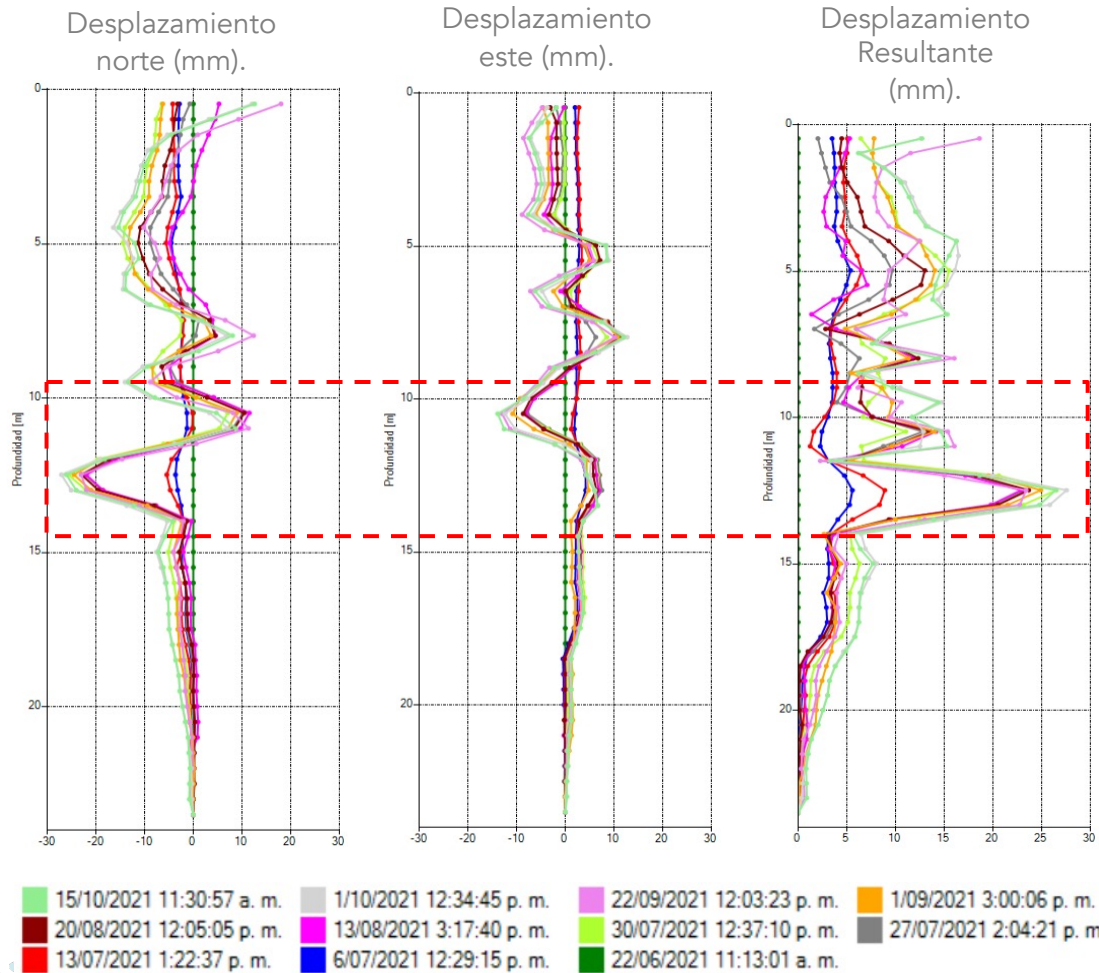


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas.

Después de esta zona de mayor deformación a 12.5 m hacia superficie se tiene otras zonas de deformación. Si bien antes de este pico se registraron leves deformaciones en la tubería, este pico coincidió con el inicio de actividades industriales (evidenciado en la lectura del 27 de julio de 2021) que incluyen maquinaria pesada y acumulación de residuos de construcción como se observa en la figura 4.



Figura 4. Imagen izquierda: actividades industriales cerca al inclinómetro monitoreado. Imagen derecha sepultamiento del inclinómetro.

La figura 5 muestra los cambios en las velocidades de desplazamiento en la zona de mayor deformación el instrumento La Honda Inc 1 (en superficie), con esta grafica se puede observar el comportamiento del terreno de identificar los picos de deformación. Estos picos de deformación se analizaron con respecto a las precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano (pluviómetro 20, Hogares Claret), donde se analizaron las precipitaciones acumuladas antecedentes en diferentes intervalos de tiempo.

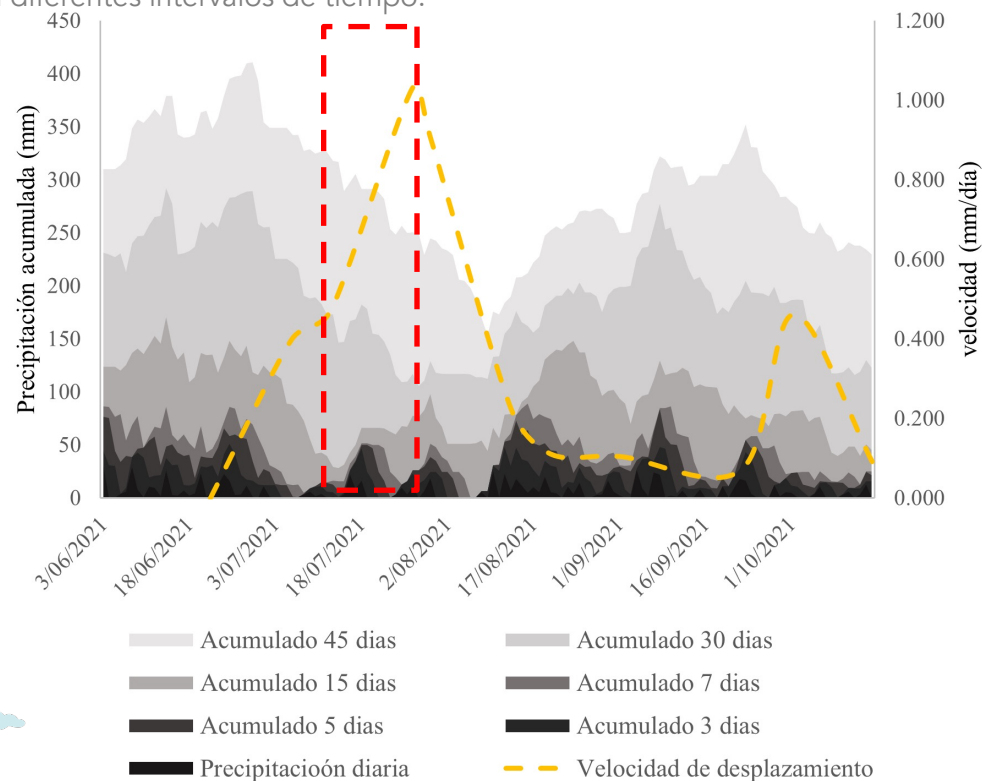


Figura 5. Velocidad de desplazamiento a través el tiempo el inclinómetro VLF INC-02

Se analizaron los máximos acumulados registrados por el pluviómetro cercano (pluviómetro 20 de SIATA) en las fechas donde ocurrieron los picos de deformación y se compararon con los máximas precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo del sitio La Honda. La figura 6 permite identificar las condiciones hidrometeorológicas en las cuales se dieron los picos de deformación identificados en el monitoreo de los inclinómetros y se compara con el registro histórico del pluviómetro 20, el cual se encuentra representado en barras divididas por percentiles.

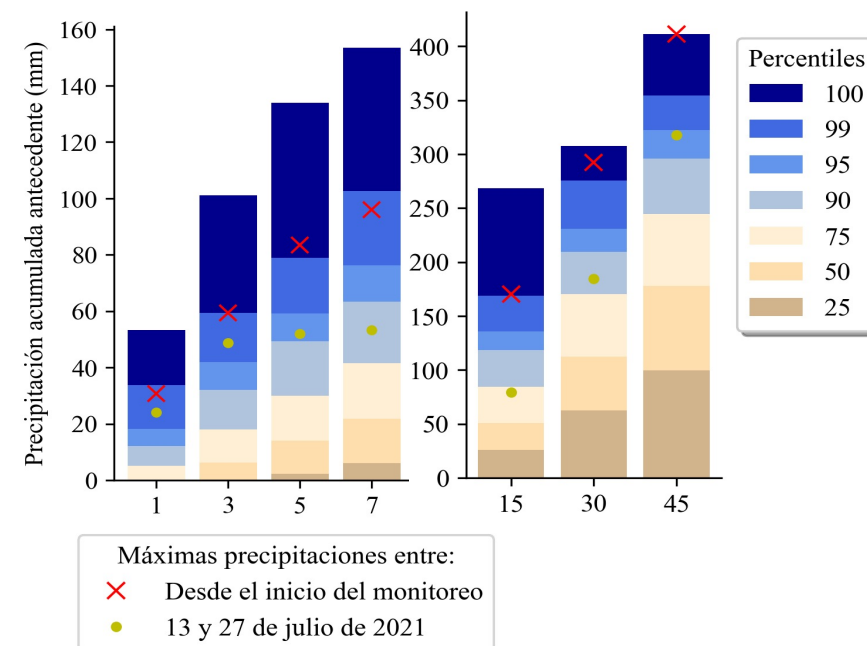


Figura 6. Máximas precipitaciones antecedentes acumuladas en el intervalo de tiempo en los cuales se dieron los picos de deformación

Respecto a la precipitación en la zona, la figura 7 muestra el registró del pluviómetro cercano (Pluviómetro 20 ubicado en Hogares Claret) al sector monitoreado desde el inicio del monitoreo geotécnico hasta la ultima lectura realizada al inclinómetro La Honda Inc 1, en el cual el acumulado al 15 e octubre es superior a 800 mm, con un aumento en las precipitaciones desde el 10 de agosto hasta octubre.

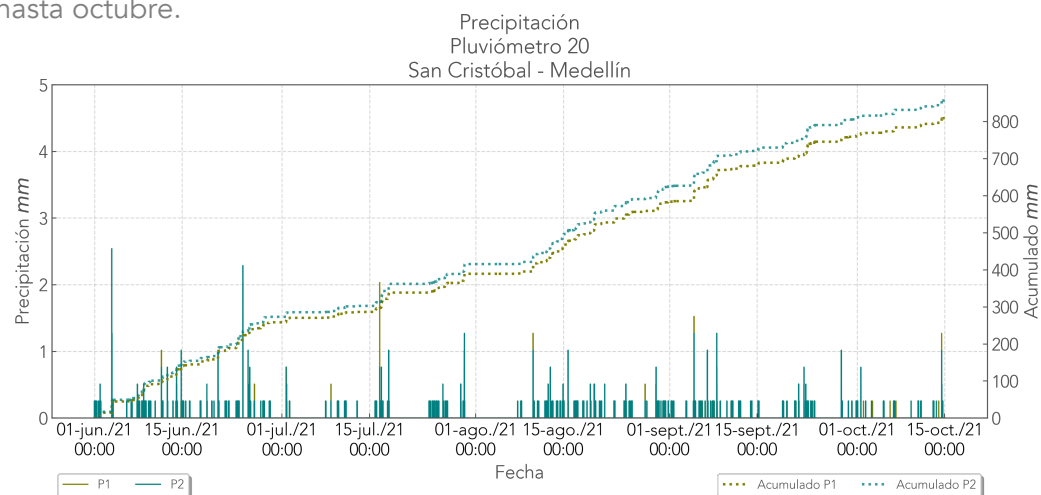


Figura 7. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Según las figuras 5,6 y 7 durante el intervalo de tiempo en el que se dio la mayor deformación (entre el 13 y 27 de julio), el pluviómetro 20, cercano al sitio monitoreado no registró altas precipitaciones en comparación con otros periodos del monitoreo geotécnico en los cuales no se dio mayor deformación del instrumento.

La litología del sector, según el registro de perforación, corresponde a un lleno antrópico de 17 m de profundidad compuesto por diferentes materiales como escombros y materiales pétreos. El registro de inclinometría permitió identificar condiciones de inestabilidad en el sitio, estando la zona de mayor deformación a 12.5 m de profundidad. El pico de deformación y aumento en la velocidad de desplazamiento se dio entre el 13 y 27 de julio, fechas en las cuales no se presentaron altas precipitaciones antecedentes acumuladas si se compara con el resto del registro pluviométrico desde que inició el monitoreo geotécnico (figura 6). Sin embargo entre el 13 y 27 de julio comenzaron las actividades industriales en el sector, que incluían el uso de maquinaria pesada y acumulación de materiales pétreos (Figura 4).

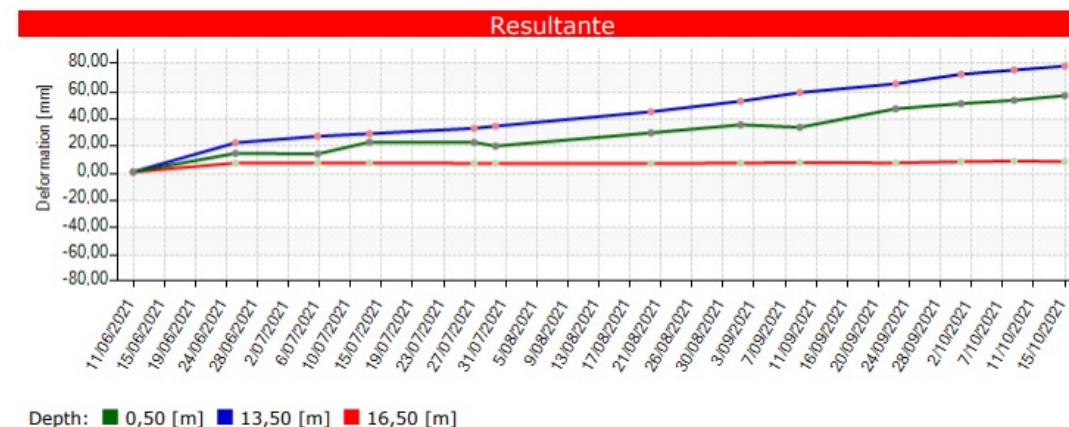
Debido a las condiciones de inestabilidad del sitio y las actividades antrópicas que se desarrollan se recomienda al Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres (DAGR) visitar el lugar y evaluar las condiciones de este, teniendo en cuenta este monitoreo geotécnico.



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector Santa Margarita – Leoncito, comuna 7, occidente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional por medio de un instrumento instalado, Leoncito Inc 1 (figura 1). Este instrumento ha sido monitoreados periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través de su proyecto SIATA. Al inicio del monitoreo el día 11 de junio de 2021 este tenía una profundidad funcional de 16.5 m, sin embargo, este instrumento falló a 15.2 m de profundidad posterior a la lectura periódica el 15 de octubre de 2021.

En el lugar a la fecha se han realizado 15 lecturas al inclinómetro Leoncito Inc 1, de las cuáles dos se han realizado luego del fallamiento del instrumento. La figura 2 muestra el comportamiento del terreno a través del tiempo, presentado un constante desplazamiento desde el inicio del monitoreo geotécnico. Antes del fallamiento se pudo registrar hasta el 15 de octubre de 2021 (última lectura antes e la obstrucción el equipo) un desplazamiento máximo acumulado relativo de 77.81 mm en la zona de mayor deformación a 13.5 m de profundidad (figura 4) con dirección hacia el suroeste (acimut: 250°) con respecto a la lectura base registrada el día 11 de junio de 2021



Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 4. Los desplazamientos comienzan desde el inicio de la tubería a 16.5 metros de profundidad, La zona de mayor deformación es a 13.5 m de profundidad, mostrando una deformación constante a través el tiempo, sin embargo, se presentaron dos aumentos de velocidad de desplazamiento entre el 1 y 9 de septiembre y entre el 22 de septiembre y el 1 de octubre de 2021. La litología el sector, según el registro de perforaciones, se compone de un lleno antrópico de 17 m de profundidad sobre un deposito de vertiente



Figura 3. sitio de interés monitoreado. Generalmente conserva agua estancada en superficie.

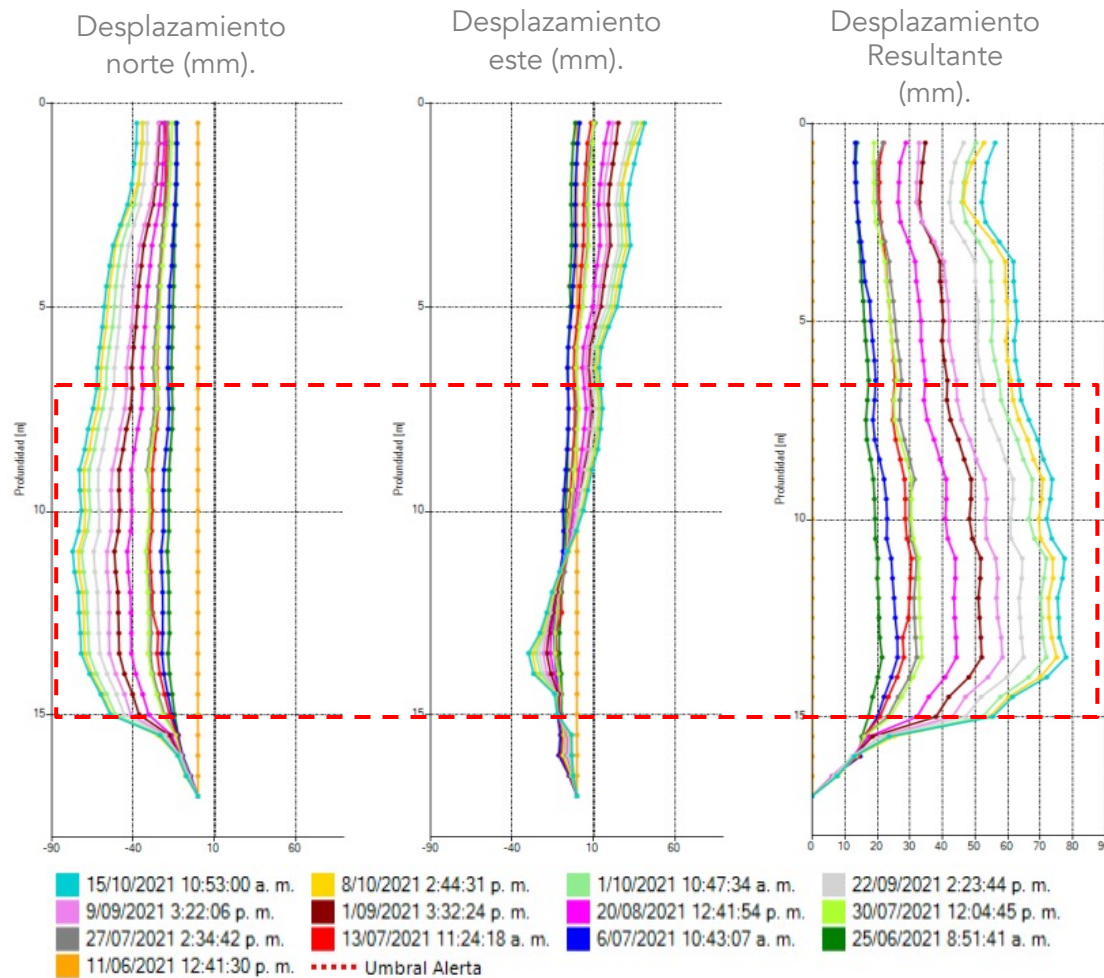
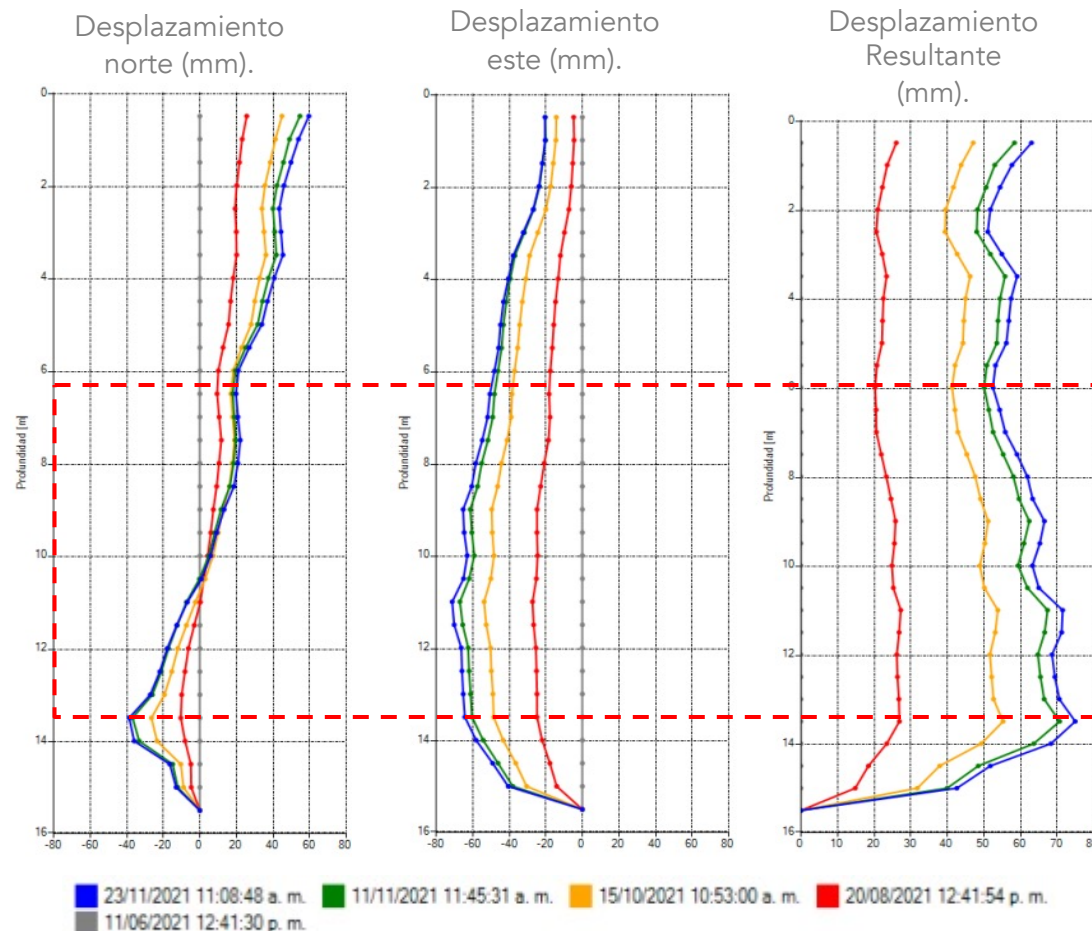


Figura 4. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas, antes del fallamiento del instrumento.



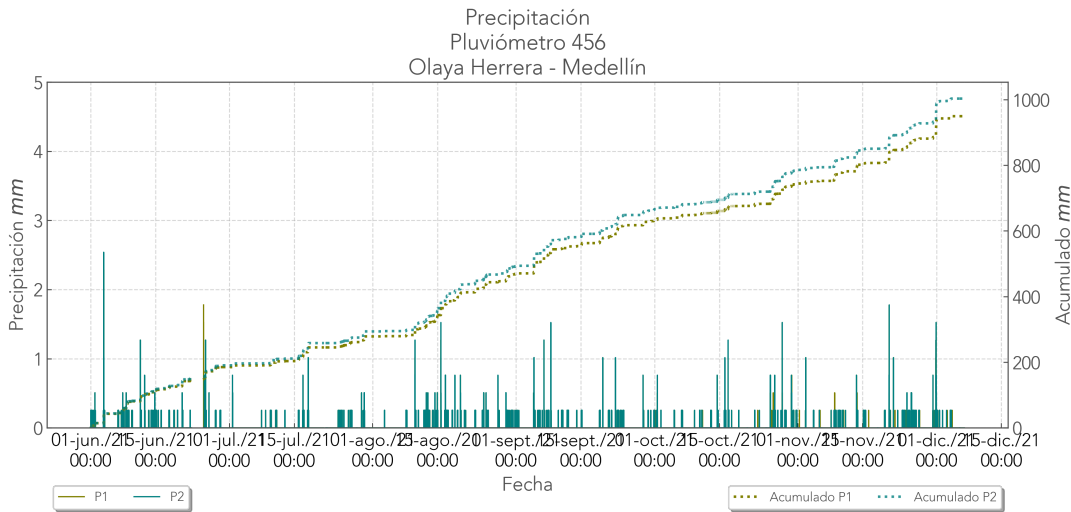
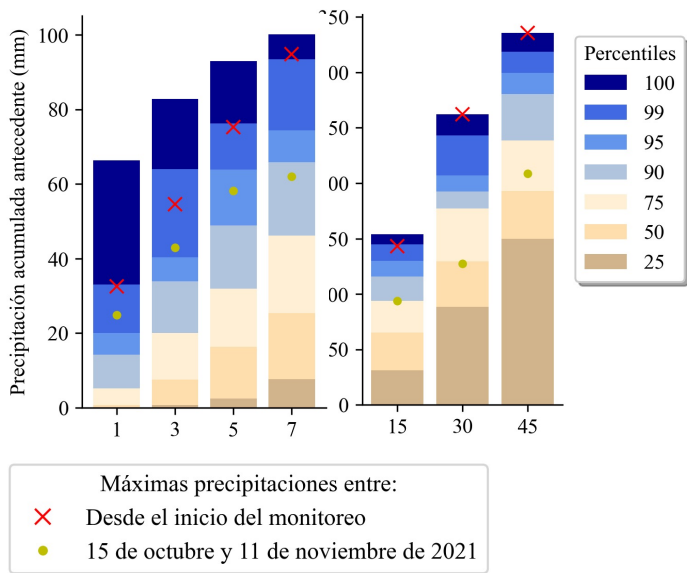
Después de fallado el equipo a 15 m e profundidad, se ajustó el fondo de la tubería monitoreada a 15 m, en el momento del fallamiento de la tubería entre el 15 de octubre y el 11 de noviembre el instrumento mostró un desplazamiento acumulado relativo de 15.44 mm (figura 5).

Se analizaron los máximos acumulados registrados por el pluviómetro cercano (pluviómetro 456 de SIATA, Vía al mar) en las fechas donde falló el instrumento Leoncito Inc 1. Estos acumulados se compararon con los máximas precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo del sitio Santa Margarita - Leoncito. La figura 6 permite identificar las condiciones hidrometeorológicas en las cuales se dieron los picos de deformación identificados en el monitoreo de los inclinómetros y se compara con el registro histórico del pluviómetro 456, el cual se encuentra representado en barras divididas por percentiles. Los máximos acumulados en el periodo donde falló el equipo son bajos en comparación con los otros periodos del monitoreo, sin embargo, se presentaron importantes precipitaciones acumuladas de 1 y 3 días antecedentes.

Respecto a la precipitación en la zona, la figura 7 muestra el registro del pluviómetro cercano (Pluviómetro 20 ubicado en Hogares Claret) al sector monitoreado desde el inicio del monitoreo geotécnico hasta la ultima lectura realizada al inclinómetro La Honda Inc 1, en el cual el acumulado al 15 de octubre es superior a 800 mm, con un aumento en las precipitaciones desde el 10 de agosto hasta octubre.

Figura 5. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas después el fallamiento (octubre 15 e 2021) y adaptando el fondo de la tubería a 15 m.

Se analizaron los máximos acumulados registrados por el pluviómetro cercano (pluviómetro 456 de SIATA, Vía al mar) en las fechas donde falló el instrumento Leoncito Inc 1 +. Estos acumulados se compararon con los máximas precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo del sitio La Honda. La figura 6 permite identificar las condiciones hidrometeorológicas en las cuales se dieron los picos de deformación identificados en el monitoreo de los inclinómetros y se compara con el registro histórico del pluviómetro 456, el cual se encuentra representado en barras divididas por percentiles. Los máximos acumulados en el periodo donde falló el quipo son bajos en comparación con los otros periodos del monitoreo, sin embargo, se presentaron importantes precipitaciones acumuladas de 1, y 3 días antecedentes.



El instrumento ha registrado desplazamientos superiores al rango de precisión del equipo con respecto a la línea base, además de numerosos registros con desplazamientos superiores al rango de precisión del equipo con respecto a la lectura anterior. Los desplazamientos del terreno son constantes al punto de deformar la tubería e impedir el paso de la sonda de lectura por esta. Por lo anterior se recomienda al Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres (DAGR) visitar el lugar y evaluar las condiciones de este, teniendo en cuenta este monitoreo geotécnico. Se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas dentro de las campañas de medición del proyecto



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector Santa Margarita - La Cascada, occidente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional, por medio de cinco inclinómetros, el inclinómetro SM INC-01 se encuentra inactivo ya que se encontró obstruido a 4 m de profundidad, se intentó recuperar pero no fue posible. El inclinómetro SM INC-02 se encuentra activo, inicialmente con una profundidad funcional de 23 m, sin embargo este instrumento se encontró obstruido a 16.5 m el 11 de noviembre de 2021. El inclinómetro SM INC-03 se encuentra activo, este tiene una profundidad funcional de 25 m. El inclinómetro SM INC-04 se encuentra activo, sin embargo el instrumento falló a 11 m, esto se evidenció en la lectura del 20 de agosto de 2021. El instrumento SM INC-05 no fue encontrado.

A los inclinómetros SM INC-02 y SM INC-03 se les ha realizado 14 lecturas a cada uno, mientras que al inclinómetro SM INC-04 se le ha realizado 12 lecturas desde el inicio del monitoreo en el sector el día 30 de abril de 2021.

En resumen el monitoreo ha encontrado que el sector occidental (figura 1), en el que se encuentra el inclinómetro SM INC-02 no registra deformaciones en la tubería instalada. La parte central y oriental del sector La Cascada, presenta ciertas condiciones de inestabilidad, esto basado en la deformación registrada en el inclinómetro SM-INC-03 y el fallamiento a 11 m de profundidad del inclinómetro SM INC-04.

El instrumento SM INC-02 se encuentra en la parte occidental del sitio La Cascada. El monitoreo del instrumento no ha detectado deformaciones superiores al rango de precisión del equipo del equipo (2 mm) como se observa en la figura 3. Este equipo se encontró obstruido con el registro del 11 de noviembre de 2021 a 16.5 m de profundidad, este equipo se encuentra en la vía vehicular, se presume se dio la filtración de un sedimento u otro objeto que obstruyó el paso de la sonda de lectura.

El instrumento SM INC-03 se encuentra en la parte central del sitio La Cascada. El monitoreo geotécnico identificó el desplazamiento horizontal del terreno en dirección al suroeste (acimut: 230°) a una profundidad de 5 metros. La Figura 2 muestra el desplazamiento del terreno el cual se registró el 20 de agosto de 2021. El registro del inclinómetro SM INC-03 se observa en la figura 4.

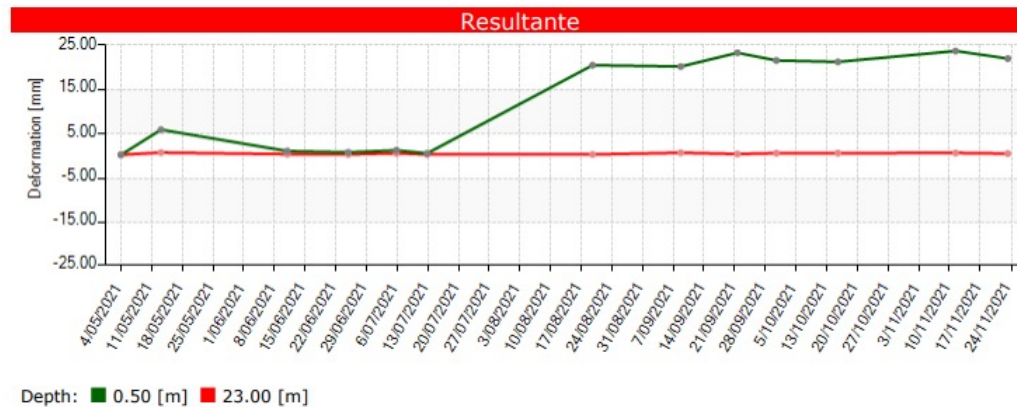


Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro SM INC-03 a lo largo de las campañas realizadas.

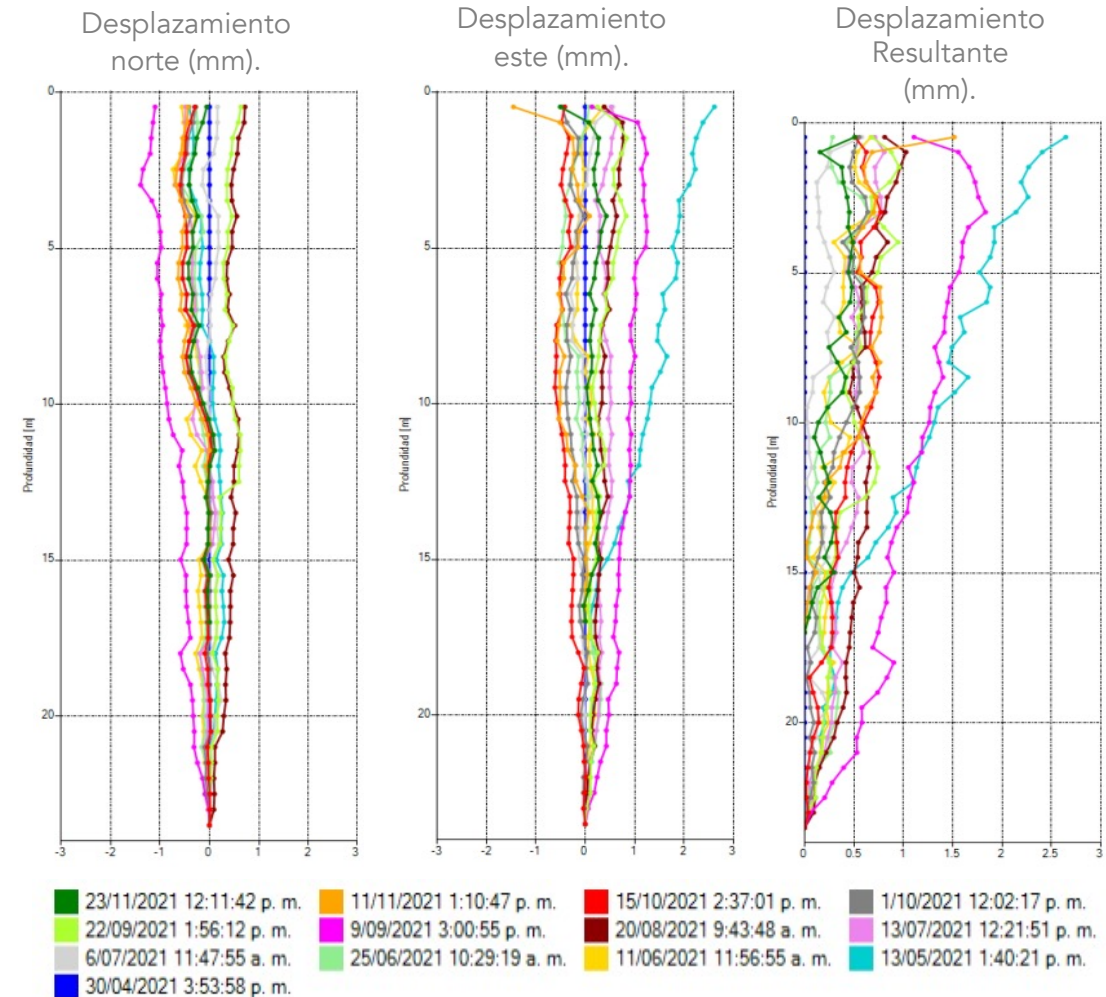


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas al inclinómetro SE INC-02

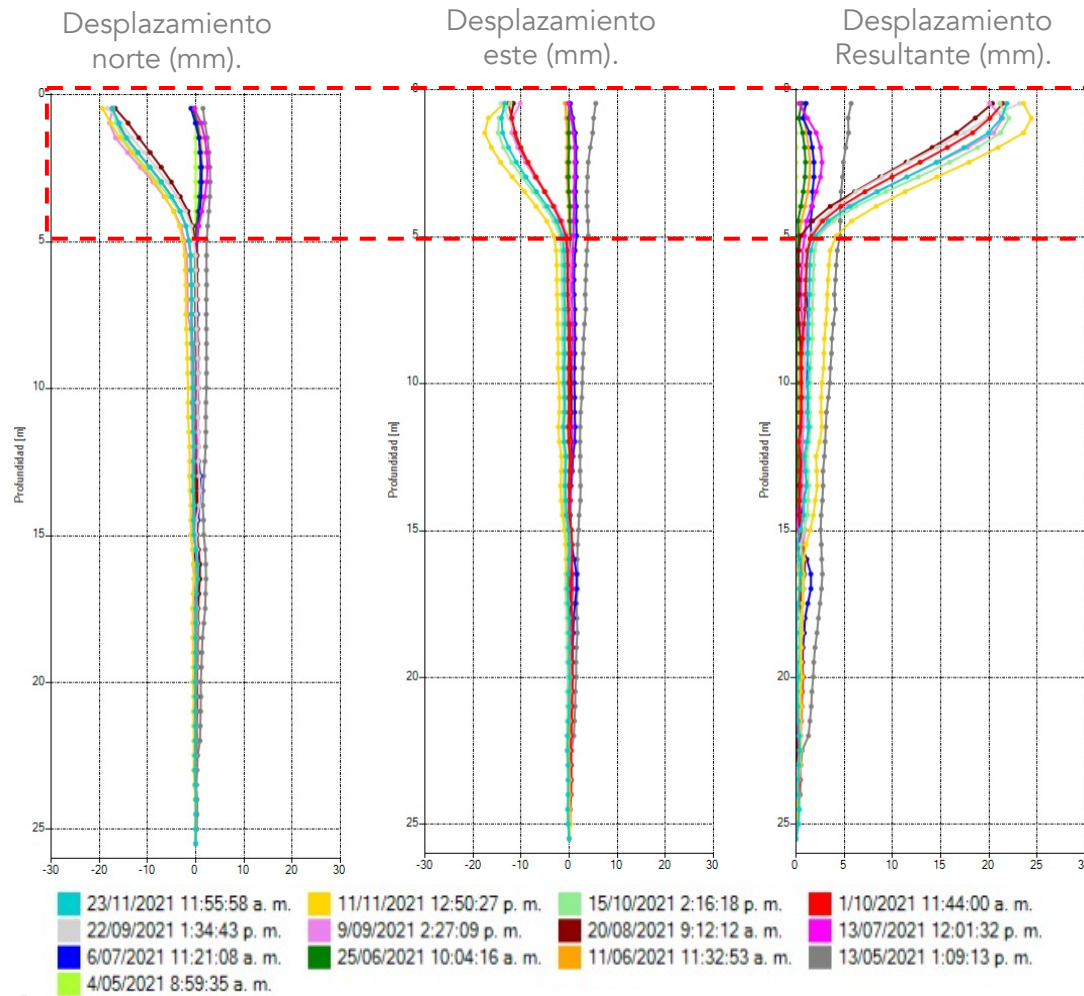


Figura 4. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas al inclinómetro SE INC-03

El instrumento SM INC-04 se encuentra en la parte oriental del sitio La Cascada. El instrumento estuvo inactivo entre el 25 de junio y el 20 de agosto de 2021 ya que se encontraba obstruido por un automóvil estacionado sobre el, en este intervalo de tiempo el instrumento falló a 11 m de profundidad. Antes del fallamiento del equipo no se habían registrado desplazamientos superiores al rango de precisión del equipo (figura 5), por tanto no es posible identificar la dirección de los desplazamientos.

La figura 6 muestra el comportamiento del instrumento SM INC-04, fallado a 11 m de profundidad. Se mantiene el monitoreo de este instrumento con el fin de identificar desplazamientos horizontales del terreno y correlacionarlo con el comportamiento de los otros instrumentos. El 20 de agosto, día en que se registró el fallamiento del inclinómetro SM INC-04, se dio también la deformación en el instrumento SM INC-03.

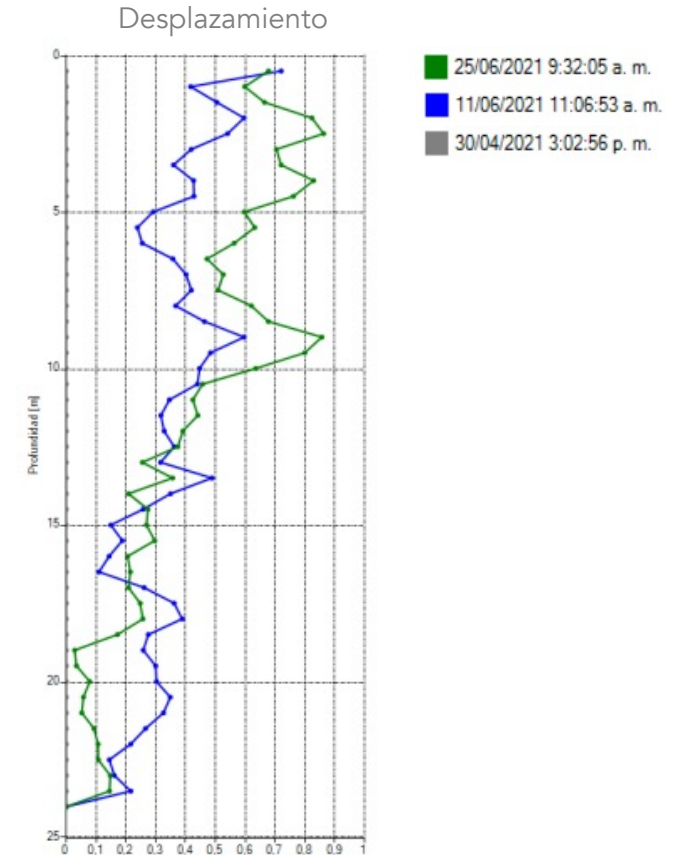


Figura 5. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas al inclinómetro SE INC-04 antes del fallamiento del instrumento.

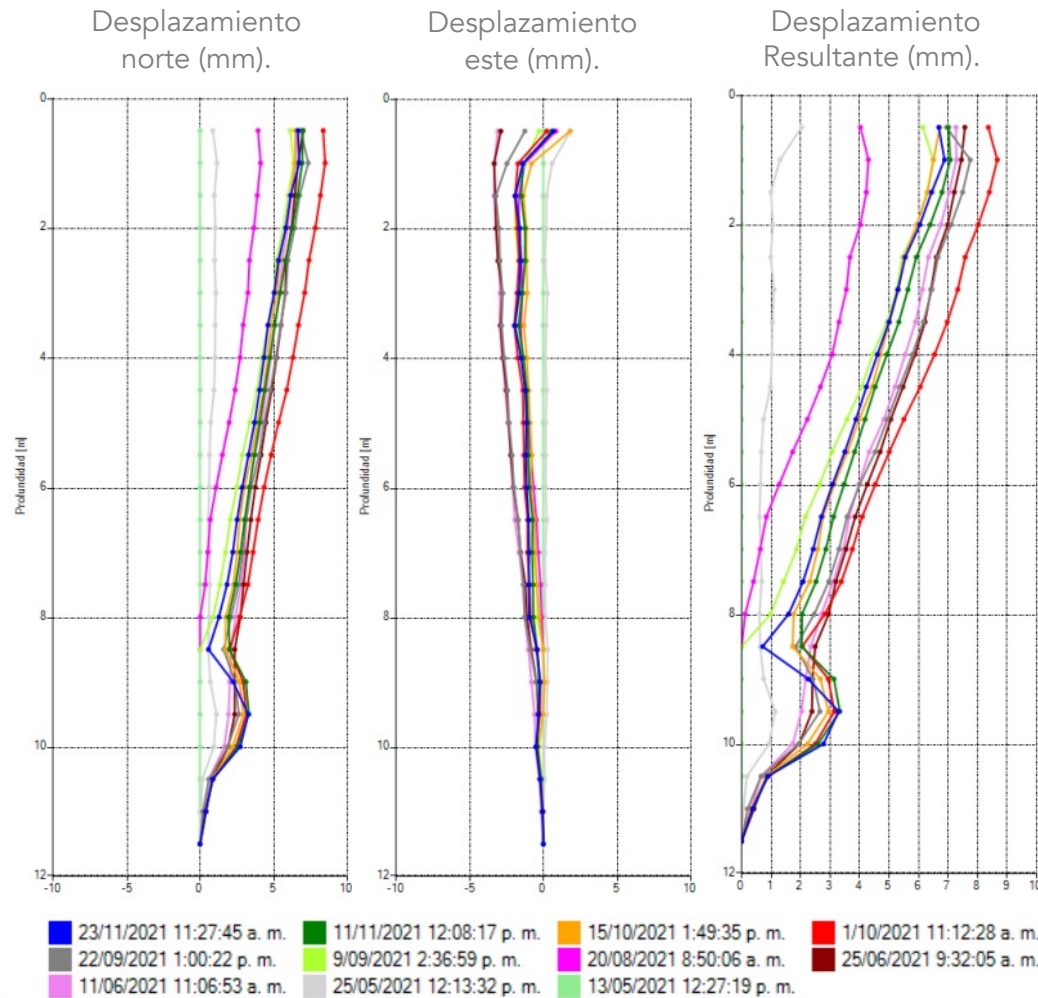
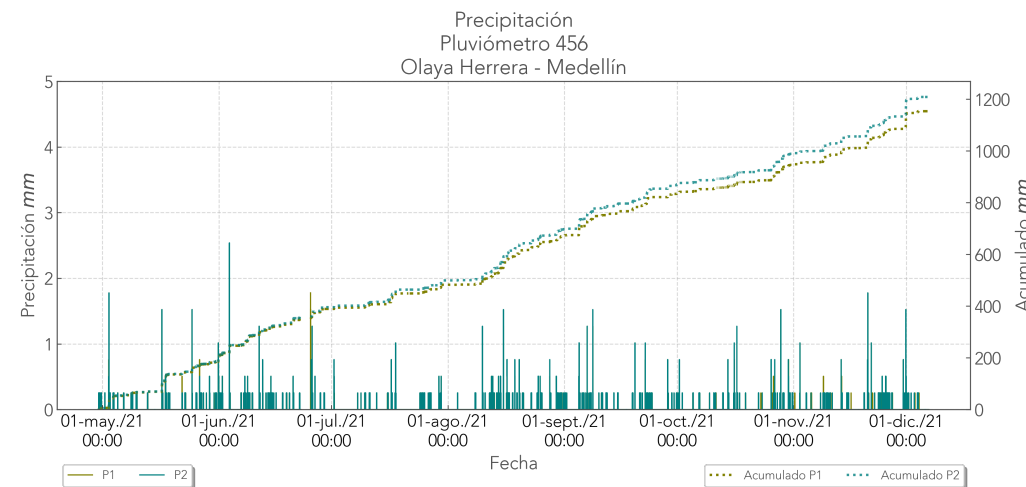
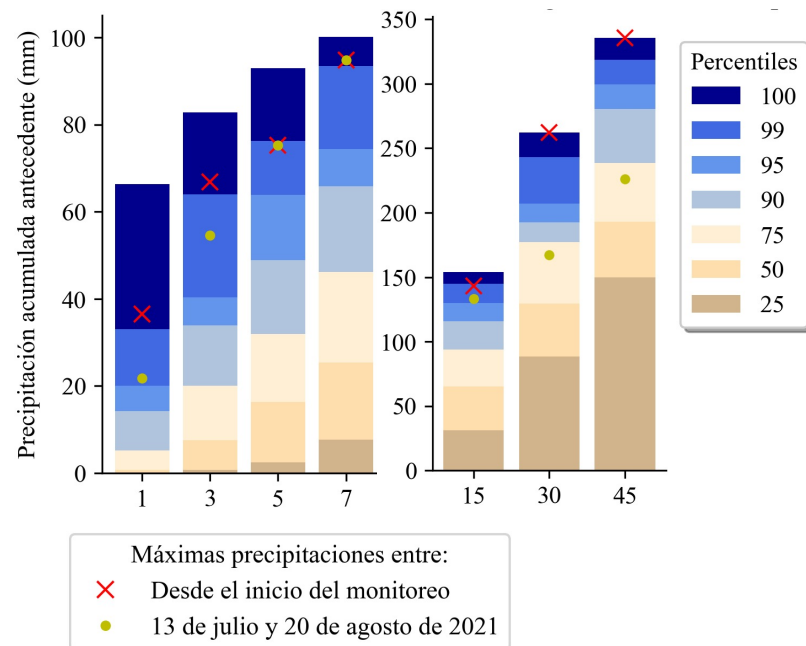


Figura 6. Desplazamientos relativos acumulados del inclinómetro SE INC-04 ajustado a 11 m de profundidad, zona en la cual el instrumento falló

Después de fallado el inclinómetro SM INC-04 a 15 m de profundidad, se ajustó el fondo de la tubería a 11 m. Profundidad a la cual es monitoreado el instrumento actualmente.

Se analizaron los máximos acumulados registrados por el pluviómetro cercano (pluviómetro 20 de SIATA) en las fechas donde ocurrieron la deformación en el inclinómetro SM INC-03 y el fallo del instrumento SM INC-04 (13 de julio y 20 de agosto de 2021) y se compararon con los máximas precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo del sitio La Cascada. La figura 7 permite identificar las condiciones hidrometeorológicas en las cuales se dieron los picos de deformación identificados en el monitoreo de los inclinómetros y se compara con el registro histórico del pluviómetro 20, el cual se encuentra representado en barras divididas por percentiles.

Respecto a la precipitación en la zona, la figura 8 muestra el registró del pluviómetro cercano al sector monitoreado (pluviómetro 456, Vía al Mar) desde el inicio del monitoreo geotécnico, en el cual el acumulado a la fecha es superior a 900 mm. Según las figuras 7 y 8 en el periodo en cual se presentaron las deformaciones y el falló del instrumento SM INC-04 se registraron altas precipitaciones antecedentes acumuladas de corto y largo plazo (acumulados de 5, 7 y 15 días antecedentes), comparado con el resto del registro pluviométrico.



Se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas dentro de las campañas de medición del proyecto. Se recomienda realizar inspección visual al sector y edificaciones teniendo en cuenta los resultados de este monitoreo geotécnico que indican desplazamientos relativos superiores al rango de precisión del equipo (SM INC-03) y fallamiento del SM INC-04.



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector Agregados San Javier, occidente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional por medio de dos instrumentos instalados, San Javier Inc 1 y San Javier Inc 2 (figura 1). Estos instrumentos han sido monitoreados periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través de su proyecto SIATA. El inclinómetro San Javier Inc 1 tiene una profundidad funcional de 32.5 m y su monitoreo comenzó el día 13 de julio de 2021 mientras que el inclinómetro San Javier Inc 2 tiene una profundidad funcional de 30 m y su monitoreo comenzó el día 30 de julio de 2021.

En el sitio ambos inclinómetros han mostrado deformaciones superiores al rango de precisión del equipo (2 mm) luego de realizar la línea base (posterior a la instalación del equipo). En superficie se observan árboles inclinados (figura 2) reflejo las condiciones de inestabilidad en la ladera. La litología del sector se compone de un lleno antrópico donde en el San Javier Inc 1 la profundidad de este lleno es superior a 40 m mientras que en el sector del San Javier Inc 2 la profundidad del lleno antrópico es de 25 m de profundidad según el registro de perforación.



Figura 2. Fotografía en el sector el inclinómetro San Javier Inc 2.

En el lugar a la fecha se han realizado 10 lecturas al inclinómetro San Javier Inc 1. La figura 3 muestra el comportamiento del terreno a través del tiempo, presentado un importante desplazamiento después de la lectura base, registrada el 27 de julio de 2021 la cual ocurrió a 17 m de profundidad, siendo esta zona la de mayor deformación. Los desplazamientos del terreno en esta profundidad fueron de 16.04 mm (+/- 2 mm) con desplazamientos en superficie hacia el occidente (acimut: 250°)

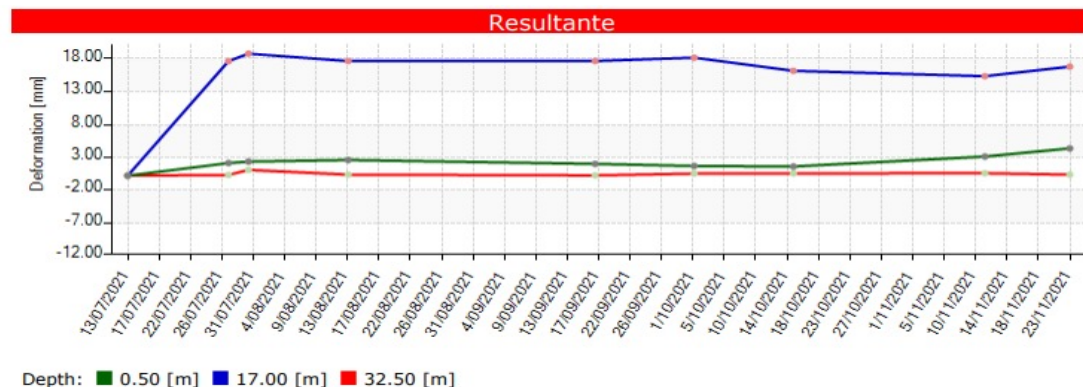


Figura 3. Evolución del desplazamiento del inclinómetro San Javier 1 a lo largo de las campañas realizadas.

La figura 4 muestra el registro el monitoreo del inclinómetro San Javier Inc 1, en esta se observa la zona de mayor deformación a 17 m de profundidad, sin embargo, luego del pico de deformación entre el 13 y 27 de julio no se registraron aumentos en la deformación a esta profundidad, sin embargo, sigue aumentando el desplazamiento en otras zonas de la tubería.

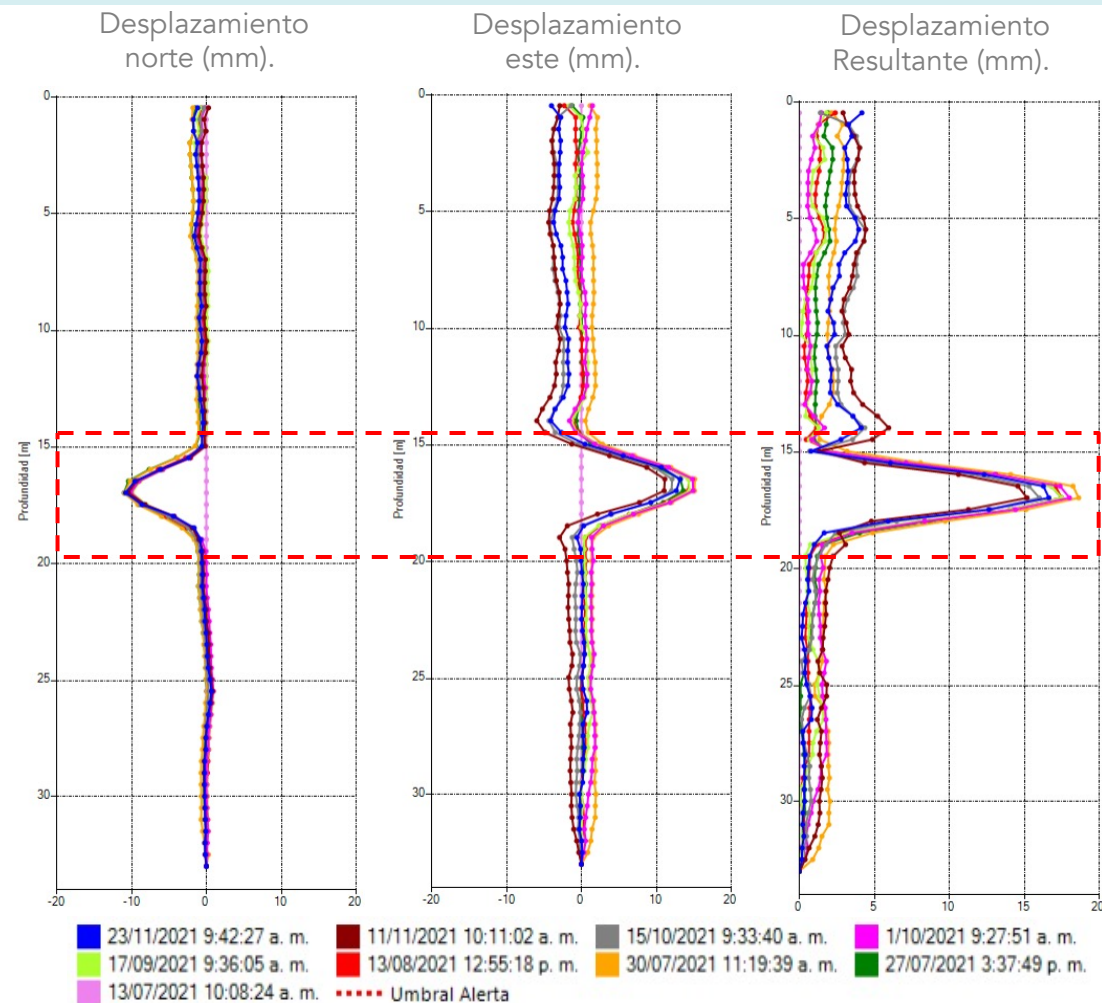


Figura 4. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas, inclinómetro San Javier Inc 1.

En el lugar a la fecha se han realizado 8 lecturas al inclinómetro San Javier Inc 2. La figura 5 muestra el comportamiento del terreno a través del tiempo, presentado un importante desplazamiento después de la lectura base, registrada el 13 de agosto de 2021 la cual ocurrió a 14.5 m de profundidad, siendo esta zona la de mayor deformación. Los desplazamientos del terreno en esta profundidad fueron de 34.21 (+/- 2 mm) mm con desplazamientos en superficie hacia el sur (acimut: 180°)

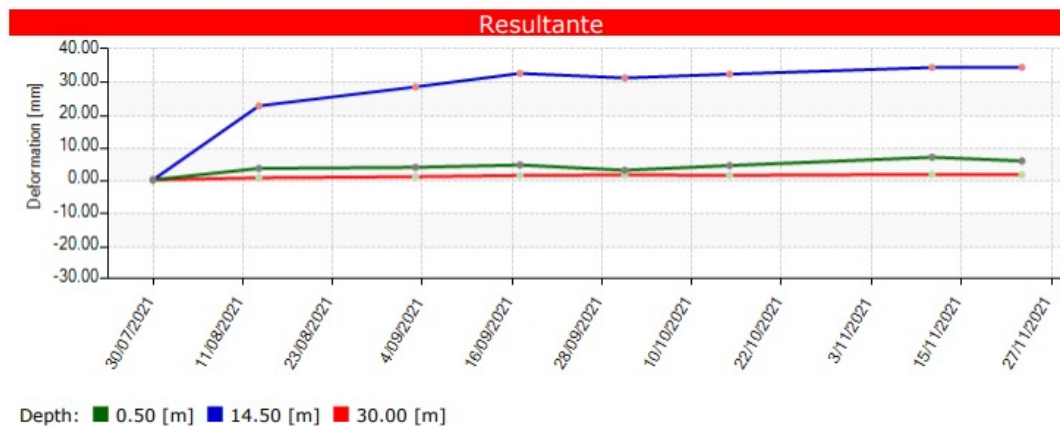


Figura 5. Evolución del desplazamiento del inclinómetro San Javier 2 a lo largo de las campañas realizadas.

La figura 6 muestra el registro el monitoreo del inclinómetro San Javier Inc 2, en esta se observa la zona e mayor deformación a 14.5 m de profundidad, en la cual ocurrió un pico de deformación entre el 30 de julio y 13 de agosto, posteriormente se han registrado desplazamientos el terreno a una constante desde esta profundidad hasta superficie.

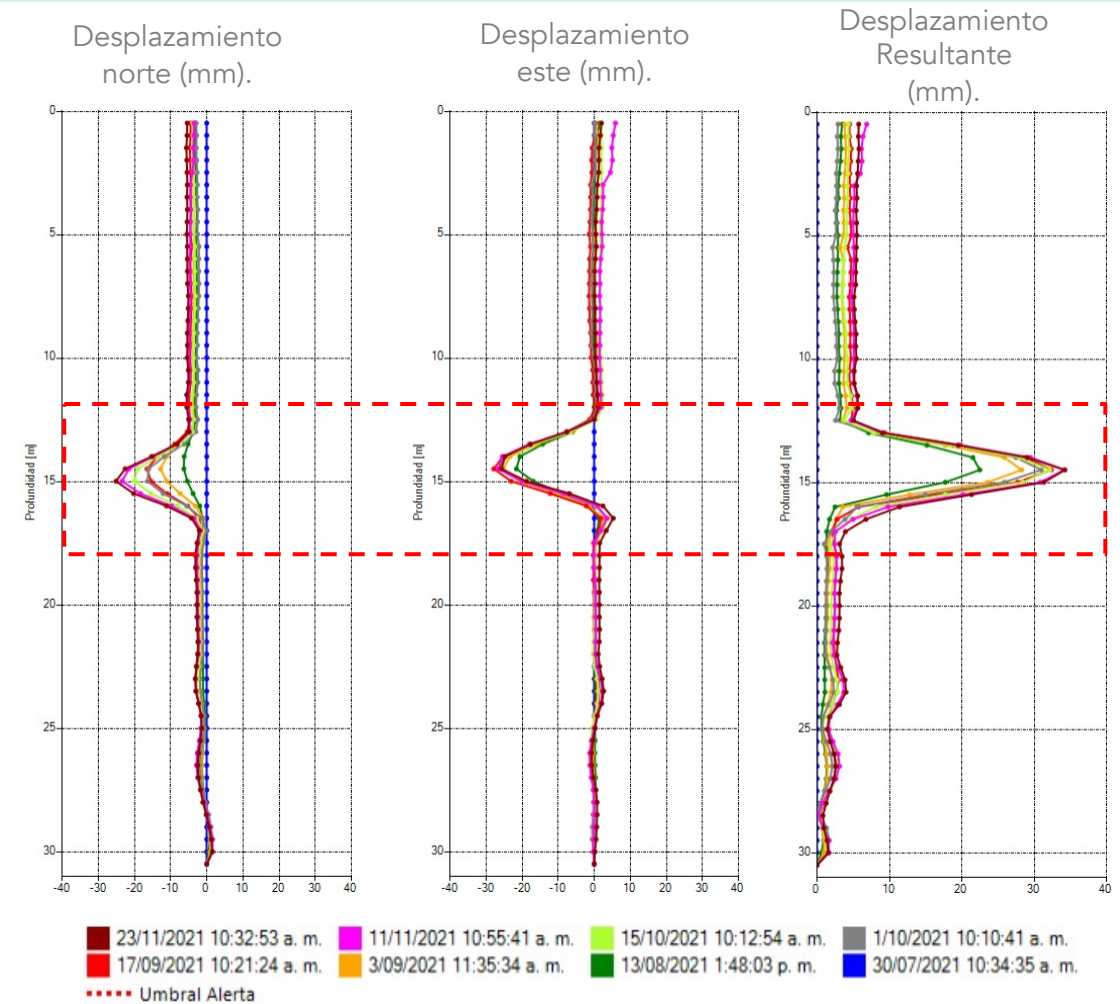


Figura 6. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas, inclinómetro San Javier Inc 2.

Respecto a la precipitación en la zona, la figura 7 muestra el registró del pluviómetro cercano al sector monitoreado (Pluviómetro 53, Colegio Eduardo Santos) desde el inicio del monitoreo geotécnico, en el cual el acumulado a la fecha es superior a 800 mm. Con múltiples eventos de precipitación entre septiembre y noviembre.

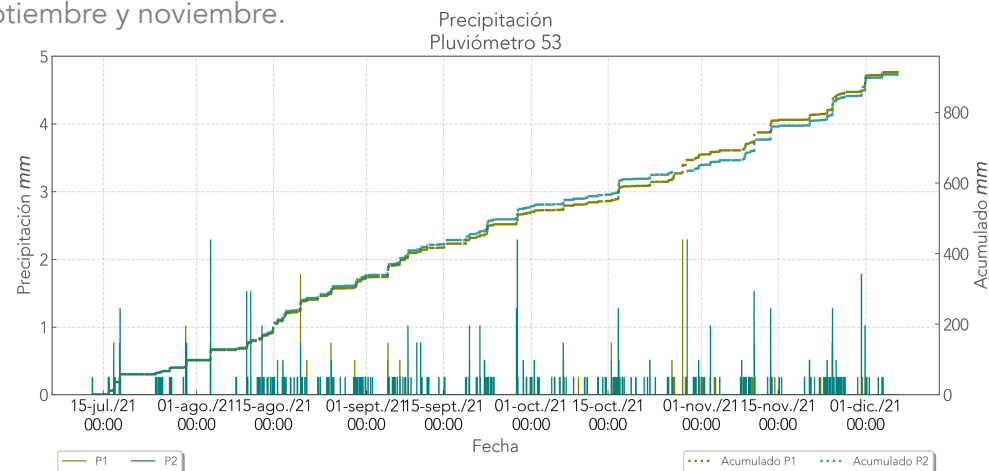


Figura 7. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.,

Aunque se reconocen zonas de deformación se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas dentro de las campañas de medición del proyecto con el fin de aumentar el conocimiento del comportamiento del terreno.

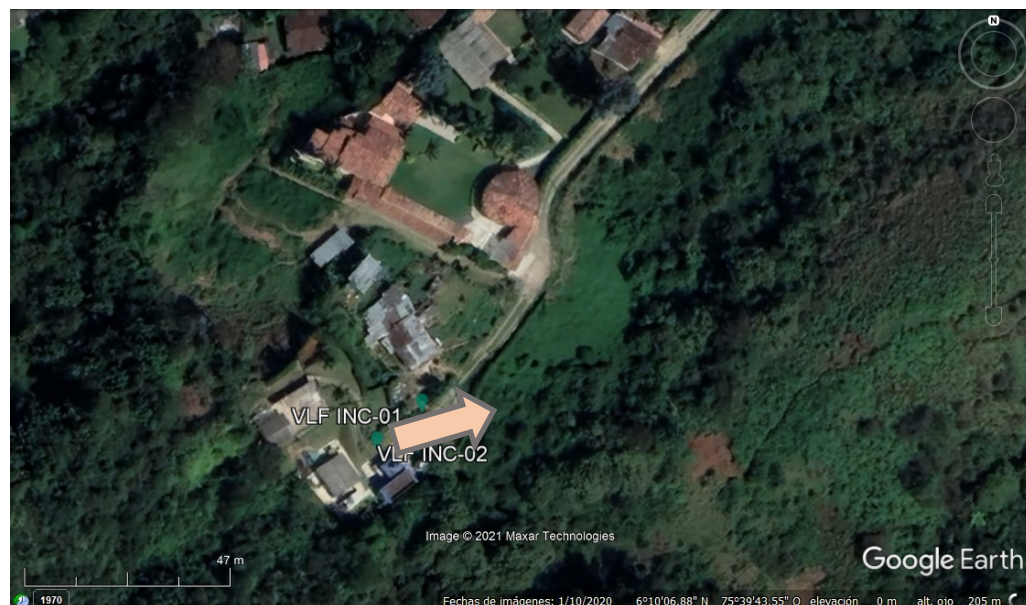


Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector Planta de acueducto vereda San José, corregimiento San Antonio de Prado, sur de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional por medio de dos instrumentos instalados, VLF INC-01 y VLF INC-02 (figura 1). Estos instrumentos han sido monitoreados periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través de su proyecto SIATA. El inclinómetro VLF INC-01 tiene una profundidad funcional de 6.5 m y el inclinómetro VLF INC-02 tiene una profundidad funcional de 34 m. El monitoreo de estos inclinómetros inició el día 27 de abril de 2021.

En el sitio ambos inclinómetros han mostrado deformaciones superiores al rango de precisión del equipo (2 mm). En superficie se observan deformaciones del terreno, escarpes de deslizamiento, grietas de tracción perdida de verticalidad de postes y otras afectaciones que reflejan las condiciones de inestabilidad en el sector (figura 2). En el lugar a la fecha se han realizado 18 lecturas a los instrumentos instalados.



Figura 2. Fotografías del sector Tanque San José.

La figura 3 muestra el comportamiento del terreno a través del tiempo del inclinómetro VLF INC-02, en el cual se han identificado dos periodos con aumento de velocidad en el desplazamiento, el primero entre el 18 de junio y 9 de julio de 2021 y el segundo entre el 29 de octubre y el 4 de noviembre de 2021. La máxima deformación del terreno se da en superficie en donde el inclinómetro registró 76.38 mm (+/- 2 mm) de desplazamiento acumulado relativo con respecto a la línea base, con movimiento hacia el este (acimut 80°).

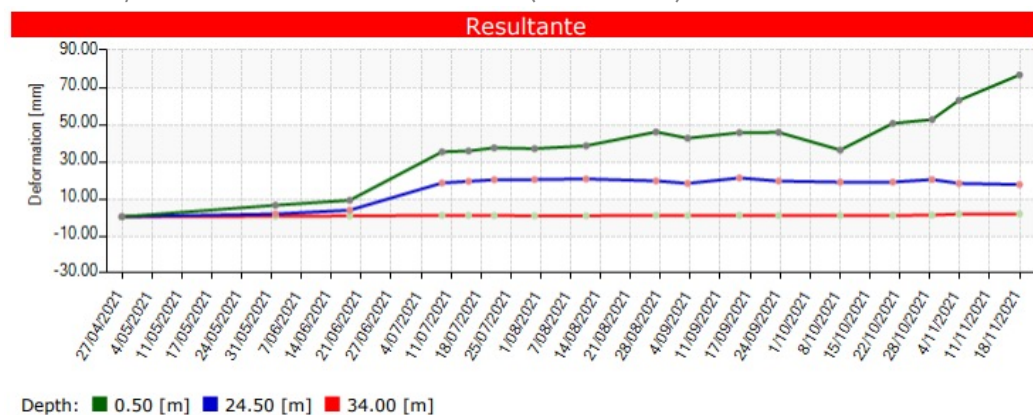


Figura 3. Evolución del desplazamiento del inclinómetro VLF INC-02 a lo largo de las campañas realizadas.

La figura 4 muestra el registro el monitoreo del inclinómetro VLF INC-02, en esta se observan dos zonas de mayor deformación, la primera a 25 m de profundidad y la segunda comienza desde 10 m aumentando el desplazamiento hacia superficie.

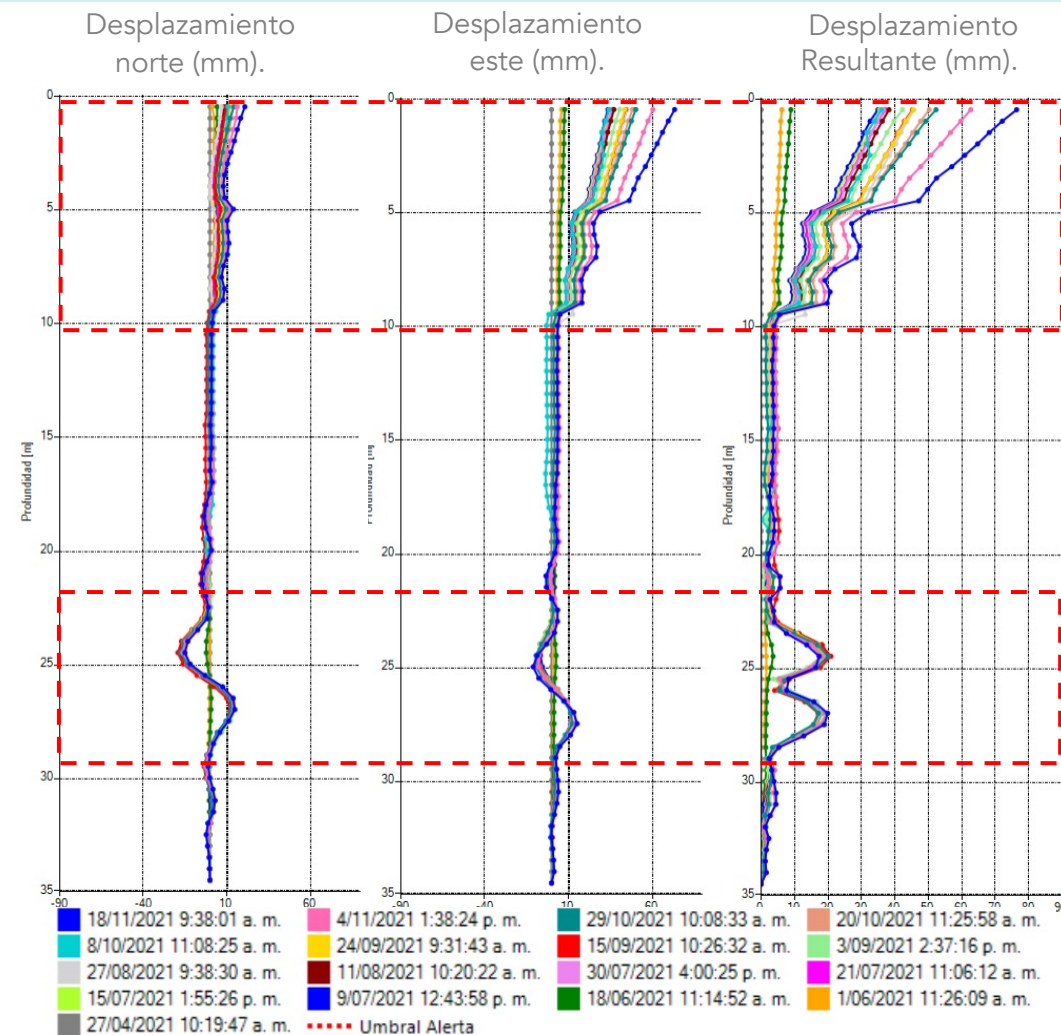


Figura 4. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas, inclinómetro VLF INC-02

El inclinómetro VLF INC-01 tenía una profundidad instalada de 25 m, sin embargo, este resultó fallado a 6.8 m de profundidad, a este instrumento se le realizan lecturas periódicas con el fin de identificar los desplazamientos en el terreno. La figura 5 muestra el comportamiento del terreno a través del tiempo del inclinómetro VLF INC-01. La máxima deformación del terreno se da en superficie en donde el inclinómetro registró 91.32 mm (+/- 2 mm) de desplazamiento acumulado relativo con respecto a la línea base.

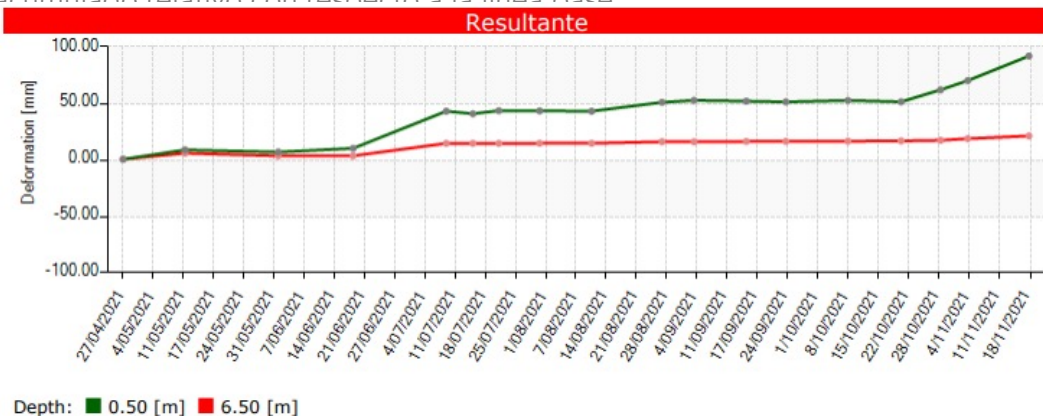


Figura 5. Evolución del desplazamiento del inclinómetro VLF INC-01 a lo largo de las campañas realizadas.

La figura 6 muestra el registro el monitoreo del inclinómetro VLF INC-01, el fondo de la tubería instrumento fallado no se encuentra en suelo firme, sin embargo, muestran los desplazamientos del terreno, lo que es útil para correlacionar la actividad del instrumento con respecto al inclinómetro VLF INC-02. Se observan los aumentos de desplazamiento entre las lecturas del 18 de junio y 9 de julio de 2021 y los desplazamientos en el mes de noviembre de 2021.

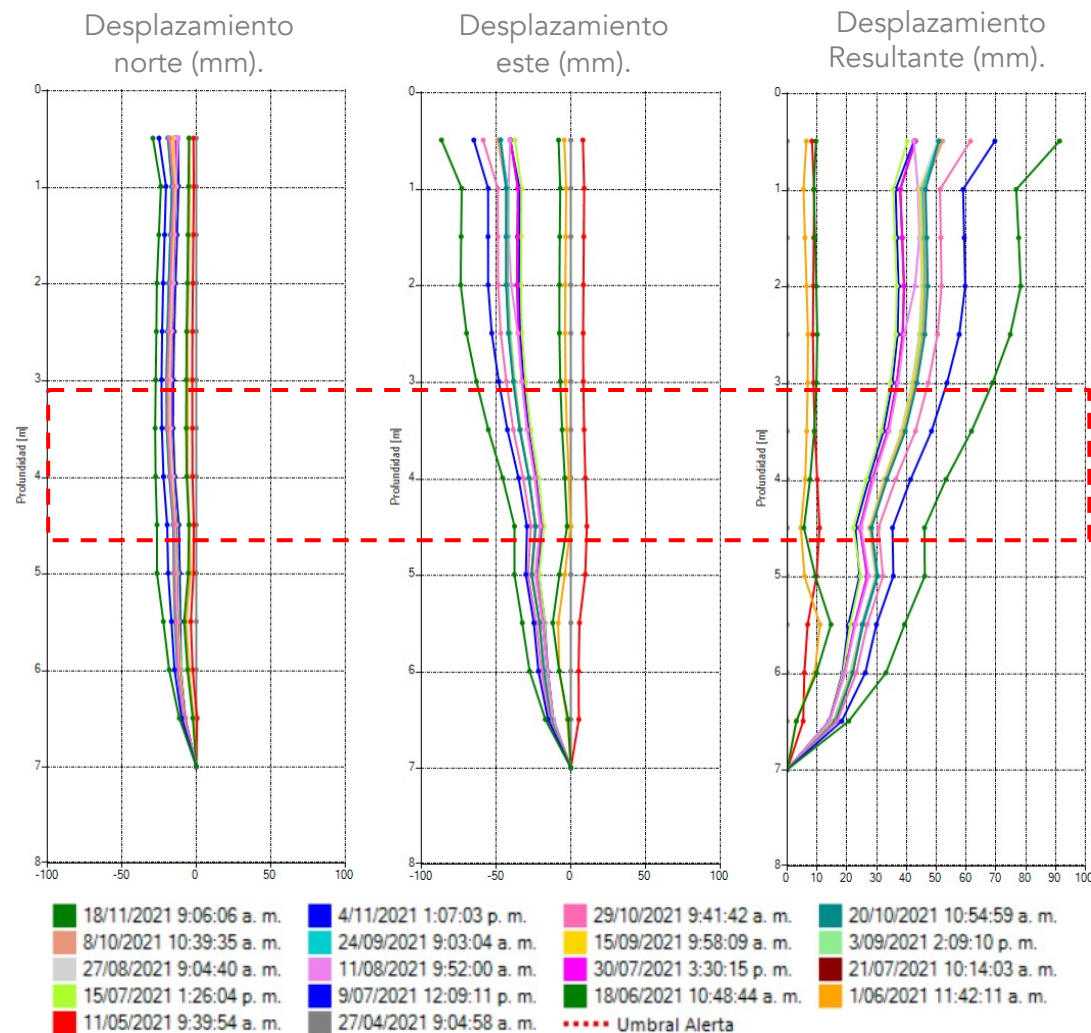


Figura 6. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas, inclinómetro VLF INC-01

La figura 7 muestra los cambios en las velocidades de desplazamiento en la zona de mayor deformación el instrumento VLF INC-02 (en superficie), con esta grafica se puede observar el comportamiento del terreno de identificar los picos de deformación. Estos picos de deformación se analizaron con respecto a las precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano (pluviómetro 288), donde se analizaron las precipitaciones acumuladas antecedentes en diferentes

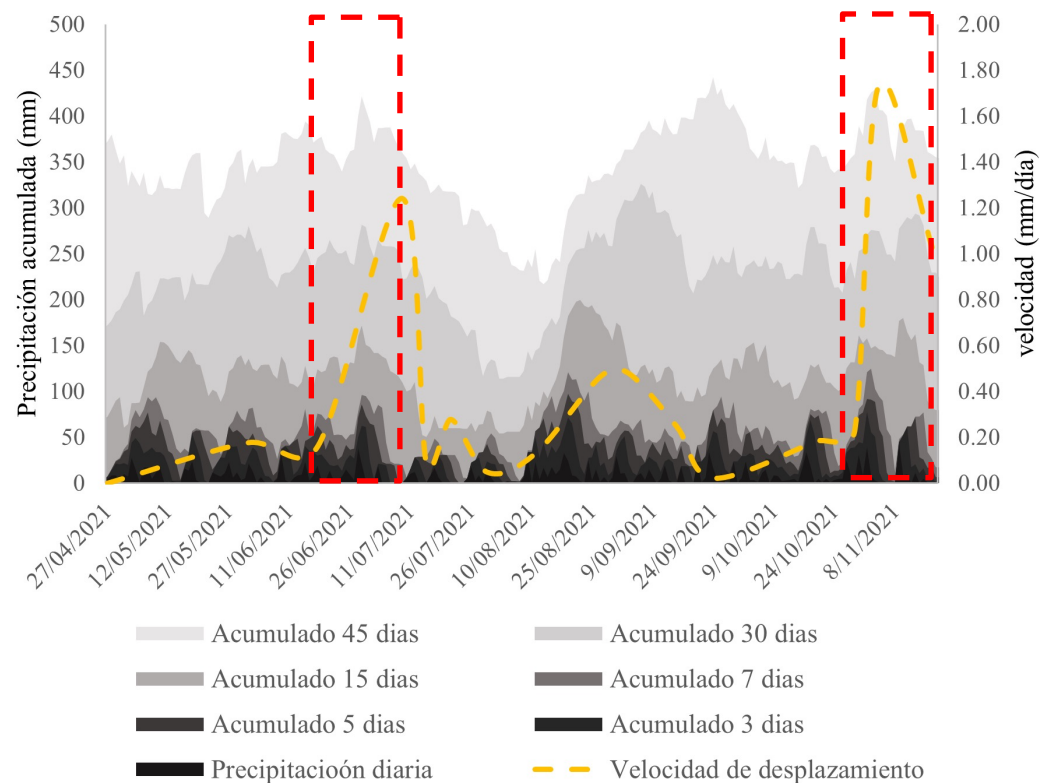
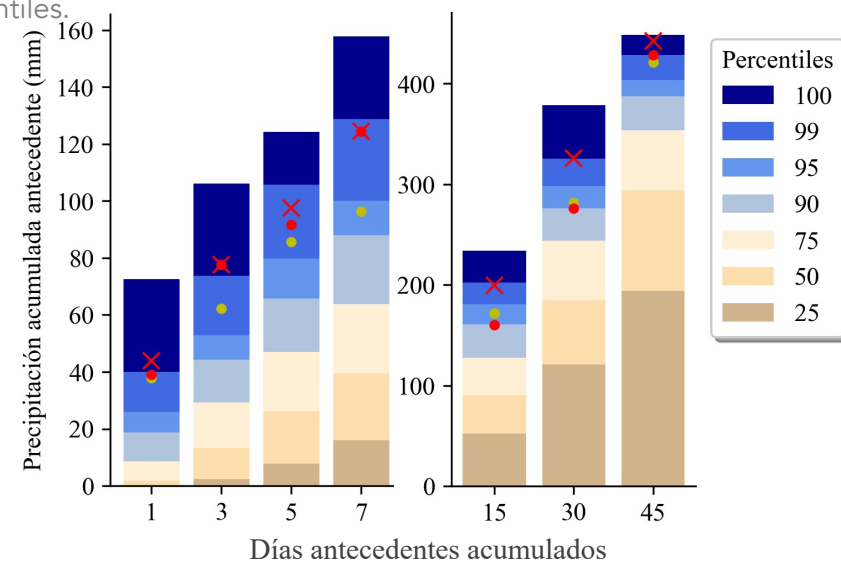


Figura 7. Velocidad de desplazamiento a través el tiempo el inclinómetro VLF INC-02

Se analizaron los máximos acumulados registrados por el pluviómetro cercano (pluviómetro 288 de SIATA) en las fechas donde ocurrieron los picos de deformación y se compararon con los máximas precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo del sitio Tanque San José. La figura 8 permite identificar las condiciones hidrometeorológicas en las cuales se dieron los picos de deformación identificados en el monitoreo de los inclinómetros y se compara con el registro histórico del pluviómetro 288, el cual se encuentra representado en barras divididas por percentiles.



Máximas precipitaciones entre:

- × Desde el inicio del monitoreo
- 18 de junio y 9 de julio de 2021
- 29 de oct y 4 de nov de 2021

Figura 8. Máximas precipitaciones antecedentes acumuladas en el intervalo de tiempo en los cuales se dieron los picos de deformación

Respecto a la precipitación en la zona, los registros del pluviómetro 288, ubicado en el Colegio Waldorf, la figura 9 muestran precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo, superando 1750 mm, con múltiples eventos de precipitación durante el tiempo de monitoreo, resaltando una temporada de menos precipitaciones entre julio y agosto.

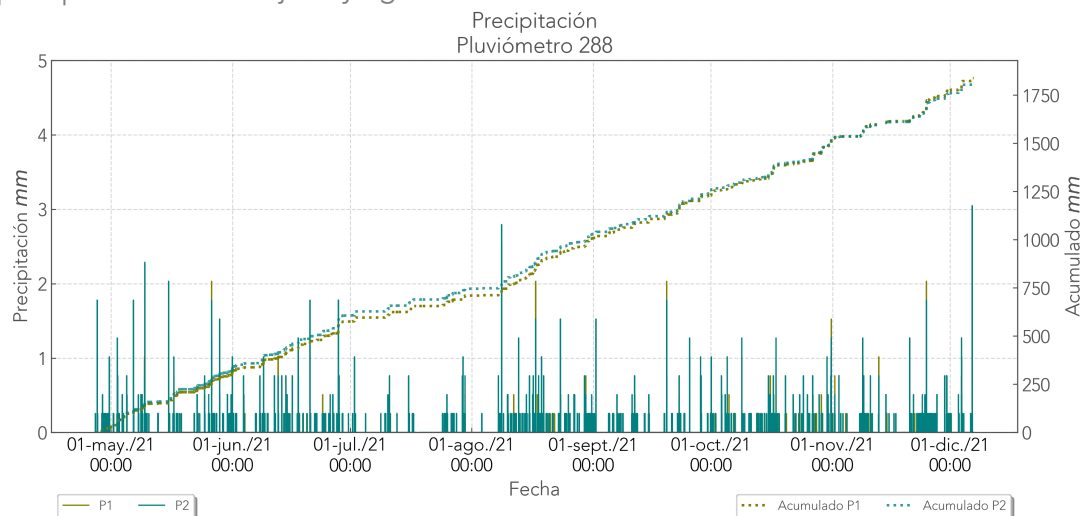


Figura 9. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

El monitoreo geotécnico ha identificado condiciones de inestabilidad en el sector Tanque San José, ubicado en el corregimiento San Antonio de Prado. En el sitio actualmente se dan procesos de remoción de masa activos, los cuales están afectando la planta de tratamiento de acueducto veredal, además de la vía de acceso vehicular a las edificaciones del sector.

Se han identificado dos picos de deformación desde el inicio del monitoreo. Estos intervalos de deformación han ocurrido bajo condiciones hidrometeorológicas características de temporadas de lluvia con altas precipitaciones antecedentes acumuladas cercanas a los máximos acumulados desde el inicio del monitoreo, como se observa en las figuras 7, 8 y 9, esta última refleja las precipitaciones acumuladas desde el inicio del mes de octubre.

Por lo anterior se recomienda al Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres (DAGRD) visitar el lugar y evaluar las condiciones de este, teniendo en cuenta este monitoreo geotécnico. Se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas dentro de las campañas de medición del proyecto.



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector Calazanía, occidente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional por medio de dos instrumentos instalados, CPA INC-01 y CPA INC-02 (figura 1). Estos instrumentos han sido monitoreados periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través de su proyecto SIATA. El inclinómetro CPA INC-01 tiene una profundidad funcional de 10.5 m y el inclinómetro CPA INC-02 tiene una profundidad funcional de 10 m. El monitoreo de estos inclinómetros inició el día 27 de abril de 2021.

En el sitio ambos inclinómetros han mostrado deformaciones superiores al rango de precisión del equipo (2 mm). Estos inclinómetros se encuentran en la cabeza de un talud el cual es contenido por un muro de contención reforzado. Estos inclinómetros son monitoreados con el fin de monitorear la estabilidad del talud y la funcionalidad de la obra de contención (figura 2).



Figura 2. Fotografías del talud monitoreado en el sector Calazanía.

La figura 3 muestra el comportamiento del terreno a través del tiempo del inclinómetro CPA INC-01, al cual se le han realizado 18 lecturas desde el inicio del monitoreo. La máxima deformación del terreno se da en superficie en donde el inclinómetro registró 11.83 mm (+/- 2 mm) de desplazamiento acumulado relativo con respecto a la línea base, con movimiento hacia el este (acimut 85°).



Figura 3. Evolución del desplazamiento del inclinómetro CPA INC-01 a lo largo de las campañas realizadas.

La figura 4 muestra el registro el monitoreo del inclinómetro CPA INC-01, este tiene una velocidad de desplazamiento constante hacia el este desde el inicio del monitoreo, es importante recordar que este registro indica el comportamiento de la obra de contención del talud, específicamente el sector norte de este.

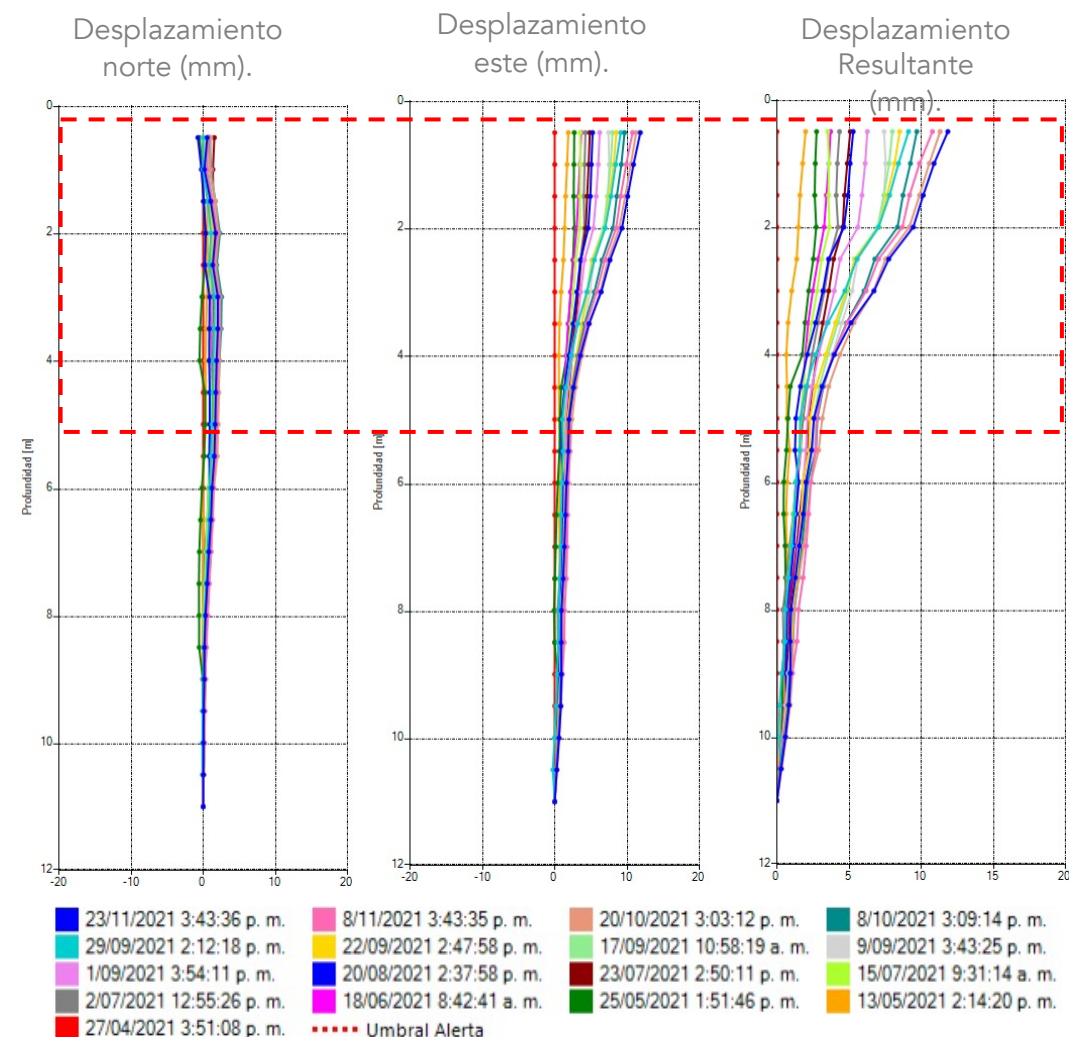


Figura 4. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas, inclinómetro CPA INC-01

La figura 5 muestra el comportamiento del terreno a través del tiempo del inclinómetro CPA INC-02, al cual se le han realizado 18 lecturas desde el inicio del monitoreo. La máxima deformación del terreno se da en superficie en donde el inclinómetro registró 6.19 mm (+/- 2 mm) de desplazamiento acumulado relativo con respecto a la línea base.



Figura 5. Evolución del desplazamiento del inclinómetro CPA INC-02 a lo largo de las campañas realizadas.

La figura 4 muestra el registro el monitoreo del inclinómetro CPA INC-02, este tiene una velocidad de desplazamiento constante el inicio del monitoreo, es importante recordar que este registro indica el comportamiento de la obra de contención del talud, específicamente el sector sur de este muro.

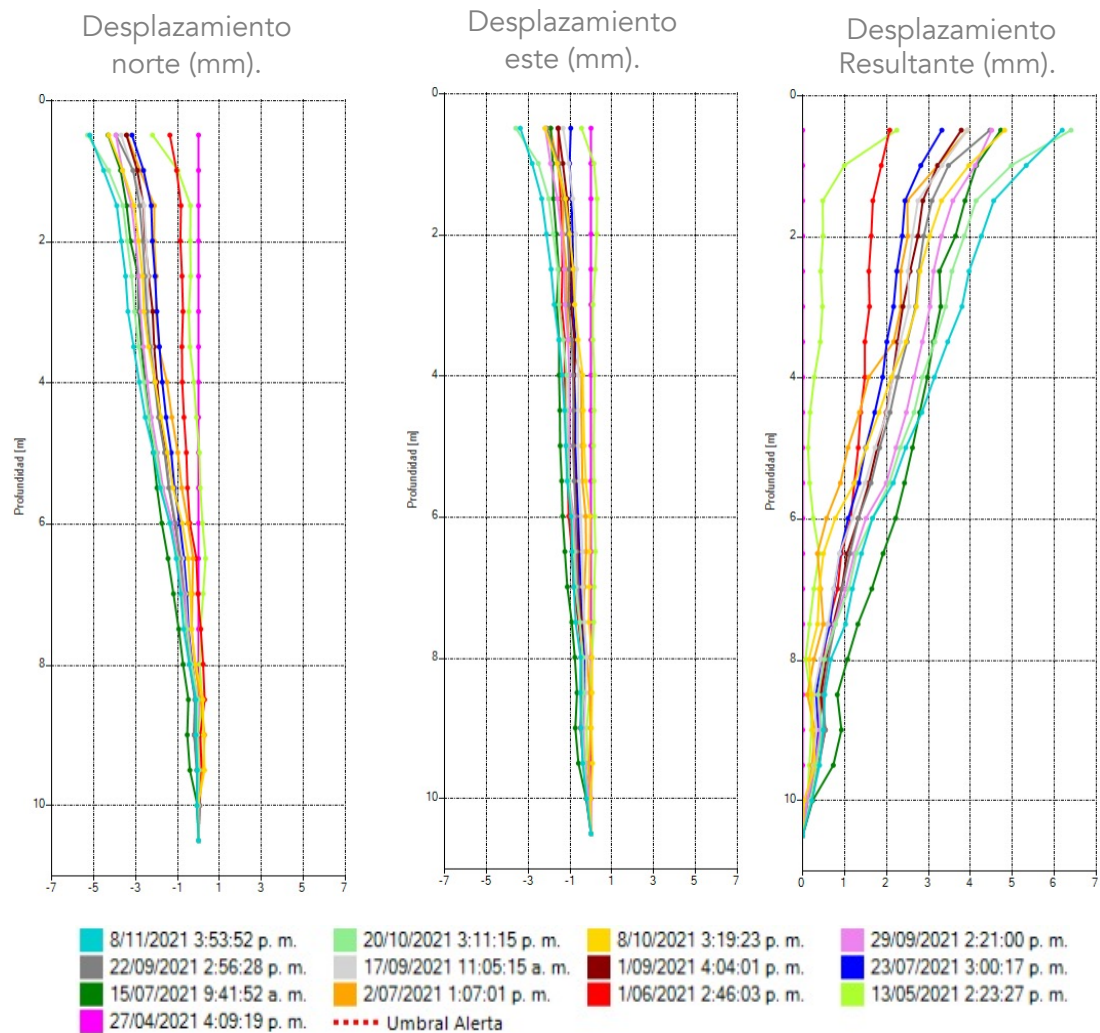


Figura 6. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas, inclinómetro CPA INC-02

Respecto a la precipitación en la zona, la figura 7 muestra el registró del pluviómetro cercano al sector monitoreado (I. E. Concejo de Medellín) desde el inicio del monitoreo geotécnico, en el cual el acumulado a la fecha es superior a 1200 mm.

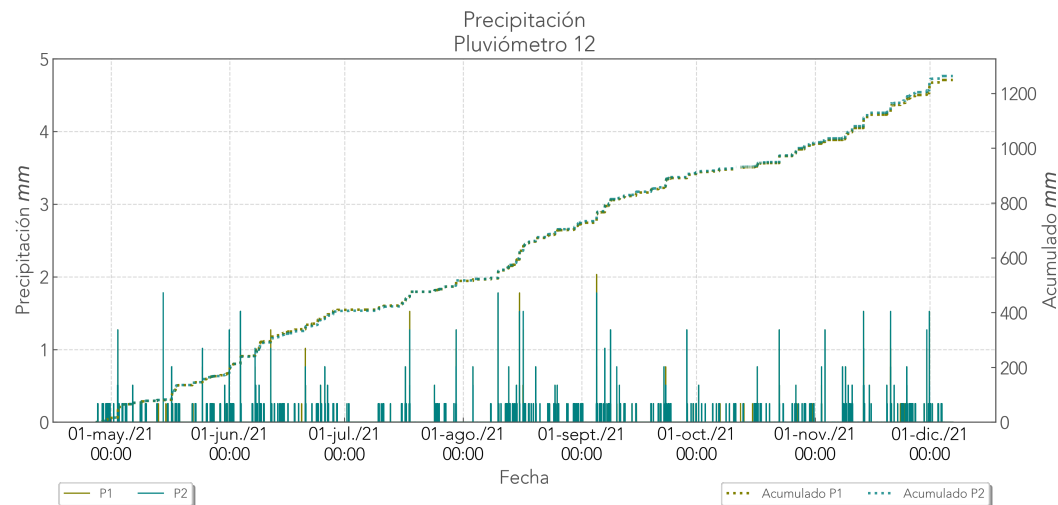


Figura 4. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

El instrumento ha registrado desplazamientos superiores al rango de precisión del equipo con respecto a la línea base mostrando desplazamientos del terreno constantes en cada lectura realizada, especialmente al inclinómetro CPA INC 01. Por lo anterior y teniendo en cuenta que se monitorea el funcionamiento de una obra de contención se recomienda al Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres (DAGR) visitar el lugar y evaluar las condiciones de este, teniendo en cuenta este monitoreo geotécnico. Se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas dentro de las campañas de medición del proyecto



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector Barichara, corregimiento de San Antonio de Prado, suroccidente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional por medio de tres instrumentos instalados, SAP INC-01, SAP INC-02 y SAP INC-03 (figura 1). De estos instrumentos, el inclinómetro SAP INC-03 se encuentra activo con una profundidad funcional de 14.5. El inclinómetro SAP INC-02 se encontró fallado a 4 m de profundidad y el inclinómetro SAP INC-01 no fue encontrado. Estos instrumentos han sido monitoreados periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través de su proyecto SIATA. El inclinómetro SAP INC-03 es monitoreado desde el 23 de abril de 2021.

A la fecha se han realizado 14 lecturas al inclinómetro SAP INC-03 en las cuáles se pudo registrar un desplazamiento acumulado relativo máximo de 3.25 mm +/- 2 mm a 3 m de profundidad hacia el norte (figura 2 y 3), con respecto a la lectura base registrada el día 23 de abril de 2021. Este desplazamiento es levemente superior al rango de precisión del equipo (2 mm) y se superó en la lectura de septiembre 9 de 2021.

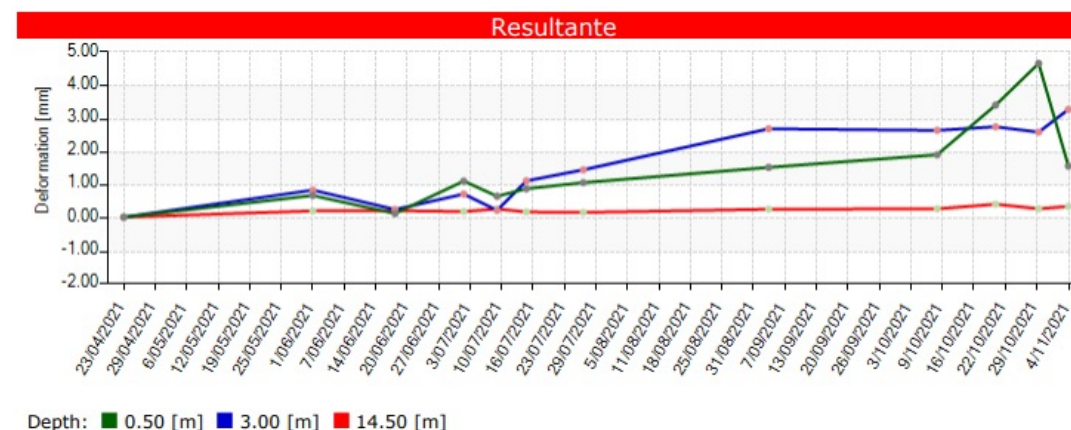


Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 3. Los desplazamientos que superan el rango de precisión del equipo solo se registran a partir del 20 de agosto de 2021 y estos solo lo superan en la parte superior del instrumento desde superficie hasta 4 m de profundidad, sin embargo, resalta un cambio en las tendencias de los registros con respecto a las lecturas previas.

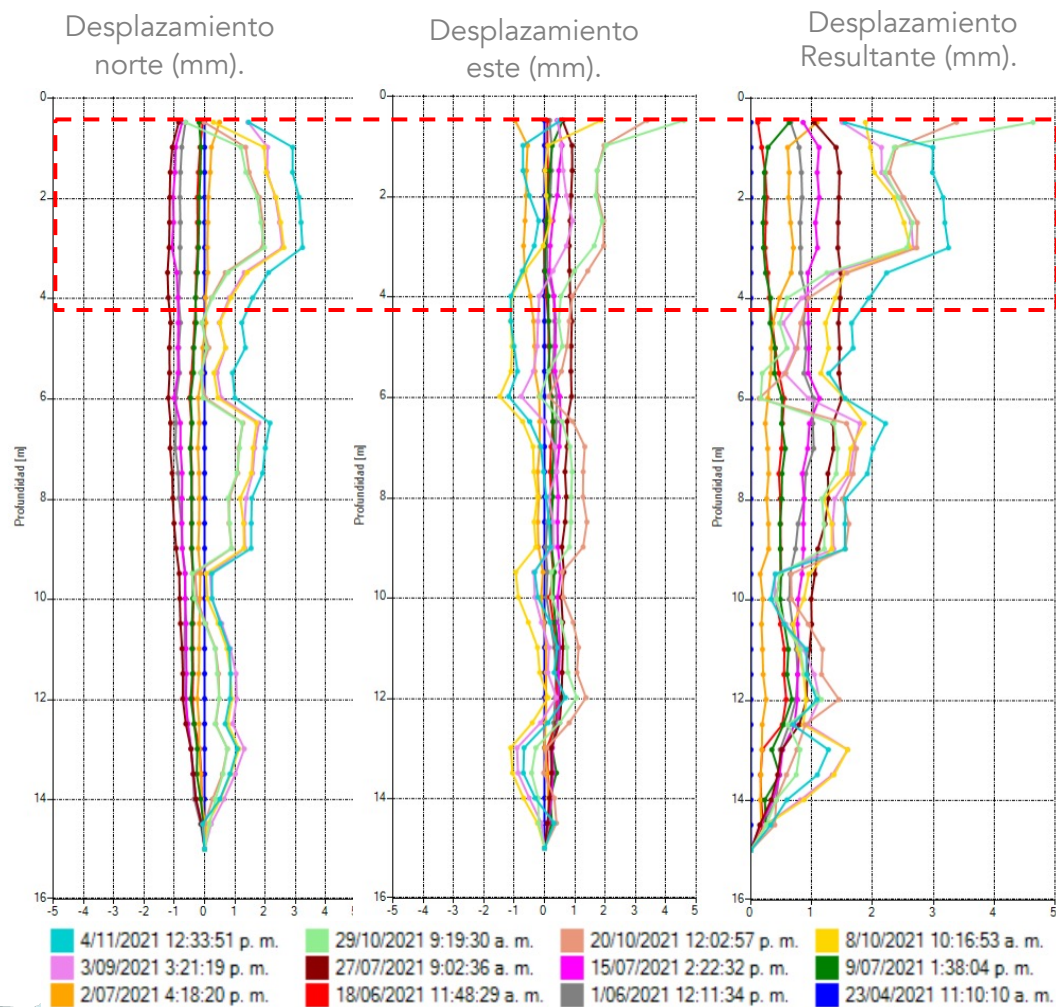


Figura 4. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas, inclinómetro SAP INC-03

Respecto a la precipitación en la zona, los registros del pluviómetro 288, ubicado en el Colegio Waldorf, la figura 5 muestran precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo, superando 1750 mm, con múltiples eventos de precipitación durante el tiempo de monitoreo, resaltando una temporada de menos precipitaciones entre julio y agosto y múltiples eventos de precipitación entre septiembre y diciembre de 2021.

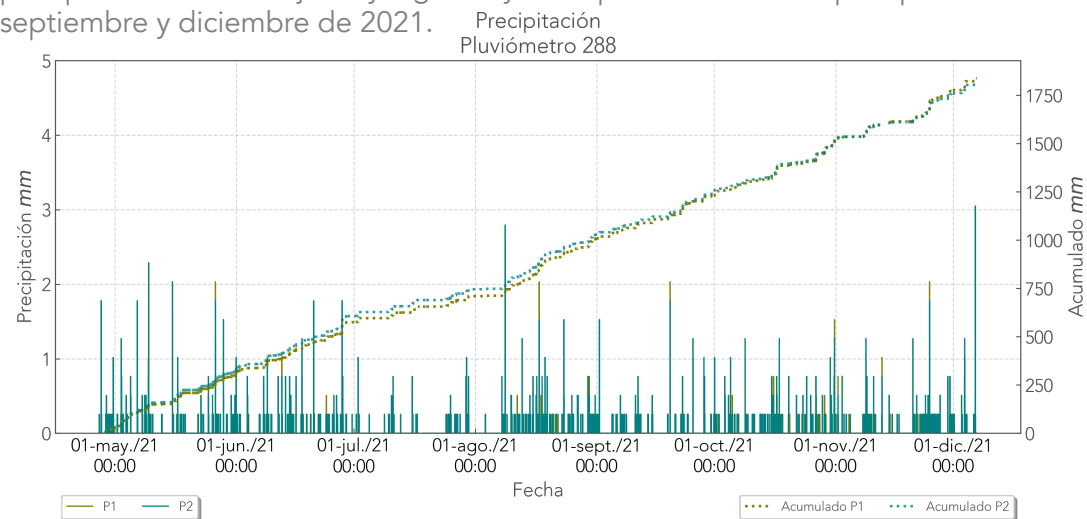


Figura 5 Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Durante el monitoreo geotécnico no se han registrado aumentos en la velocidad de desplazamientos significativos, los desplazamientos acumulados generalmente esta cerca del rango de precisión del equipo, pudiendo en ocasiones presentar desplazamientos menores a este rango en ambos equipos. Se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas dentro de las campañas de medición del proyecto.



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector Los Chivos, corregimiento de Altavista, occidente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional por medio de un instrumento instalado, Los Chivos – Altavista Inc 1 (figura 1). Este instrumento ha sido monitoreado periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través de su proyecto SIATA. El inclinómetro Los Chivos – Altavista Inc 1 tiene una profundidad instalada de 22 m y es monitoreado desde el 1 de junio de 2021.

A la fecha se han realizado 15 lecturas al inclinómetro Los Chivos – Altavista Inc 1 en las cuáles solo se han registrado desplazamientos acumulados relativos superiores al rango de precisión del equipo (2 mm) en lecturas realizadas en el mes de julio y las ultimas lecturas registran desplazamientos menores al rango de precisión el equipo (Figuras 2 y 3) con respecto a la lectura base registrada el día 1 de junio de 2021.

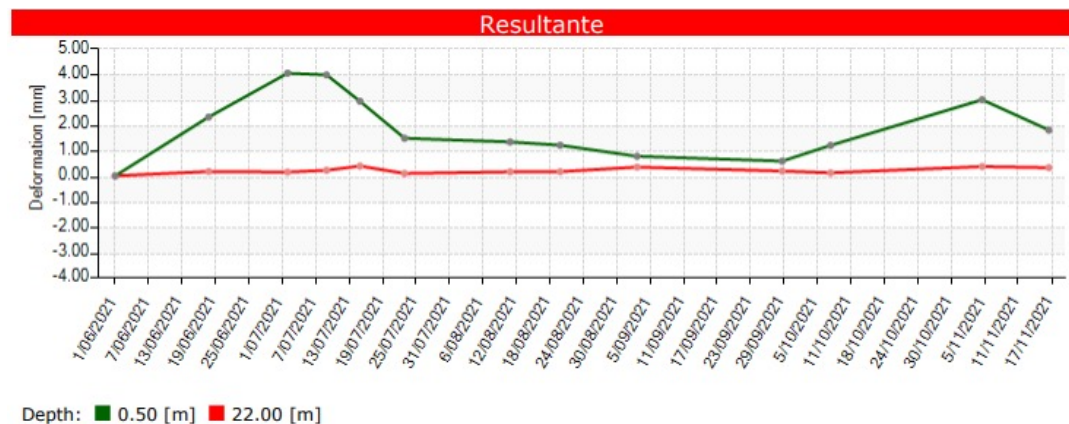


Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 3. Los desplazamientos registrados en la ultimas campañas de lecturas no superan el rango de precisión del equipo (2 mm).

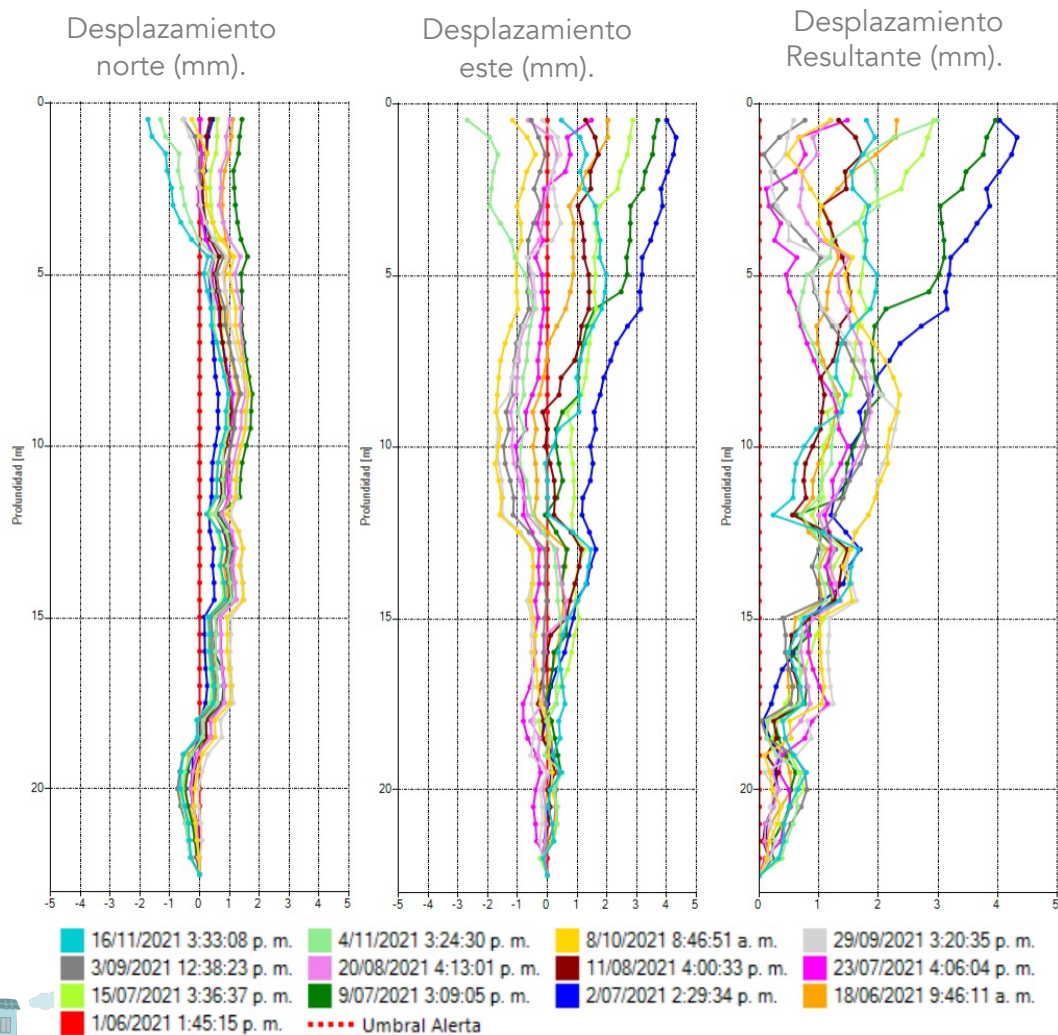


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas, inclinómetro Los Chivos – Altavista Inc 1.

Respecto a la precipitación en la zona, los registros del pluviómetro 39, ubicado en el Colegio Pedro Octavio Amado, la figura 5 muestran precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo, superando 1750 mm, con múltiples eventos de precipitación durante el tiempo de monitoreo, resaltando una temporada de menos precipitaciones entre julio y agosto y múltiples eventos de precipitación entre septiembre y noviembre de 2021.

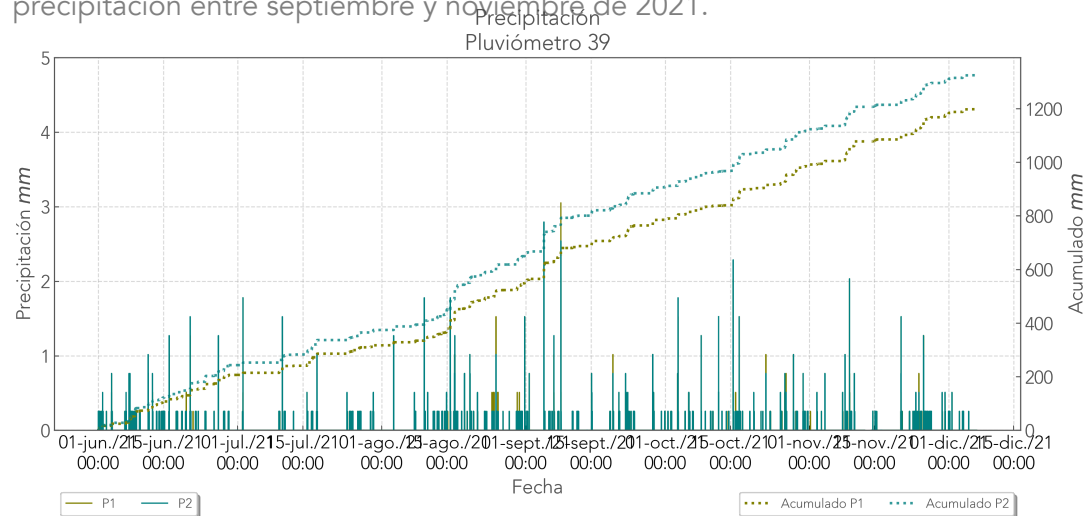


Figura 5 Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

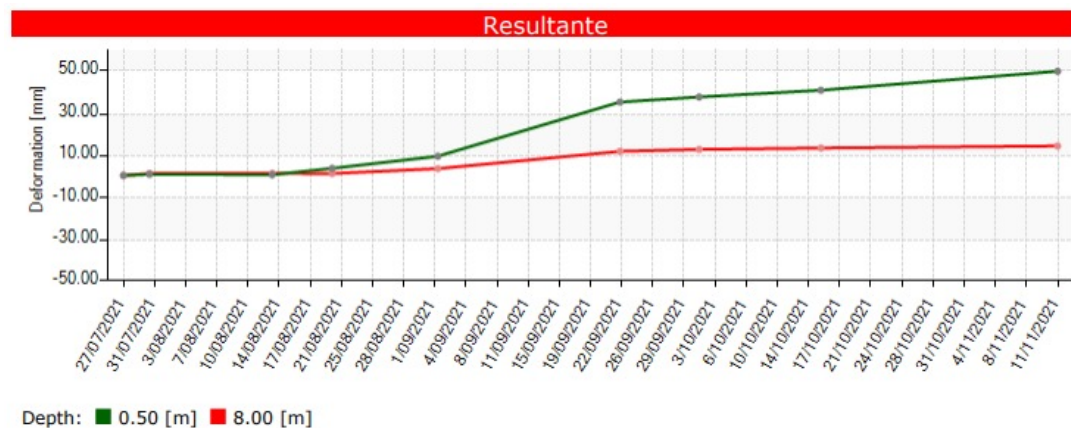
Durante el monitoreo geotécnico no se han registrado aumentos en la velocidad de desplazamientos significativos, los desplazamientos acumulados generalmente esta cerca del rango de precisión del equipo, pudiendo en ocasiones presentar desplazamientos menores a este rango en ambos equipos. Se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas dentro de las campañas de medición del proyecto.

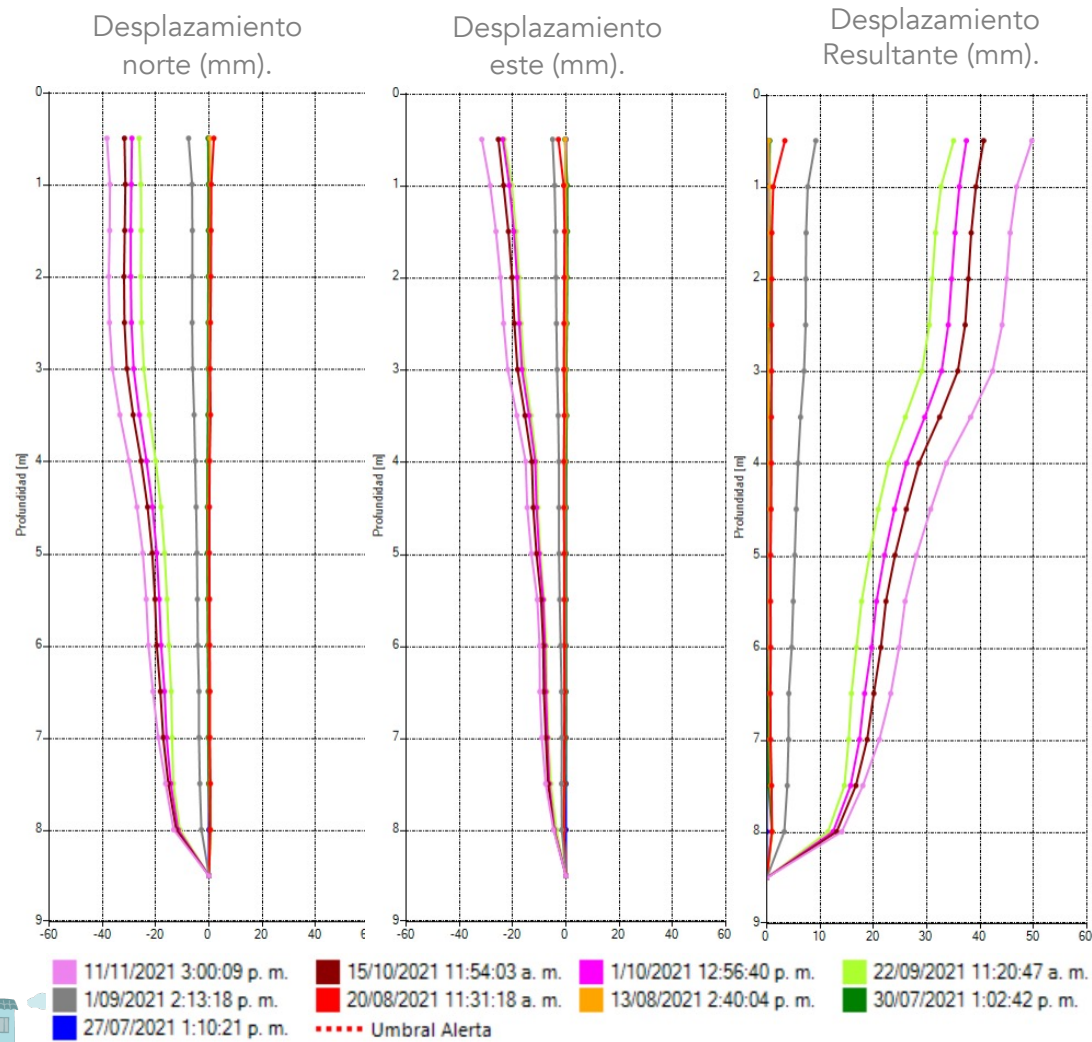


Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en la vía Medellín – San Pedro sector Pajarito, occidente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional por medio de dos instrumentos instalados, VP INC-01 y Vía San Pedro Inc 1 (figura 1). Estos instrumentos han sido monitoreados periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través de su proyecto SIATA. El inclinómetro VP INC-01 se encontró fallado a 4 m de profundidad al inicio del monitoreo geotécnico, mientras que el instrumento Vía San Pedro Inc 1 falló luego de su instalación a 8.5 m de profundidad.

A la fecha se han realizado 9 lecturas al inclinómetro Vía San Pedro Inc 1, aunque las magnitudes y dirección de desplazamiento pueden no corresponder al movimiento real el terreno, ya que el instrumento está fallado, con un fondo de la tubería registrada en suelo no firme, por lo tanto, los desplazamientos mostrados a continuación son un reflejo del comportamiento del terreno en donde se han registrado desplazamientos de hasta 49.7 mm hacia el suroeste.





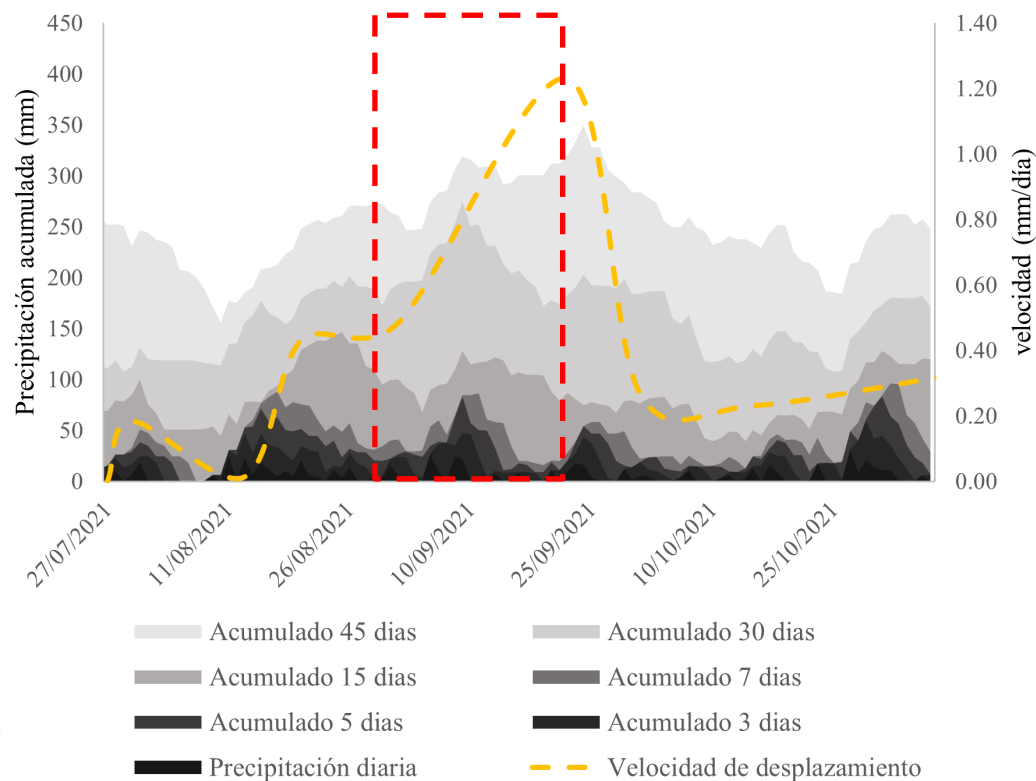
El monitoreo geotécnico del sitio de interés identificó un pico de deformación entre el 1 y el 22 de septiembre de 2021 (representado entre las líneas gris y verde de la figura 3). Este aumento registrado se correlaciona con evidencia en superficie, como grietas y escarpes en vía vehicular (figura 4).



Figura 4. Afectaciones en vía vehicular, fotografía izquierda tomada el 27 de julio de 2021 y la fotografía derecha toma el 1 de octubre de 2021.

Figura 4. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas, inclinómetro Vía San Pedro Inc 1.

La figura 5 muestra los cambios en las velocidades de desplazamiento en la zona de mayor deformación el instrumento Vía San Pedro Inc 1 (en superficie), con esta grafica se puede observar el comportamiento del terreno de identificar los picos de deformación. Estos picos de deformación se analizaron con respecto a las precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano (pluviómetro 20), donde se analizaron las precipitaciones acumuladas antecedentes en diferentes intervalos de tiempo.



Se analizaron los máximos acumulados registrados por el pluviómetro cercano (pluviómetro 20 de SIATA) en las fechas donde ocurrieron los picos de deformación y se compararon con los máximas precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo del sector Pajarito en la Vía San Pedro. La figura 6 permite identificar las condiciones hidrometeorológicas en las cuales se dieron los picos de deformación identificados en el monitoreo de los inclinómetros y se compara con el registro histórico del pluviómetro 20, el cual se encuentra representado en barras divididas por percentiles.

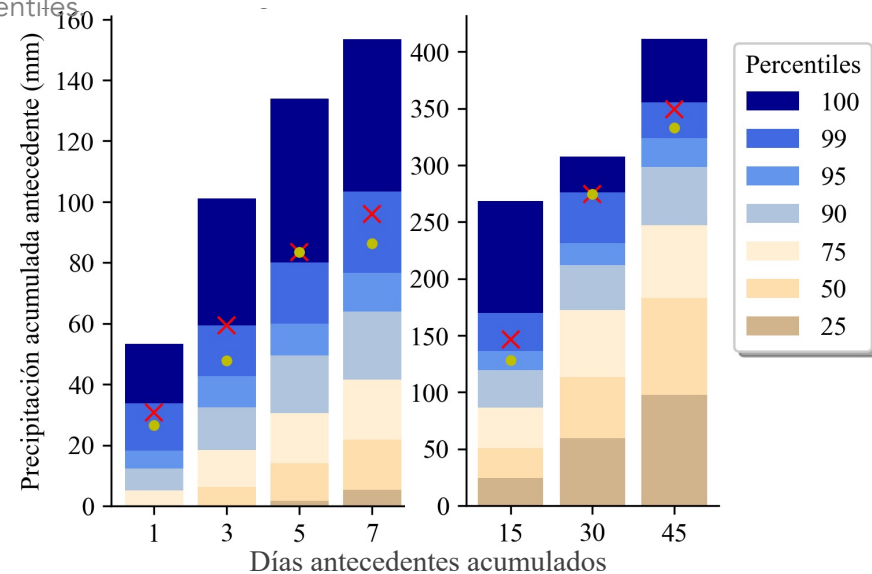


Figura 5. Velocidad de desplazamiento a través el tiempo el inclinómetro Vía San Pedro Inc 1.

Figura 6. Máximas precipitaciones antecedentes acumuladas en el intervalo de tiempo en los cuales se dieron los picos de deformación.

Respecto a la precipitación en la zona, la figura 7 muestra el registró del pluviómetro cercano (Pluviómetro 20 ubicado en Hogares Claret) al sector monitoreado desde el inicio del monitoreo geotécnico hasta la ultima lectura realizada al inclinómetro Vía San Pedro Inc 1, en el cual el acumulado es superior a 800 mm.

Adicionalmente se encontraron otros instrumentos instalados en el costado oriental de la vía, el cual se encontró fallado a 9 metros de profundidad. Las deformaciones de la vía vehicular y otras afectaciones en el terreno mantienen una continua evolución. Debido a las condiciones de inestabilidad del sitio al Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres (DAGR) visitar el lugar y evaluar las condiciones de este, teniendo en cuenta este monitoreo geotécnico.

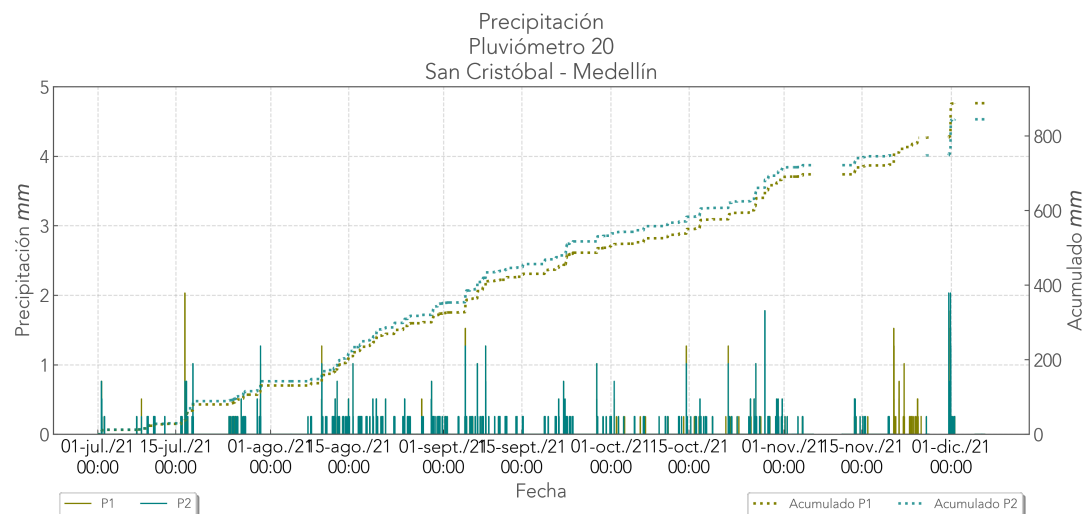


Figura 7. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Según las figuras 5,6 y 7 durante el intervalo de tiempo en el que se dio la mayor deformación (entre el 1 y 22 de septiembre), el pluviómetro 20, cercano al sitio monitoreado registró altas precipitaciones acumuladas antecedentes de corto y largo plazo para en comparación con otros periodos del monitoreo geotécnico, sin embargo, la deformación no ocurrió en un solo evento, esta se da continuamente lo que provocó la falla del instrumento luego de su instalación.

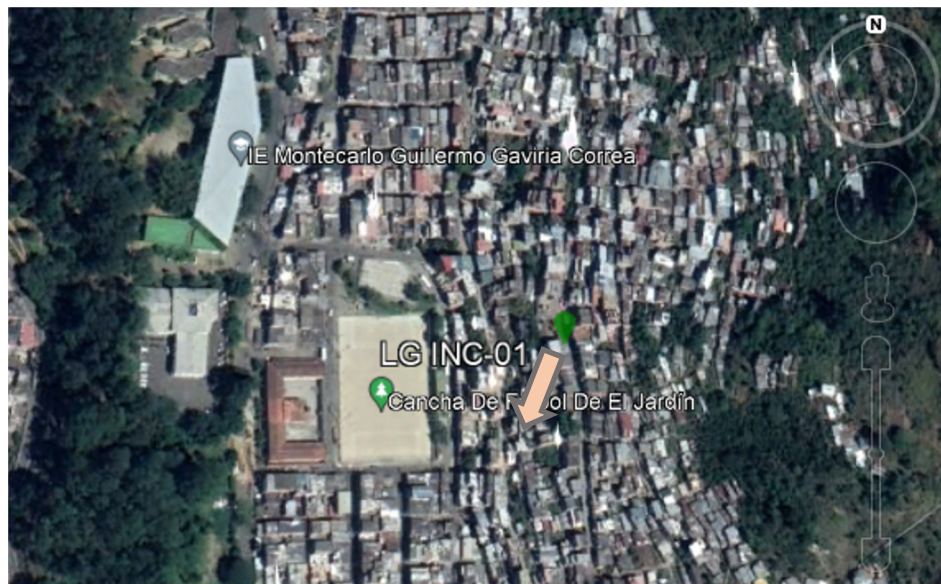


Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el barrio Las Granjas, comuna 3, ladera nororiental de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional, por medio de un instrumento instalado en el sitio (figura 1) con una profundidad funcional de 15.5 m. Este inclinómetro ha sido monitoreado periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través del proyecto SIATA. A la fecha se han realizado 14 lecturas desde el inicio del monitoreo el 27 de abril de 2021. El monitoreo geotécnico ha registrado desplazamientos acumulados relativos máximos de 5.95 mm a 10 m de profundidad. Esta deformación se registró el 16 de noviembre de 2021.

Durante las dos últimas lecturas el 8 y 16 de noviembre se registró un aumento en el desplazamiento relativo acumulado igual a 0.18 mm a 10 m de profundidad (Figura 2).

El movimiento además presenta una componente hacia el suroccidente (figura 1). En la siguiente gráfica se observa la evolución del desplazamiento registrado en el inclinómetro a diferentes profundidades, donde la línea roja representa las profundidades cercanas a 15.5, línea azul a 10 m de profundidad donde ocurre la mayor deformación y la línea verde las deformaciones a nivel superficial (cercanas a 0.50 m):

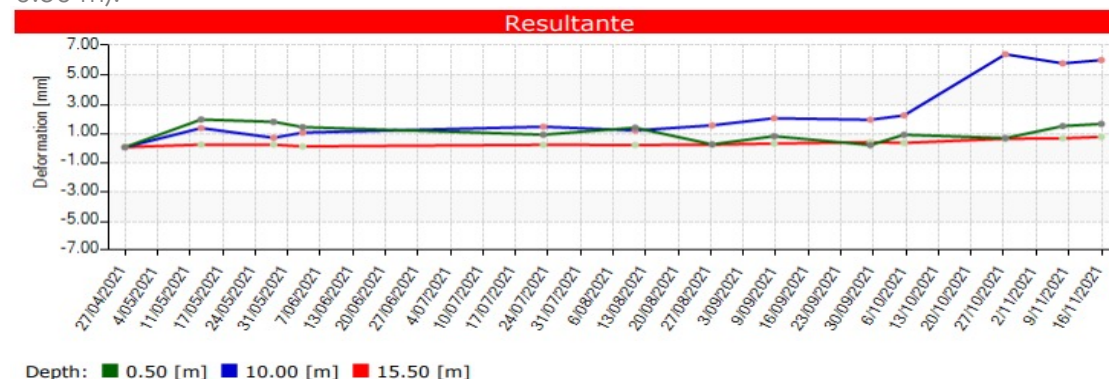


Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 3. Los desplazamientos se dan a una profundidad de 10 m, registrando el máximo desplazamiento en esta profundidad hacia el suroccidente (Azimut: 270°), registrando un desplazamiento acumulado relativo de 5.95 mm con respecto a la lectura realizada el 27 de abril de 2021.

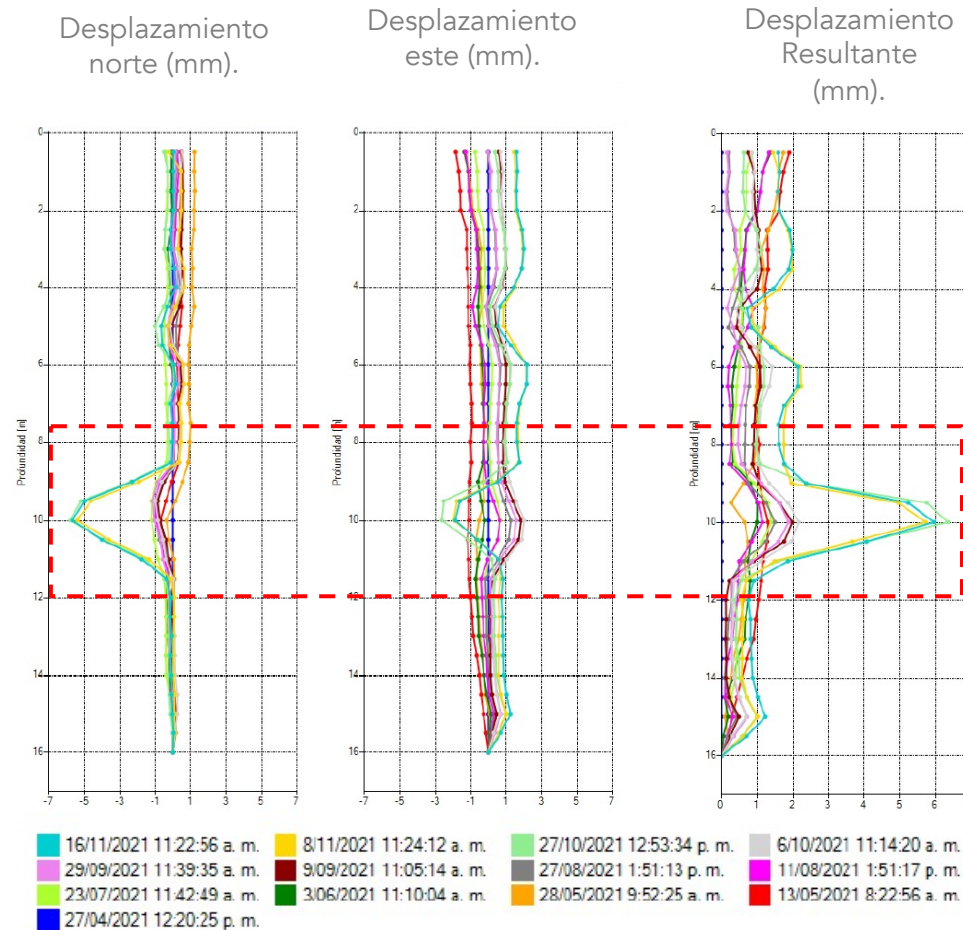


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas.

La figura 4 muestra los cambios en las velocidades de desplazamiento en la zona de mayor deformación el instrumento LG INC-01 (en superficie), con esta grafica se puede observar el comportamiento del terreno de identificar los picos de deformación. Estos picos de deformación se analizaron con respecto a las precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano (pluviómetro 55), donde se analizaron las precipitaciones acumuladas antecedentes en diferentes intervalos de tiempo.

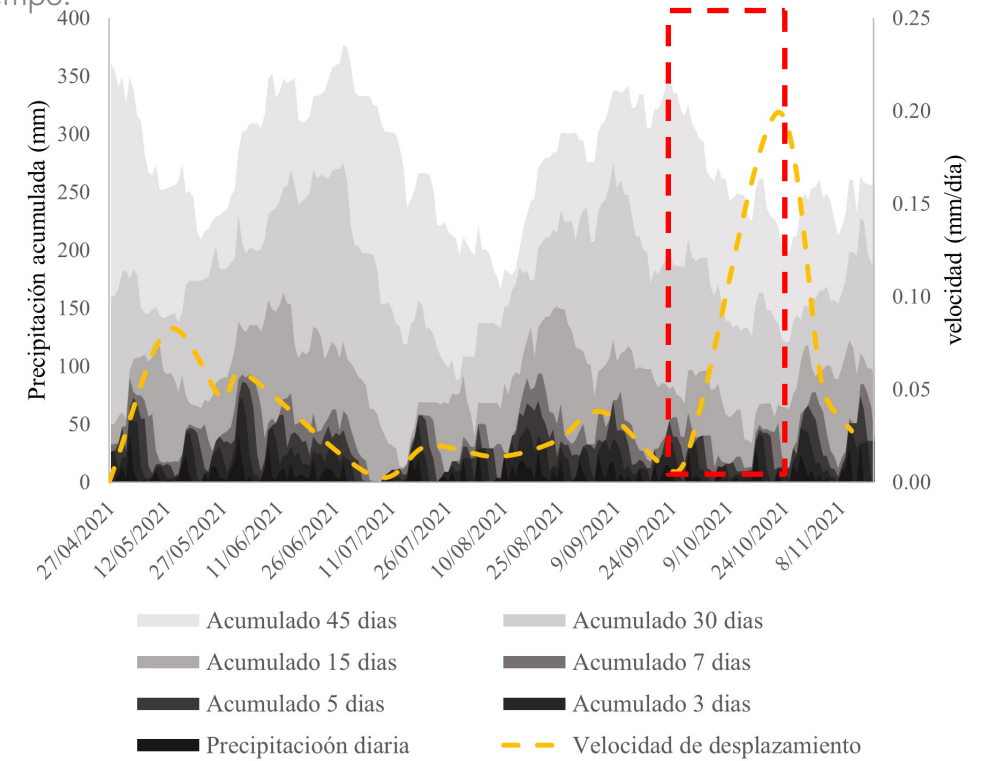


Figura 4. Velocidad de desplazamiento a través el tiempo el inclinómetro LG INC-01

Se analizaron los máximos acumulados registrados por el pluviómetro cercano (pluviómetro 55 de SIATA) en las fechas donde ocurrieron los picos de deformación y se compararon con los máximas precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo del sector Las Granjas La figura 5 permite identificar las condiciones hidrometeorológicas en las cuales se dieron los picos de deformación identificados en el monitoreo de los inclinómetros y se compara con el registro histórico del pluviómetro 55, el cual se encuentra representado en barras divididas por percentiles.

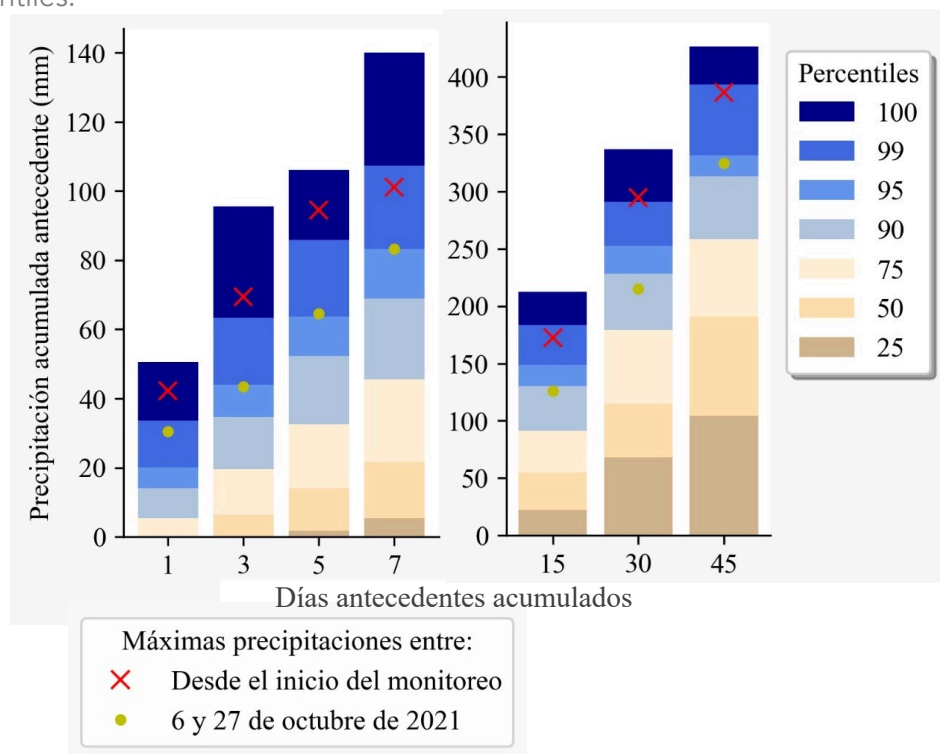


Figura 5. Máximas precipitaciones antecedentes acumuladas en el intervalo de tiempo en los cuales se dieron los picos de deformación

Respecto a la precipitación en la zona, los registros del pluviómetro 55, ubicado en el colegio Reino Bélgica (ubicado a 900 m al norte del sitio monitoreado), durante el periodo

de monitoreo muestra precipitaciones acumuladas mayores a 1500 mm. La mayor precipitación acumulada se dio en el mes de septiembre como se observa en la siguiente figura 6.

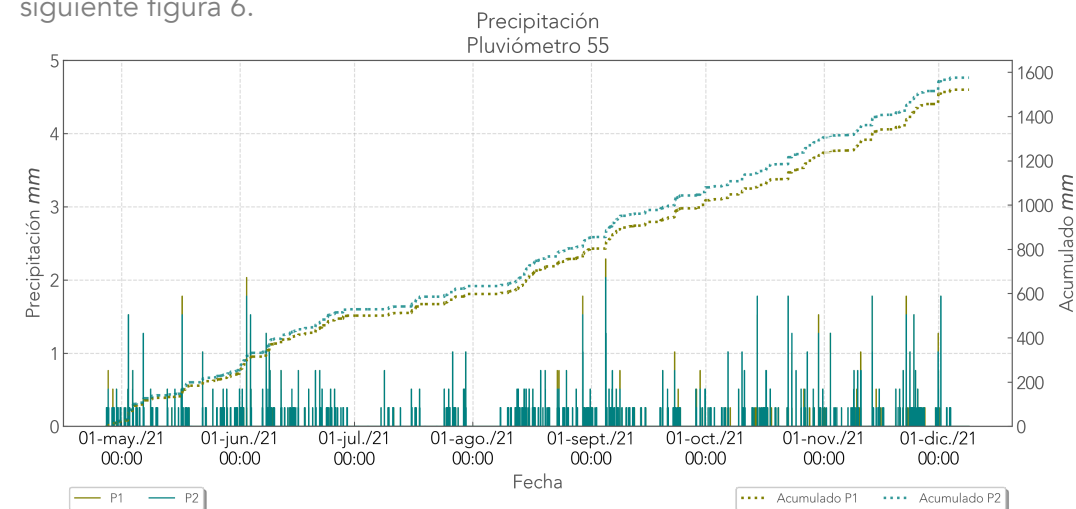


Figura 6. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Finalmente, se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas con mayor frecuencia dentro de las campañas de medición del proyecto.

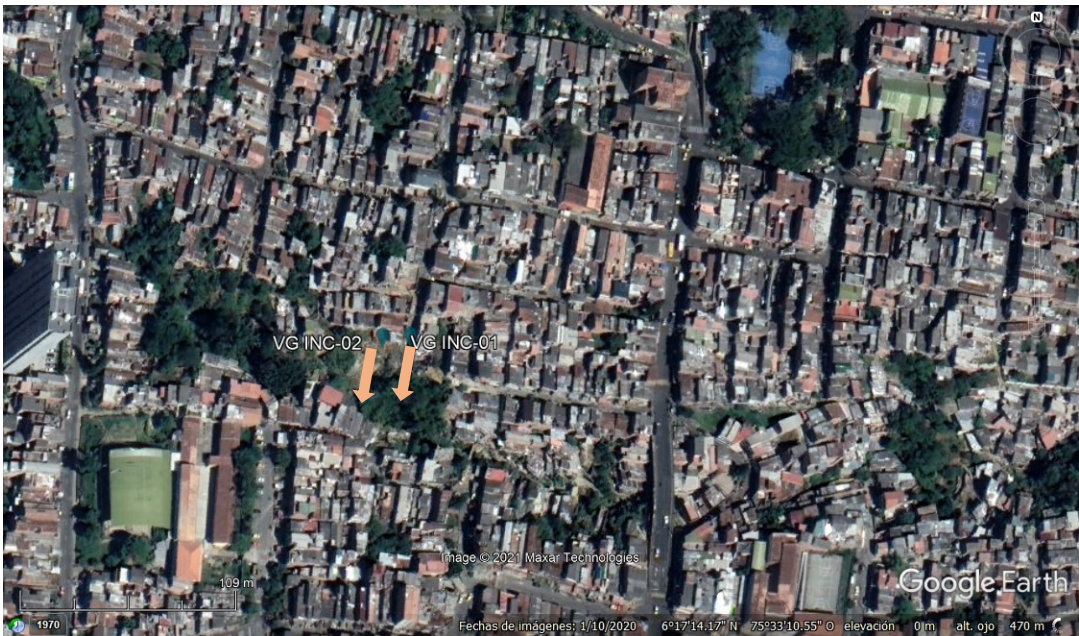


Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector Villa Guadalupe, en el nororiente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional, por medio de dos instrumentos instalados en el sitio (figura 1) con una profundidad funcional de 19.5 m (VG INC 01) y 20 m (VG INC 02). Estos inclinómetros han sido monitoreados periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través del proyecto SIATA. A la fecha se han realizado 8 lecturas desde el inicio del monitoreo el 07 de septiembre de 2021. El monitoreo geotécnico ha registrado desplazamientos acumulados relativos máximos de 2.5 mm para VG INC 01 y 2.40 para VG INC 02 ambos a 0.5 m de profundidad. Esta deformación se registró el 16 de noviembre de 2021.

Durante las dos últimas lecturas el 8 y 16 de noviembre se registró un aumento en el desplazamiento relativo acumulado igual a 0.77 mm para el inclinómetro VG INC-01 (figura 2), lo cual es menor al rango de precisión del equipo (2 mm). El movimiento además presenta una componente hacia el suroccidente (figura 3). En la siguiente gráfica se observa la evolución del desplazamiento registrado en el inclinómetro a diferentes profundidades, donde la línea roja representa las profundidades cercanas a 20 m y la línea verde las deformaciones a nivel superficial (cercanas a 0.50 m):



Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas. Inclinómetro VG INC-01.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante del inclinómetro VG INC-01 se ilustran en la figura 3. Los mayores desplazamientos se dan a una profundidad de 0.5 m, registrando el máximo desplazamiento de 2.5 mm hacia el suroccidente.

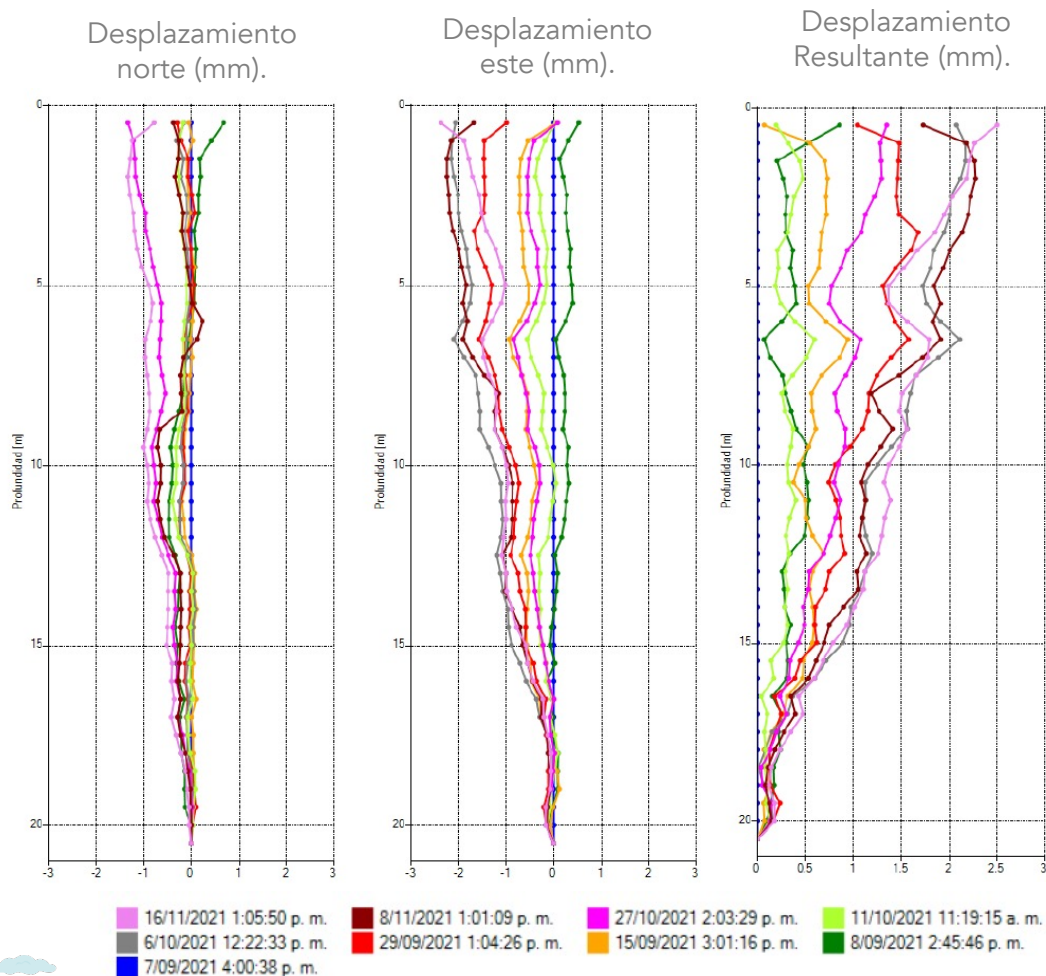


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas.

Durante las dos últimas lecturas el 8 y 16 de noviembre se registró un aumento en el desplazamiento relativo acumulado igual a 0.91 mm para el inclinómetro VG INC-02 (figura 4), lo cual es menor al rango de precisión del equipo (2 mm). El movimiento además presenta una componente hacia el suroccidente (figura 5). En la siguiente gráfica se observa la evolución del desplazamiento registrado en el inclinómetro a diferentes profundidades, donde la línea roja representa las profundidades cercanas a 20 m y la línea verde las deformaciones a nivel superficial (cercanas a 0.50 m):

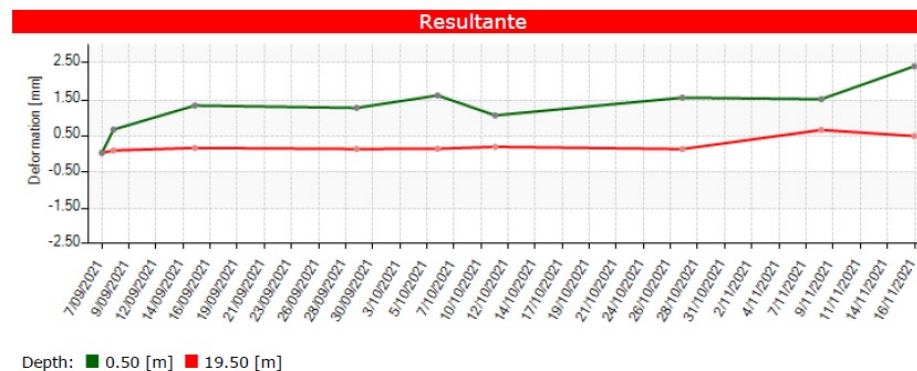


Figura 4. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas. Inclinómetro VG INC-02.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante del inclinómetro VG INC-02 se ilustran en la figura 5. Los mayores desplazamientos se dan a una profundidad de 0.5 m, registrando el máximo desplazamiento de 2.4 mm hacia el suroccidente.

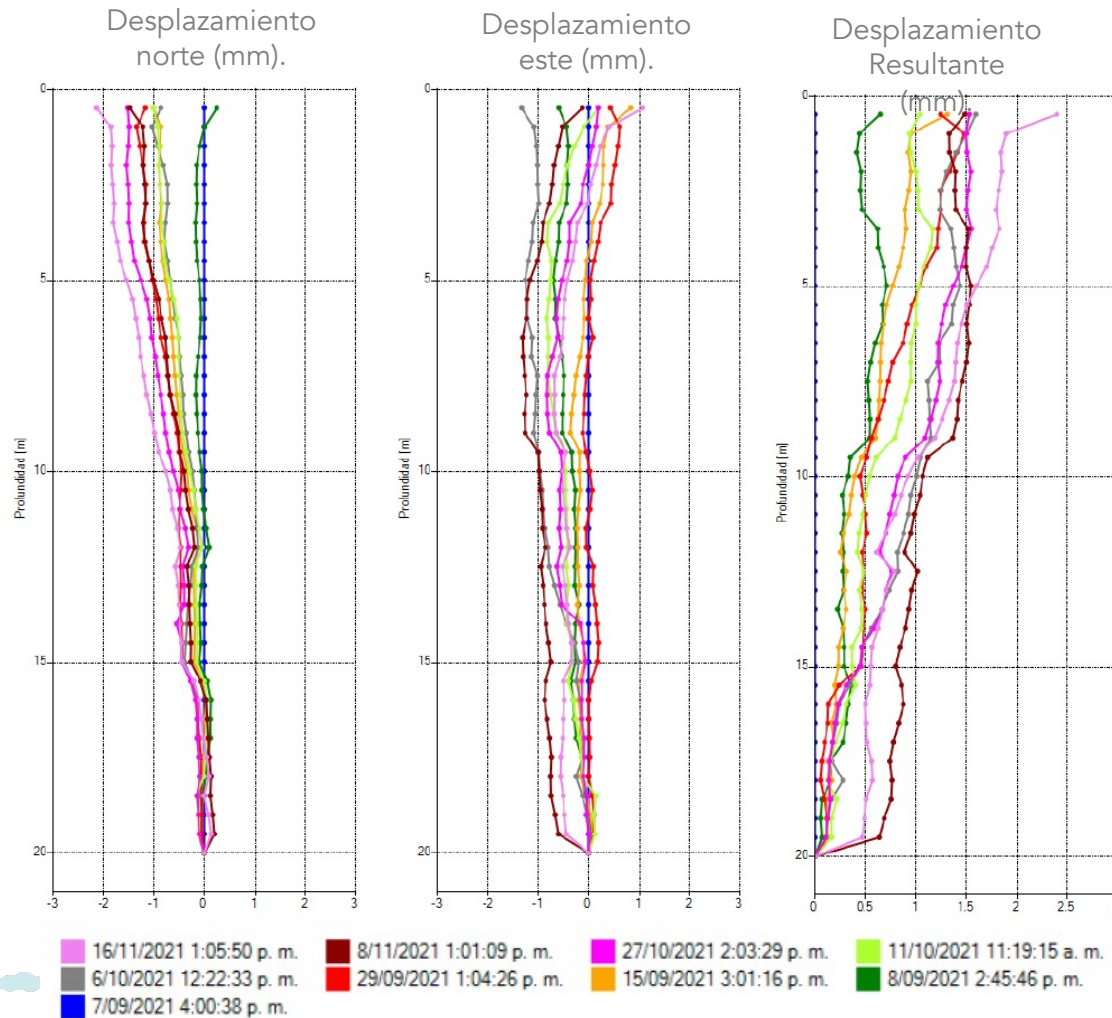


Figura 5. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas. Inclínómetro VG INC-02

Respecto a la precipitación en la zona, los registros del pluviómetro, ubicado en el colegio Ciro Medina (ubicado al oeste del sitio monitoreado), durante el periodo de monitoreo muestra precipitaciones acumuladas mayores a 500 mm. La mayor precipitación acumulada se dio en el mes de septiembre como se observa en la siguiente figura 6.

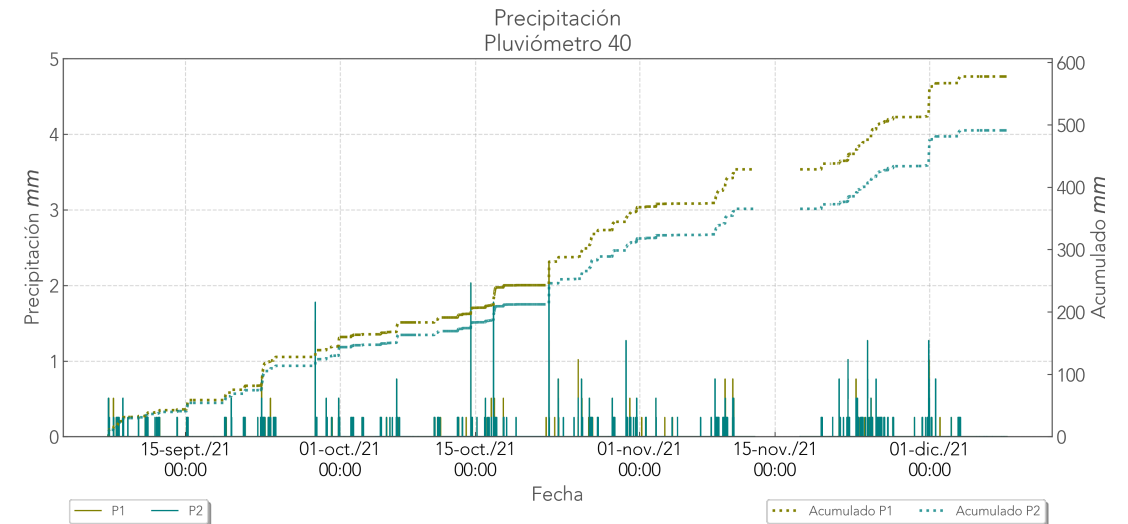


Figura 6. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Los desplazamientos acumulados superan levemente el rango de precisión del equipo, se recomienda continuar con el monitoreo geotécnico del sector con el fin de identificar con mayor detalle las condiciones del sitio, teniendo en cuenta que este monitoreo sirve también para monitorear la estabilidad y correcto funcionamiento de una obra de contención.

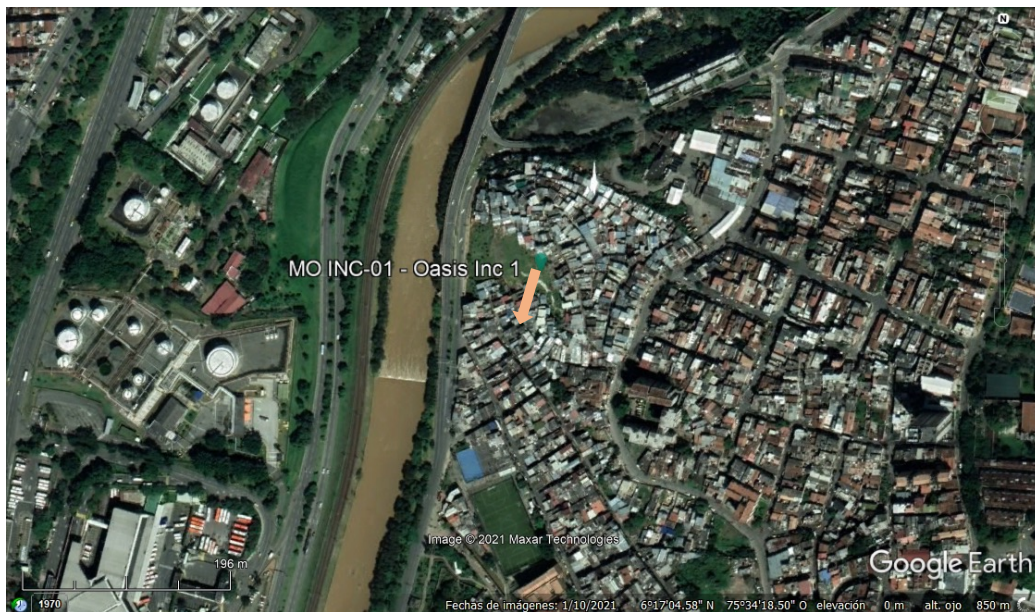


Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el barrio Oasis, en el nororiente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional, por medio de un instrumento instalado en el sitio (figura 1) con una profundidad funcional de 28.5 m. Este inclinómetro ha sido monitoreado periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través del proyecto SIATA. A la fecha se han realizado 15 lecturas desde el inicio del monitoreo el 11 de Junio de 2021. El monitoreo geotécnico ha registrado desplazamientos acumulados relativos máximos de 24.47 mm a 0.5 m de profundidad. Esta deformación se registró el 16 de noviembre de 2021.

Durante las dos últimas lecturas el 8 y 16 de noviembre se registró un aumento en el desplazamiento relativo acumulado igual a 0.10 mm a 0.5 m de profundidad (Figura 2).

El movimiento además presenta una componente hacia el noroccidente (figura 1). En la siguiente gráfica se observa la evolución del desplazamiento registrado en el inclinómetro a diferentes profundidades, donde la línea roja representa las profundidades cercanas a 29.5 m y la línea verde las deformaciones a nivel superficial (cercanas a 0.50 m):

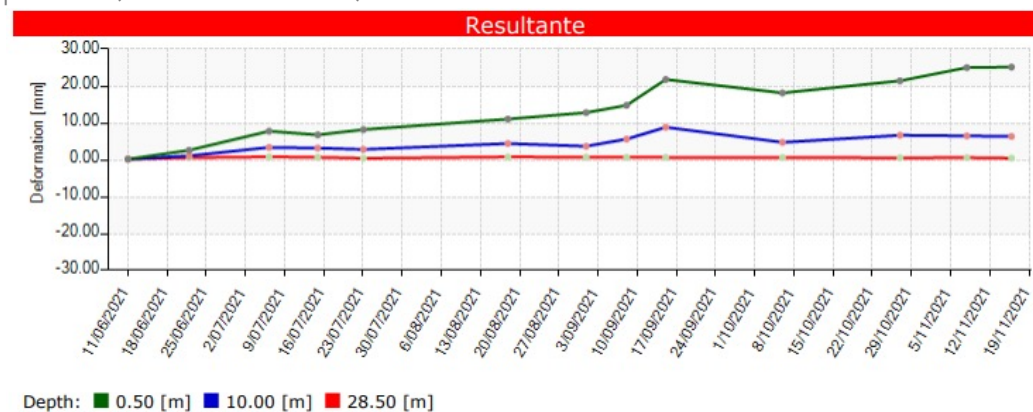


Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 3. Los mayores desplazamientos se dan a una profundidad de 0.5 m, registrando el máximo desplazamiento en esta profundidad hacia el noroccidente (Azimut: 280°), registrando un desplazamiento acumulado relativo de 24.47 mm respecto a la lectura realizada el 15 de Junio de 2021.

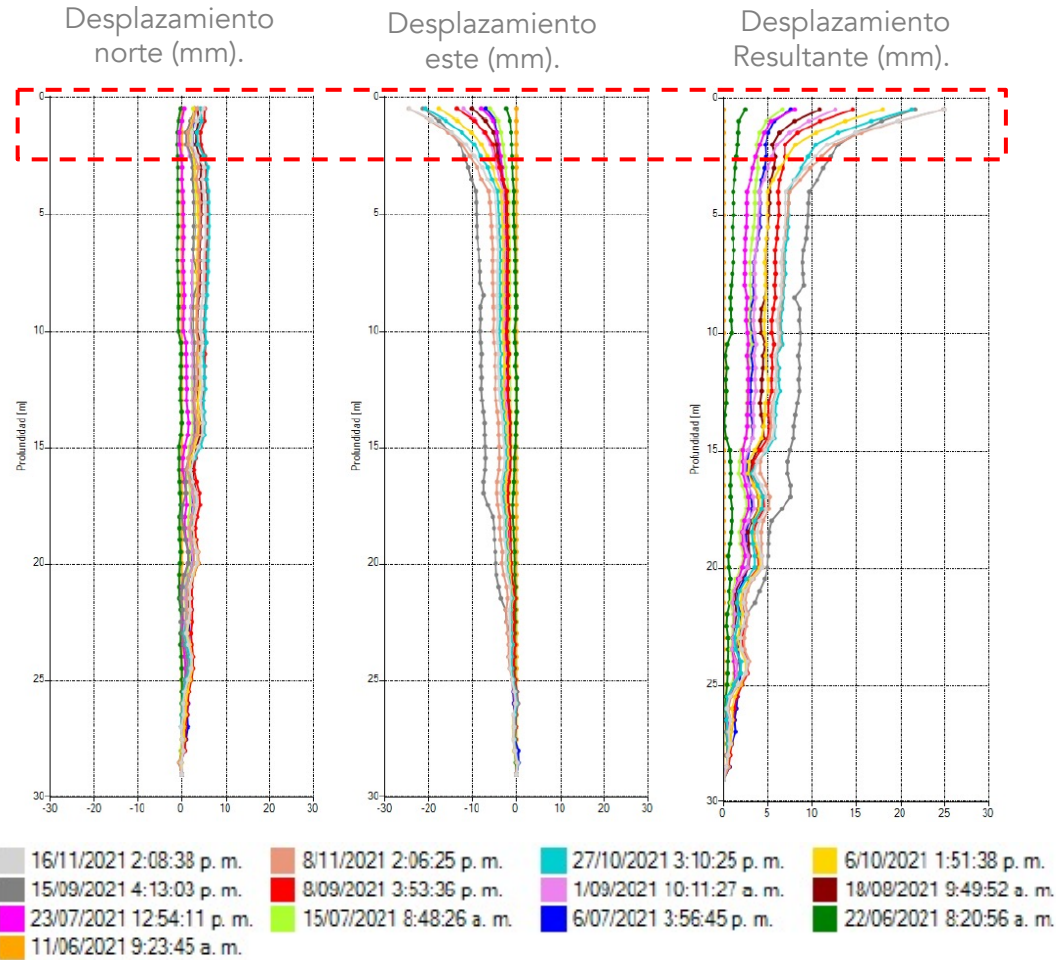


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas.

Respecto a la precipitación en la zona, los registros del pluviómetro 393 ubicado en el terminal del norte de Medellín muestran durante el periodo de monitoreo precipitaciones acumuladas mayores a 800 mm. La mayor precipitación acumulada se dio en el mes de agosto y octubre de 2021 como se observa en la siguiente figura 4.

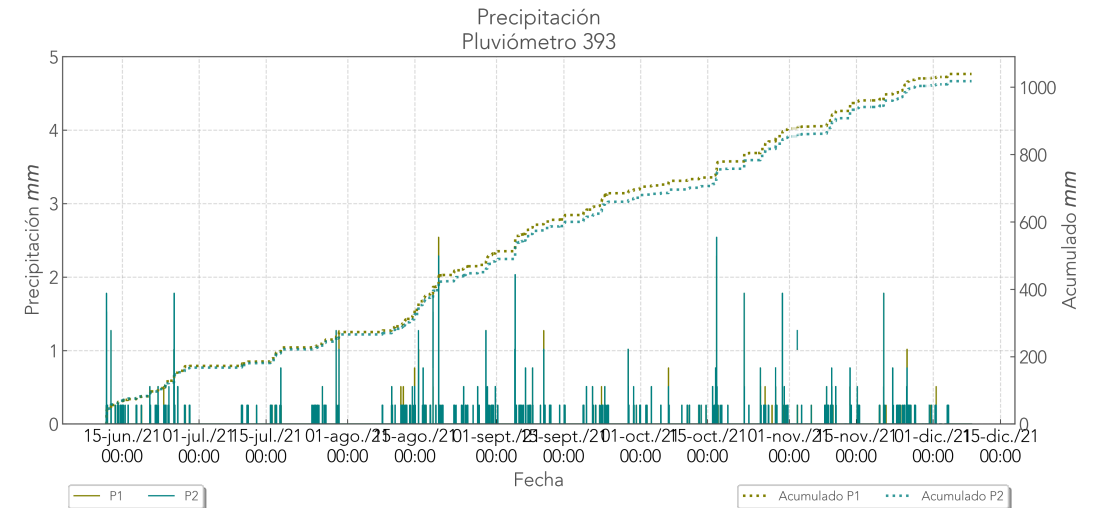


Figura 4. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Debido a las condiciones del terreno registradas por el monitoreo geotécnico de inclinometría convencional, en las cuales se registraron desplazamientos superiores al rango de precisión del equipo, se recomienda al Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres (DAGR) realizar visita al lugar referenciado y evaluar las condiciones del lugar, teniendo en cuenta los resultados de este monitoreo. Se recomienda continuar con el monitoreo del sitio.



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector Esfuerzos de paz-Las tinajas, ladera nororiental de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional, por medio de un instrumento instalado en el sitio (figura 1) con una profundidad funcional de 18.5 m. Este inclinómetro ha sido monitoreado periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través del proyecto SIATA. A la fecha se han realizado 12 lecturas desde el inicio del monitoreo el 03 de junio de 2021. El monitoreo geotécnico ha registrado desplazamientos acumulados relativos máximos de 18.65 mm a 16 m de profundidad. Esta deformación se registró el 16 de noviembre de 2021.

Durante las dos últimas lecturas realizadas el 8 y 16 de noviembre cada una respectivamente, se registró un desplazamiento acumulado relativo de 3.83 mm (figura 2) a 16 m de profundidad, lo cual supera el rango de precisión del equipo (2 mm). El movimiento además presenta una componente hacia el suroccidente (figura 1). En la siguiente gráfica se observa la evolución del desplazamiento registrado en el inclinómetro a diferentes profundidades, dónde la línea roja representa las profundidades cercanas a 18.5 m y la línea verde las deformaciones a nivel superficial (cercanas a 0.50 m):

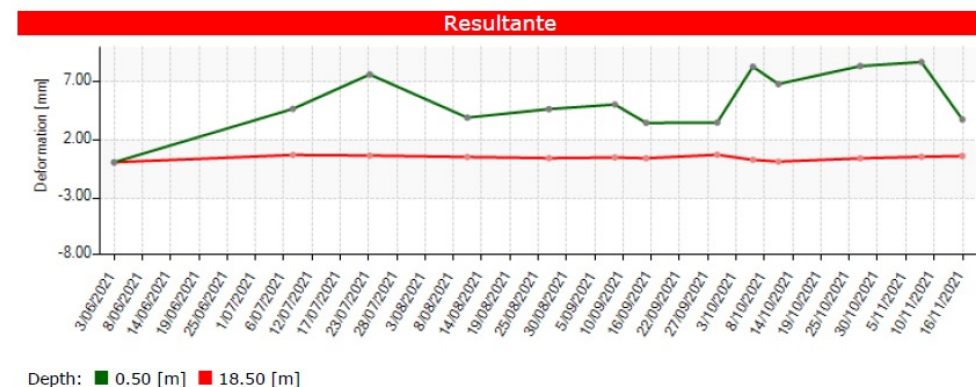


Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 3. Los desplazamientos se dan a una profundidad de 16 m, registrando el máximo desplazamiento en esta profundidad hacia el suroccidente (Azimut: 190°), registrando un desplazamiento acumulado relativo de 18.65 mm.

Desplazamiento
norte (mm).

Desplazamiento
este (mm).

Desplazamiento
Resultante (mm).

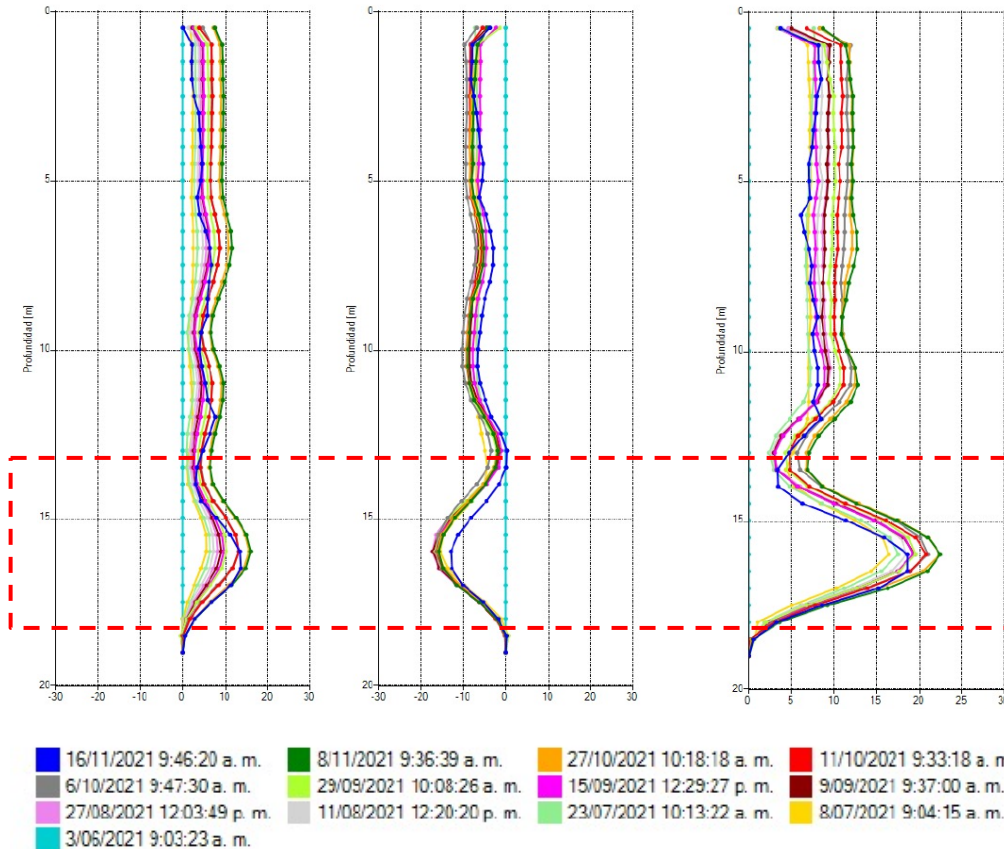


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas.

Respecto a la precipitación en la zona, los registros del pluviómetro 129. Durante el periodo de monitoreo muestra precipitaciones acumuladas mayores a 800 mm. La mayor precipitación acumulada se dio a finales del mes de octubre e inicios del mes de noviembre como se observa en la figura 4.

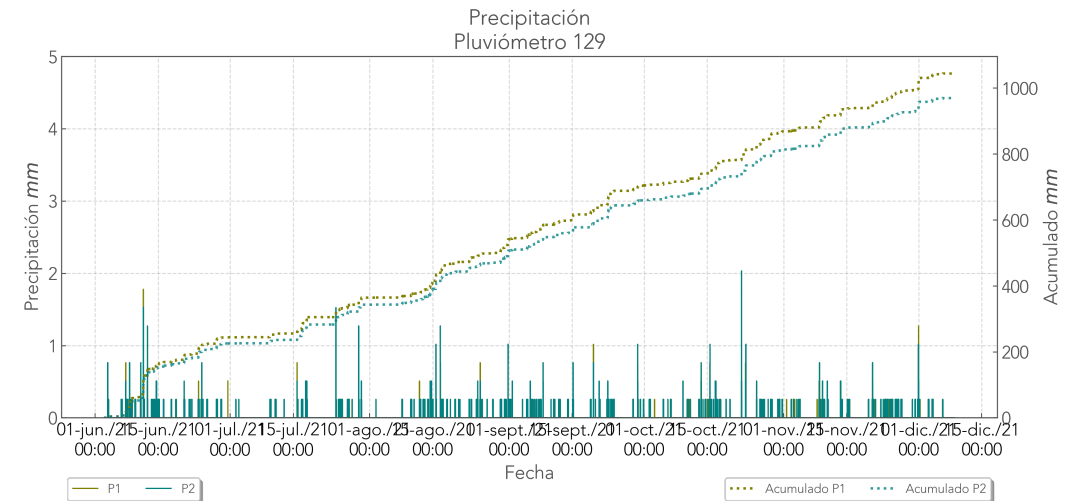


Figura 4. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Finalmente, se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas con mayor frecuencia dentro de las campañas de medición del proyecto.



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el sector Oriente-Brisas del jardín, ladera nororiental de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional, por medio de un instrumento instalado en el sitio (figura 1) con una profundidad funcional de 14.5 m. Este inclinómetro ha sido monitoreado periódicamente en el marco del convenio de cooperación de DAGRD-AMVA a través del proyecto SIATA. A la fecha se han realizado 12 lecturas desde el inicio del monitoreo el 03 de junio de 2021. El monitoreo geotécnico ha registrado desplazamientos acumulados relativos máximos de 32.14 mm a 2.5 m de profundidad y de 22.11 mm a 7 m. Esta deformación se registró el 16 de noviembre de 2021

Durante las dos últimas lecturas realizadas el 8 y 16 de noviembre, se registró un aumento en el desplazamiento relativo acumulado igual a 1.56 mm a 2.5 m de profundidad y de 3.25 mm a 7 m (Figura 2). El movimiento además presenta una componente hacia el suroccidente (figura 1). En la siguiente gráfica se observa la evolución del desplazamiento registrado en el inclinómetro a diferentes profundidades, donde la línea roja representa las profundidades cercanas a 14.5 m y la línea verde las deformaciones a nivel superficial (cercanas a 0.50 m).

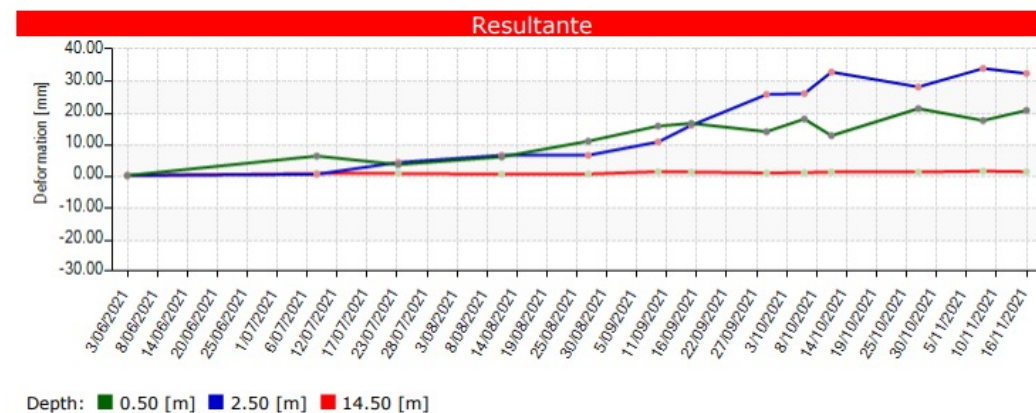


Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 3. Los desplazamientos se dan a 2.5 m y 7 m de profundidad, registrando el máximo desplazamiento en estas profundidades hacia el occidente (Azimut: 270°).

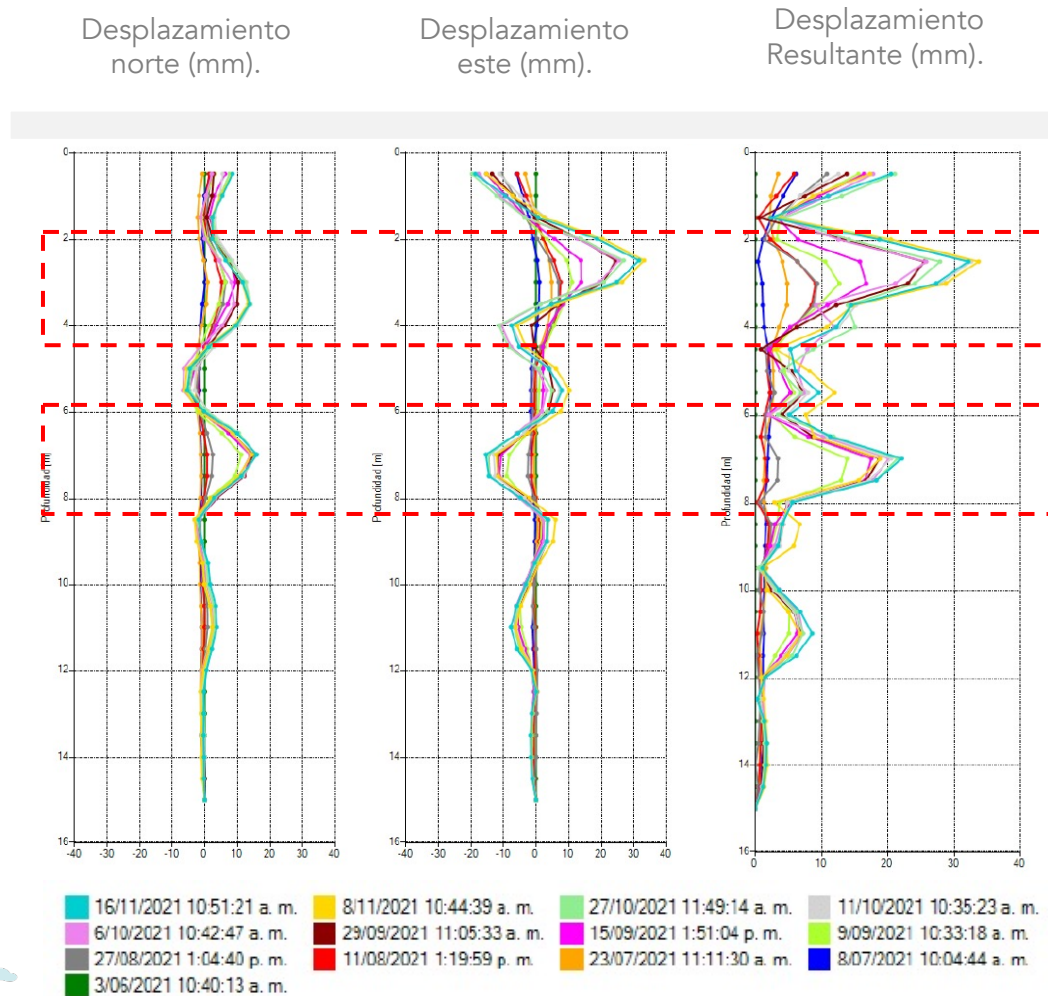


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas.

La figura 6 muestra los cambios en las velocidades de desplazamiento en la zona de mayor deformación del instrumento Brisas del jardín Inc 1 (en superficie), con esta grafica se puede observar el comportamiento del terreno de identificar los picos de deformación. Estos picos de deformación se analizaron con respecto a las precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano (pluviómetro 55), donde se analizaron las precipitaciones acumuladas antecedentes en diferentes intervalos de tiempo.

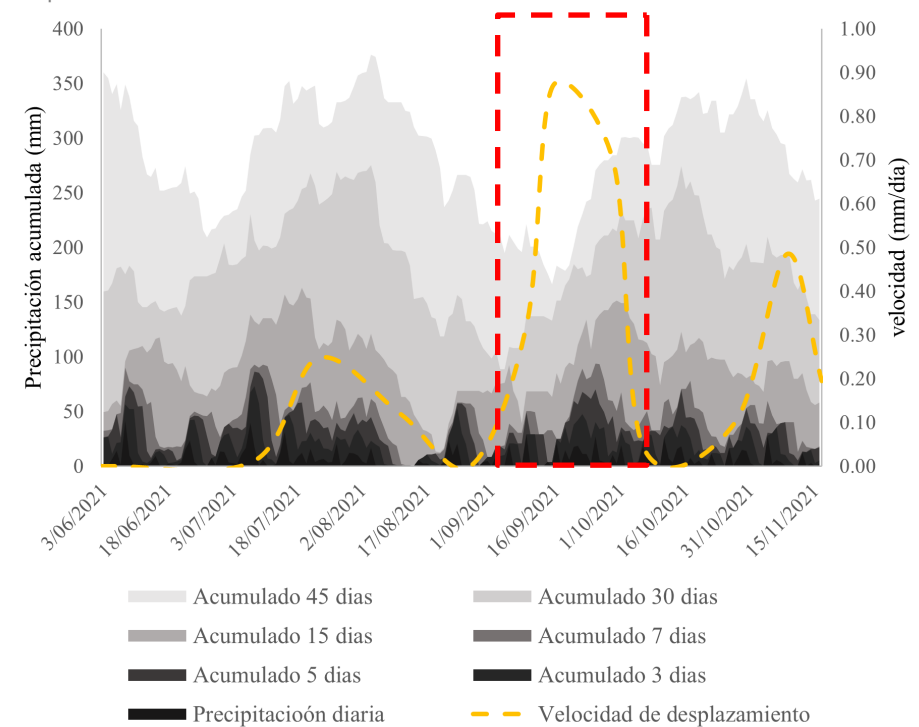
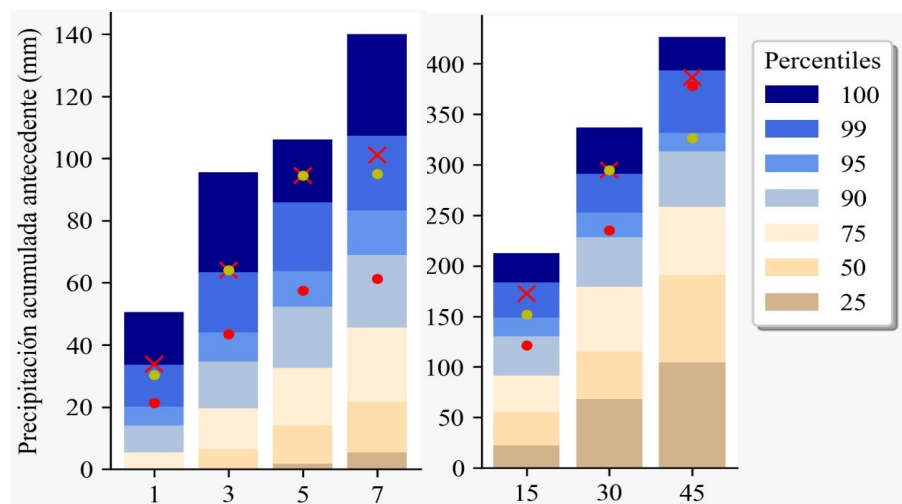


Figura 7. Velocidad de desplazamiento a través el tiempo el inclinómetro Brisas del Jardín Inc 1.

Se analizaron los máximos acumulados registrados por el pluviómetro cercano (pluviómetro 55 de SIATA) en las fechas donde ocurrieron los picos de deformación y se compararon con los máximas precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo del sector Brisas del Jardín La figura 5 permite identificar las condiciones hidrometeorológicas en las cuales se dieron los picos de deformación identificados en el monitoreo de los inclinómetros y se compara con el registro histórico del pluviómetro 55, el cual se encuentra representado en barras divididas por percentiles.



Máximas precipitaciones entre:

- ✗ Desde el inicio del monitoreo
- 15 y 29 de septiembre de 2021
- 27 de agosto y 9 de septiembre de 2021

Figura 5. Máximas precipitaciones antecedentes acumuladas en el intervalo de tiempo en los cuales se dieron los picos de

Respecto a la precipitación en la zona, los registros del pluviómetro 55, ubicado en el colegio Reino Bélgica (ubicado a 900 m al norte del sitio monitoreado), durante el periodo

de monitoreo muestra precipitaciones acumuladas mayores a 1100 mm. La mayor precipitación acumulada se dio en el mes de septiembre como se observa en la siguiente figura 6.

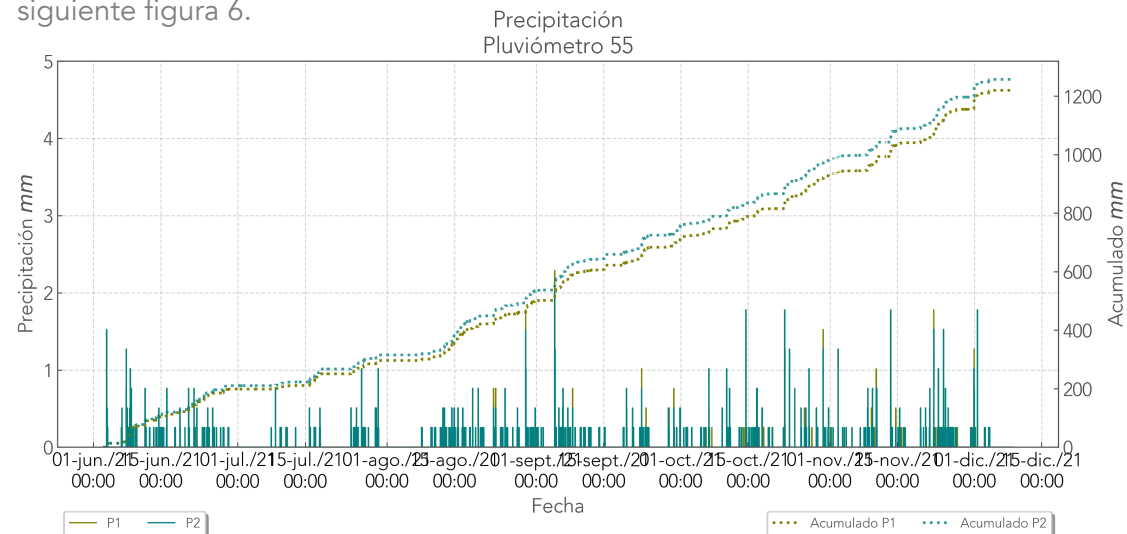


Figura 6. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Finalmente, se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas con mayor frecuencia dentro de las campañas de medición del proyecto.



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en el barrio Santa Inés, comuna 3, ladera nororiental de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional, por medio de un instrumento instalado en el sitio (figura 1) con una profundidad funcional de 22 m. Este inclinómetro ha sido monitoreado periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través del proyecto SIATA. A la fecha se han realizado 14 lecturas desde el inicio del monitoreo el 27 de abril de 2021. El monitoreo geotécnico ha registrado desplazamientos acumulados relativos máximos de 3.05 mm a 10.5 m de profundidad. Esta deformación se registró el 16 de noviembre de 2021.

Durante las dos últimas lecturas el 8 y 16 de noviembre se registró un aumento en el desplazamiento relativo acumulado igual a 0.21 mm a 10.5 m de profundidad (Figura 2).

El movimiento además presenta una componente hacia el noroccidente (figura 1). En la siguiente gráfica se observa la evolución del desplazamiento registrado en el inclinómetro a diferentes profundidades, donde la línea roja representa las profundidades cercanas a 22 m y la línea verde las deformaciones a nivel superficial (cercanas a 0.50 m):

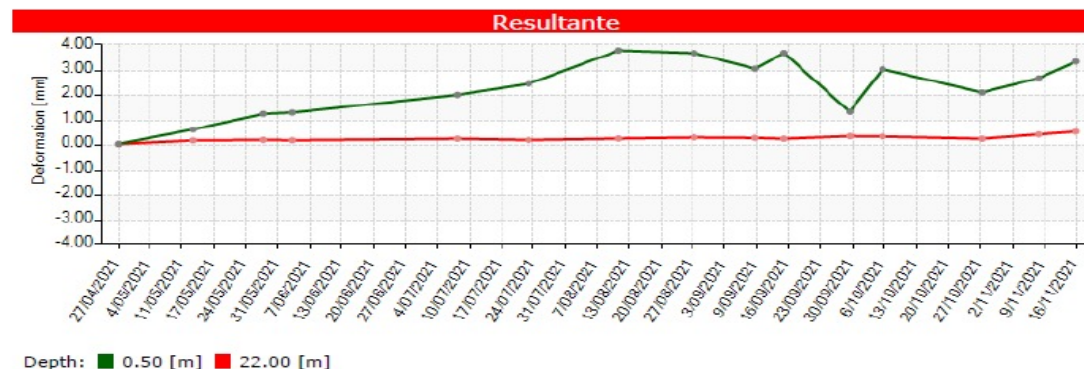


Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte y este, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 3. Los mayores desplazamientos se dan a una profundidad de 10.5 m, registrando el máximo desplazamiento en esta profundidad hacia el noroccidente (Azimut: 320°), registrando un desplazamiento acumulado relativo de 3.05 mm respecto a la lectura realizada el 27 de abril de 2021.

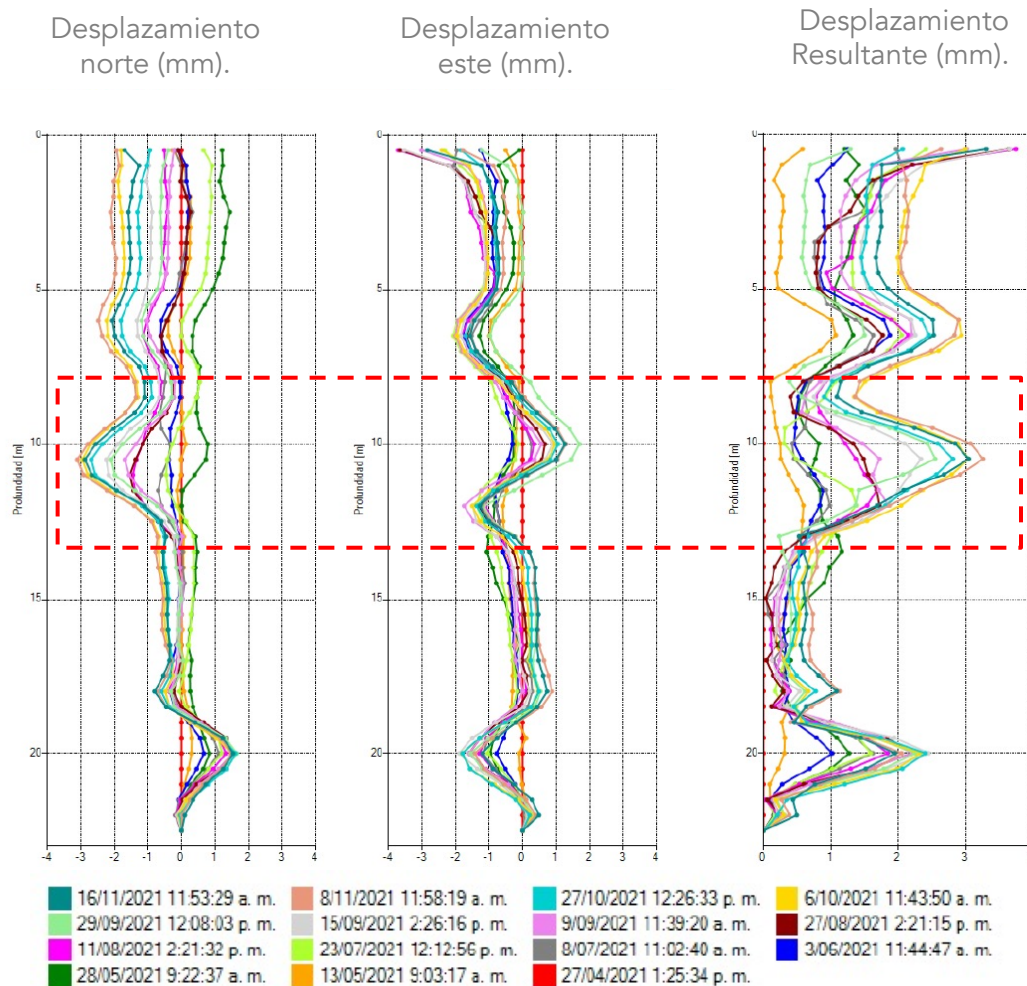


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas.

Respecto a la precipitación en la zona, los registros del pluviómetro 55, ubicado en el colegio Reino Belgica (ubicado a 900 m al norte del sitio monitoreado), durante el periodo de monitoreo muestra precipitaciones acumuladas mayores a 1500 mm. La mayor precipitación acumulada se dio en el mes de septiembre como se observa en la siguiente figura 4.

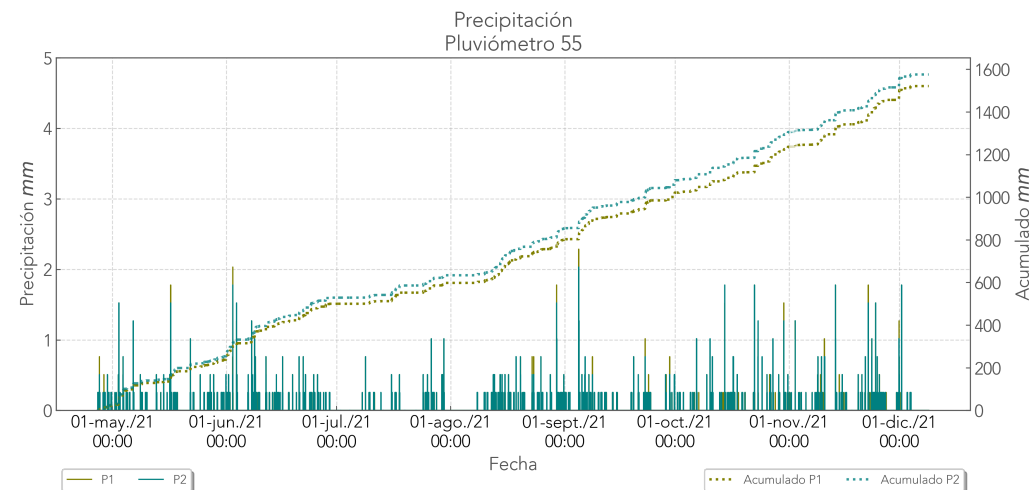


Figura 4. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Los desplazamientos acumulados superan levemente el rango de precisión del equipo, se recomienda continuar con el monitoreo geotécnico del sector con el fin de identificar con mayor detalle las condiciones del sitio.



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se encuentra en la urbanización la Palmera, en el sector del Poblado de la ciudad de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinometría tradicional por medio de tres instrumentos instalados, VLP INC-01, VLP INC-02 y VLP INC-03 (figura 1). De estos instrumentos, el inclinómetro VLP INC-03 se encuentra activo con una profundidad funcional de 5 m. El inclinómetro VLP INC-01 y VLP INC-02 se encuentran obstruidos y no se pueden realizar mediciones en estos. Estos instrumentos han sido monitoreados periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través de su proyecto SIATA. El inclinómetro VLP INC-03 es monitoreado desde el 23 de abril de 2021.

A la fecha se han realizado 7 lecturas al inclinómetro VLP INC-03 en las cuáles se pudo registrar un desplazamiento acumulado relativo de 0.68 mm +/- 2 mm a 0.5 m de profundidad hacia el suroccidente (figura 2 y 3), con respecto a la lectura base registrada el día 23 de abril de 2021. Este desplazamiento es inferior al rango de precisión del equipo (2 mm).



Figura 2. Evolución del desplazamiento del inclinómetro a lo largo de las campañas realizadas.

Los desplazamientos relativos acumulados en dirección norte-sur y este-oeste, además del desplazamiento resultante se ilustran en la figura 3. Los mayores desplazamientos se dan a una profundidad de 0.5 m, registrando el máximo desplazamiento en esta profundidad hacia el suroccidente (Azimut: 250°).

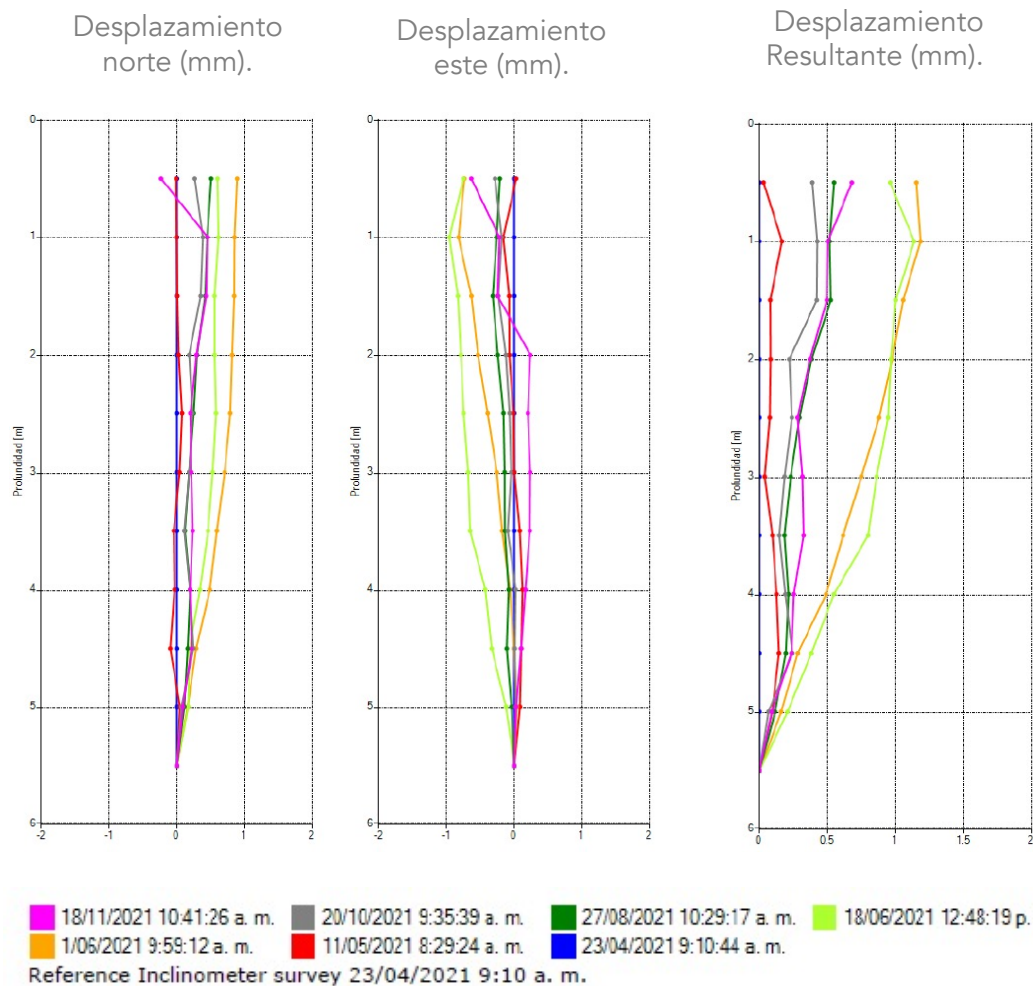


Figura 3. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas.

Respecto a la precipitación en la zona, los registros del pluviómetro 56 muestran durante el periodo de monitoreo precipitaciones acumuladas mayores a 1200 mm. La mayor precipitación acumulada se dio en el mes de mayo y finales de Junio de 2021 como se observa en la siguiente figura 4.

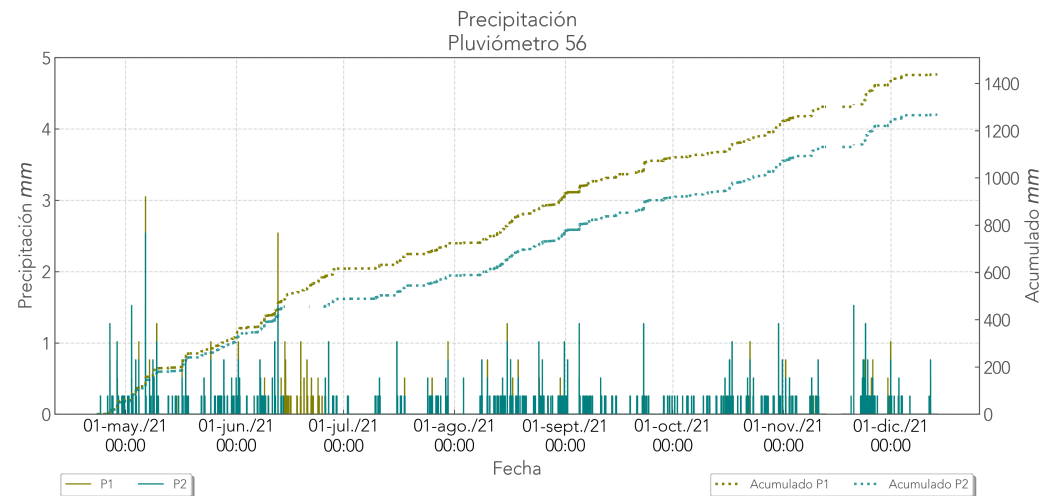


Figura 4. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Finalmente, se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas con mayor frecuencia dentro de las campañas de medición del proyecto.



Figura 1. Ubicación de los instrumentos en el sitio monitoreado

El sitio monitoreado se ubica en el parque del corregimiento de Santa Elena, al oriente de Medellín. El monitoreo geotécnico se realiza a través de inclinómetros y piezómetros instalados en el sitio (figura 1). Estos instrumentos han sido monitoreados periódicamente en el marco del convenio de cooperación del DAGRD-AMVA a través del proyecto SIATA. El inicio del monitoreo comenzó el 29 de abril de 2021. Las últimas lecturas que se realizaron en los equipos fue el 18 de noviembre del 2021.

Todos los inclinómetros del sector se encuentran activos y con diferentes profundidades. El inclinómetro SESC INC 01 se ubica dentro del cementerio de Santa Elena con una profundidad de 24.5m. El inclinómetro SESC INC 02 se ubica en el parqueadero del cementerio con una profundidad de 24.5 m. SESC INC 03 se ubica en el parque de Santa Elena con una profundidad de 24.5 m. El inclinómetro SESC INC 04 se ubica más al norte dentro de una zona boscosa con profundidad de 7.5 m. El inclinómetro SE INCASEST 01 se encuentra en la entrada del colegio de Santa Elena y tiene una profundidad de 48 m. El instrumento SE INCASEST 02 también se ubica en el parqueadero del cementerio con una profundidad de 47 m. El último equipo SE INCASEST 03 se ubica en el parque de Santa Elena con una profundidad máxima de 48m. A cada uno de estos equipos se les ha realizado 13 lecturas para los inclinómetros SE INC-01, SE INC-02 y SE INCASEST-02, 12 lecturas para los inclinómetros SE INC-03, SE INCASEST-01, SE INCASEST-03 y 11 lecturas para el inclinómetro SE INC-04.

También encontramos 4 piezómetros instalados. Dos en el parqueadero del cementerio (SE PZ 01 y SE PZ 04), uno en el parque (SE PZ 03) y otro dentro de una propiedad privada (SE PZ 02).

Los inclinómetros SESC INC 02, 03 Y 04 muestran valores inferiores o alcanzan el rango de precision del equipo que es igual a 2 mm. SESC INC 03 alcanza un valor máximo de 2.17 mm (Figura 2B). Por tal razón estos no representan algún cambio o novedad que deba ser reportado. Sin embargo su monitoreo debe ser continuo ya que a medida que el tiempo corra estos pueden avanzar.

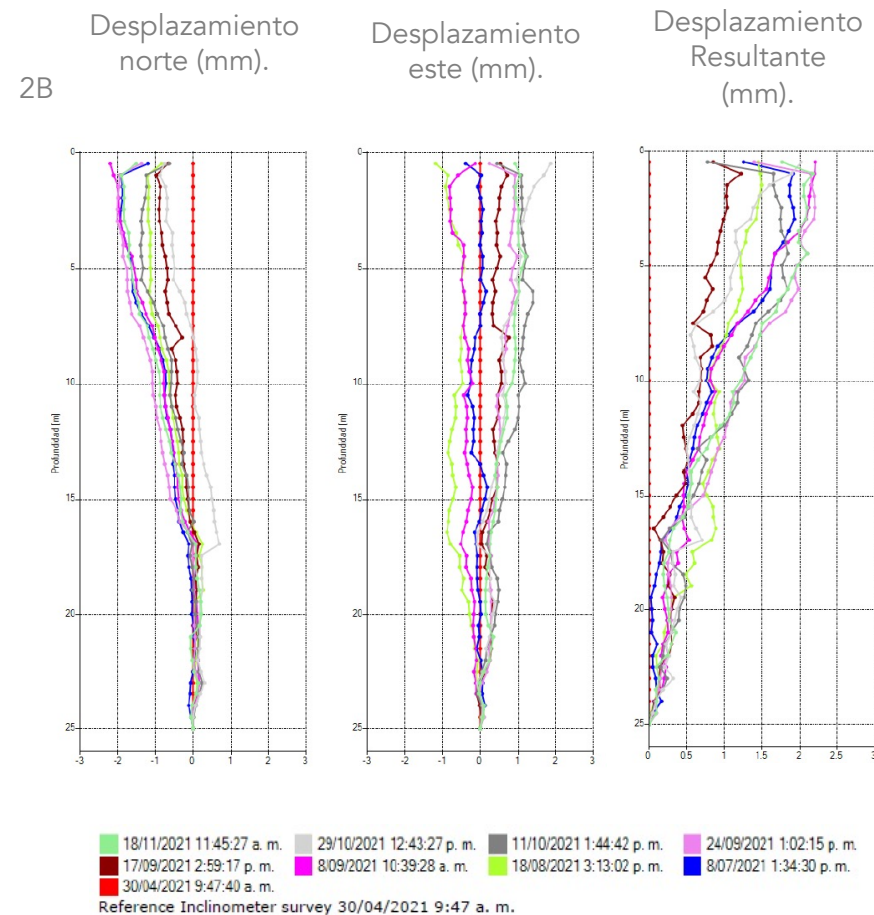
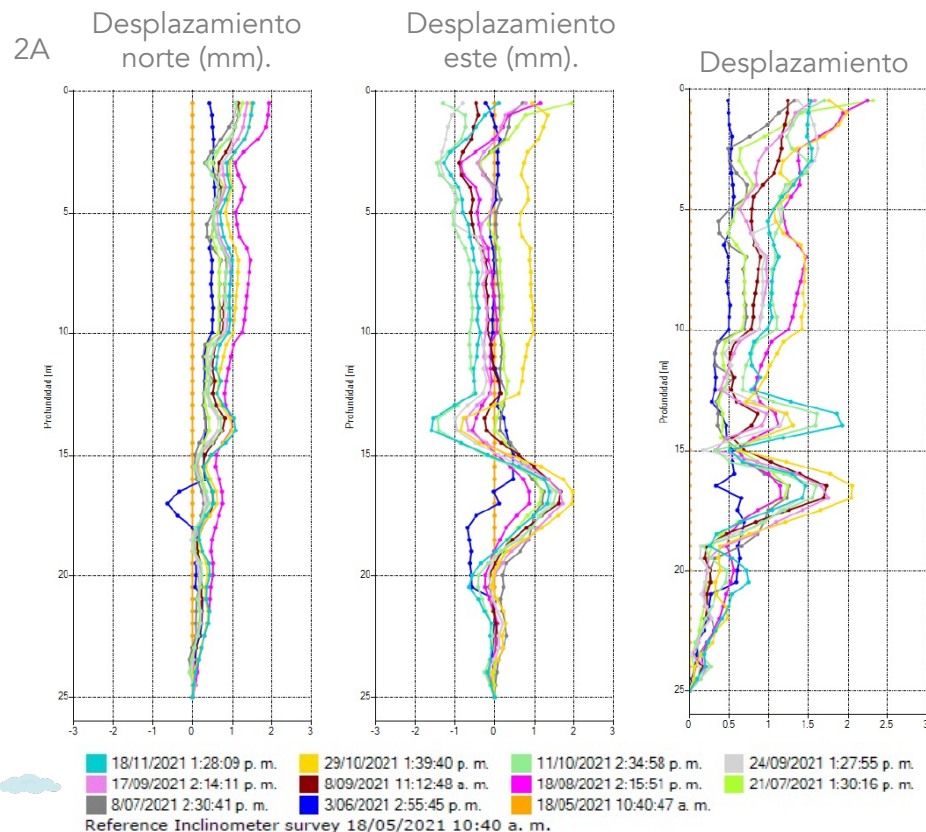
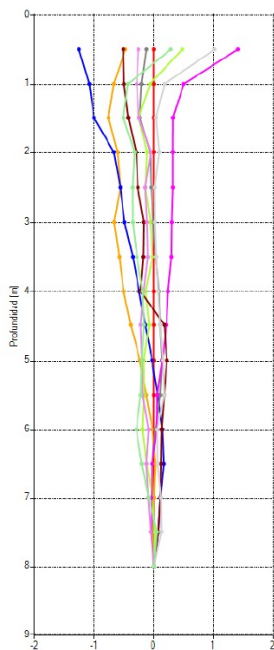
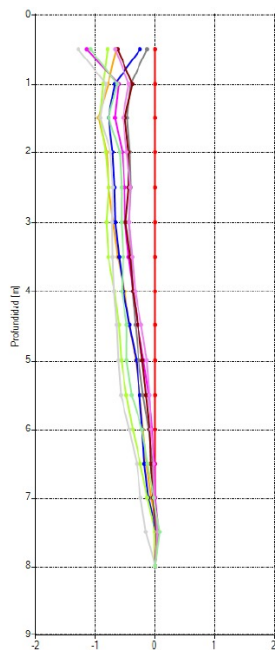


Figura 2. Desplazamientos relativos acumulados durante las mediciones realizadas en 2A) SESC INC 02, 2B) SESC INC 03 y 2C) SESC INC 04.

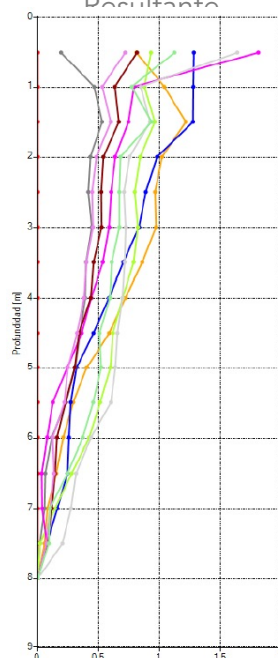
2C Desplazamiento
norte (mm).



Desplazamiento
este (mm).



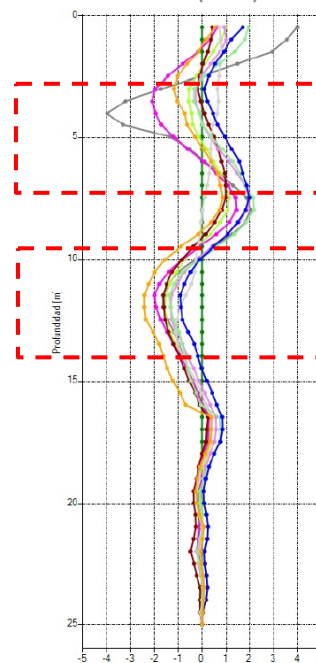
Desplazamiento
Resultante



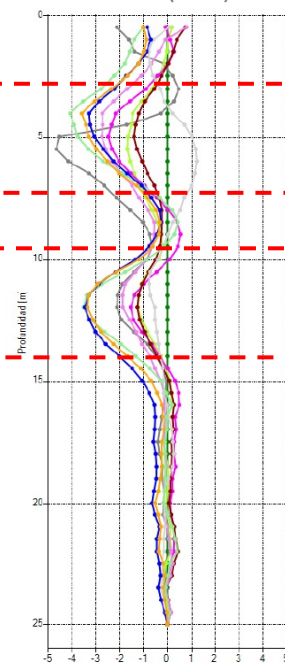
18/11/2021 2:29:08 p. m. 11/10/2021 3:14:41 p. m. 24/09/2021 2:52:55 p. m. 17/09/2021 1:15:44 p. m.
 18/08/2021 12:00:55 p. m. 21/07/2021 12:35:03 p. m. 8/07/2021 3:43:06 p. m. 3/06/2021 4:06:05 p. m.
 18/05/2021 8:43:15 a. m. 30/04/2021 10:25:06 a. m.
 Reference Inclinator survey 30/04/2021 10:25 a. m.

Los instrumentos SESC INC 1, INCASEST 01, 02 y 03 superan el rango de precisión del equipo. A estos equipos se les da prioridad al realizar la toma de datos cuando se realizan las campañas de lectura (Figura 3 A, B, C y D).

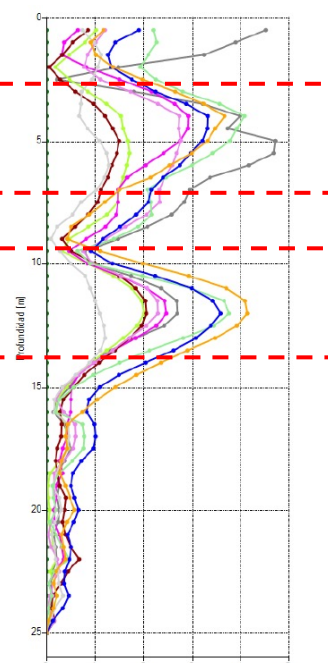
3A Desplazamiento
norte (mm).



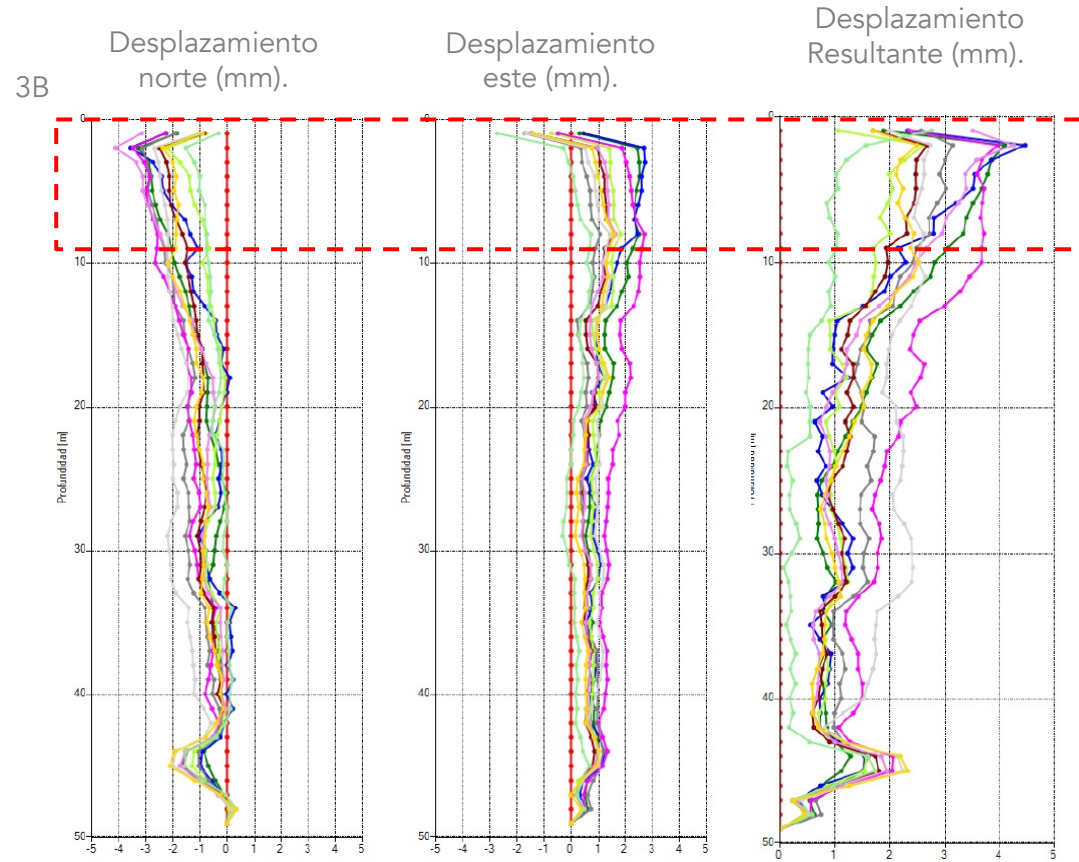
Desplazamiento
este (mm).



Desplazamiento
Resultante (mm).

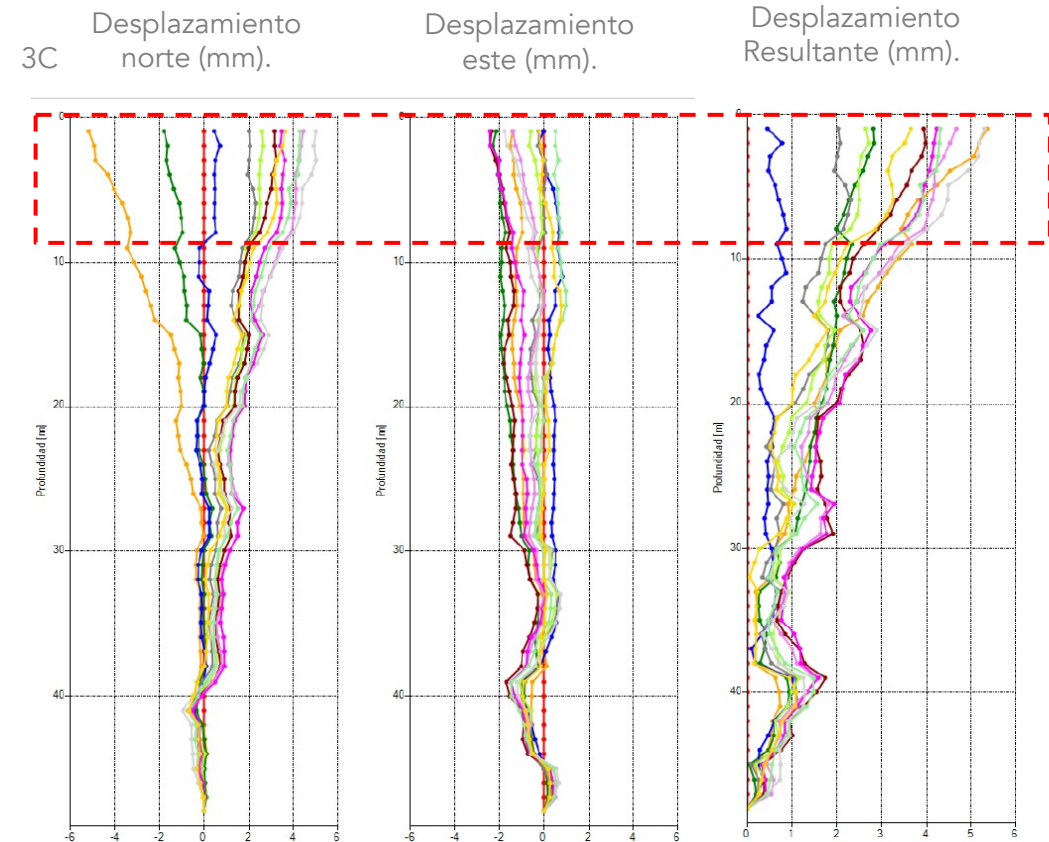


18/11/2021 1:53:30 p. m. 29/10/2021 2:30:39 p. m. 11/10/2021 2:58:11 p. m. 24/09/2021 2:16:37 p. m.
 17/09/2021 1:50:22 p. m. 8/09/2021 12:06:30 p. m. 18/08/2021 12:56:15 p. m. 21/07/2021 2:22:51 p. m.
 8/07/2021 2:58:21 p. m. 28/05/2021 4:27:13 p. m.
 Reference Inclinator survey 28/05/2021 4:27 p. m.

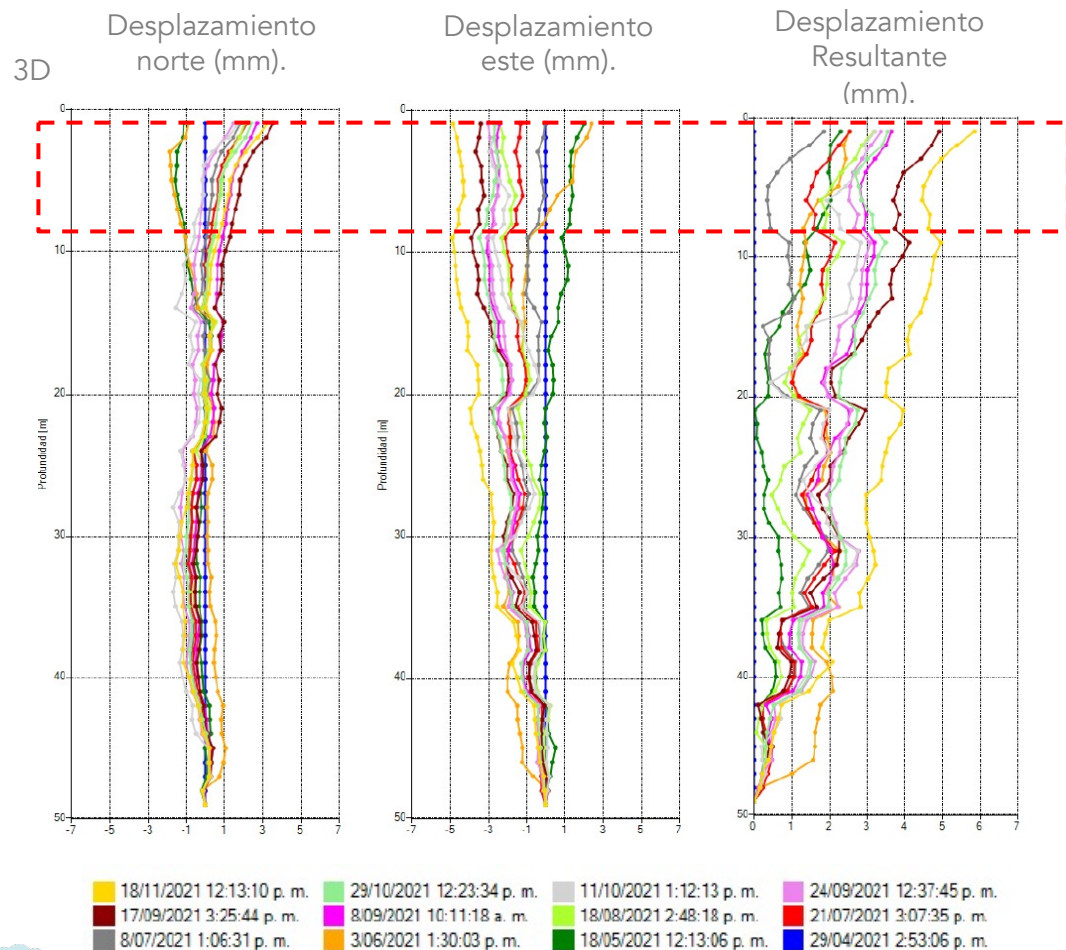


18/11/2021 2:16:28 p. m.	29/10/2021 2:59:58 p. m.	11/10/2021 3:41:38 p. m.	24/09/2021 2:40:26 p. m.
17/09/2021 12:56:57 p. m.	18/08/2021 12:30:27 p. m.	21/07/2021 1:02:35 p. m.	8/07/2021 3:29:24 p. m.
3/06/2021 3:51:40 p. m.	28/05/2021 2:48:41 p. m.	29/04/2021 10:32:46 a. m.	

Reference Inclinator survey 29/04/2021 10:32 a. m.



18/11/2021 1:04:11 p. m.	29/10/2021 2:03:53 p. m.	11/10/2021 2:12:44 p. m.	24/09/2021 1:50:07 p. m.
17/09/2021 2:36:33 p. m.	8/09/2021 11:36:46 a. m.	21/07/2021 1:54:35 p. m.	8/07/2021 2:02:58 p. m.
3/06/2021 2:30:19 p. m.	28/05/2021 3:58:40 p. m.	18/05/2021 10:01:42 a. m.	30/04/2021 11:39:41 a. m.



La figura 4 muestra el comportamiento del terreno a través del tiempo del inclinómetro INCASEST 03, en el cual se han identificado dos periodos con aumento de velocidad en el desplazamiento, el primero entre el 14 de septiembre y 28 de septiembre del 2021 y el segundo el primero de noviembre y siguen en aumento hasta la última fecha de medición. La máxima deformación del terreno se da en superficie en donde el inclinómetro registró 5.84 mm (+/- 2 mm) de desplazamiento acumulado relativo con respecto a la línea base, con movimiento hacia el norte (azimut 304°).

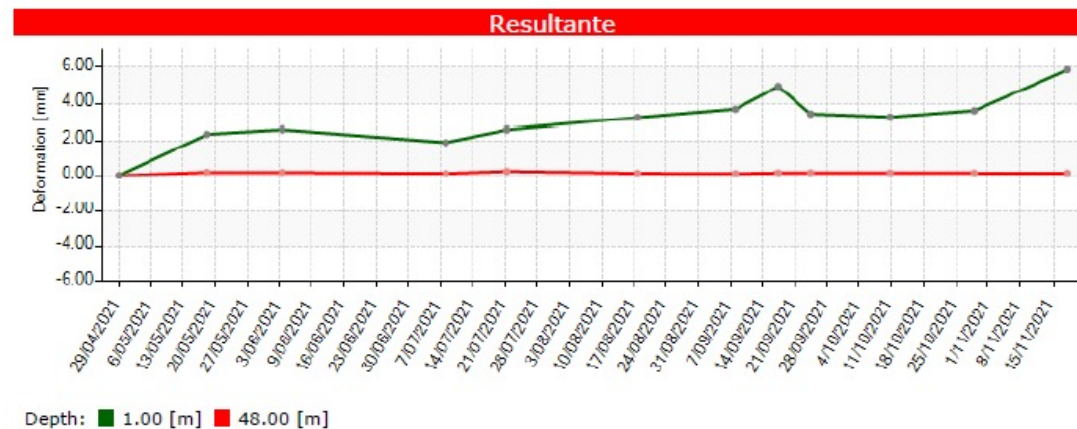


Figura 4. Evolución del desplazamiento del inclinómetro INCASEST 04 a lo largo de las campañas realizadas.

Respecto a la precipitación en la zona, los registros del pluviómetro 20, ubicado en Santa Elena muestran precipitaciones acumuladas desde el inicio del monitoreo, alcanzando los 1400 mm de lluvia acumulada, con múltiples eventos de precipitación durante el tiempo de monitoreo, resaltando una temporada de menos precipitaciones entre agosto y finales de octubre (Figura 5).

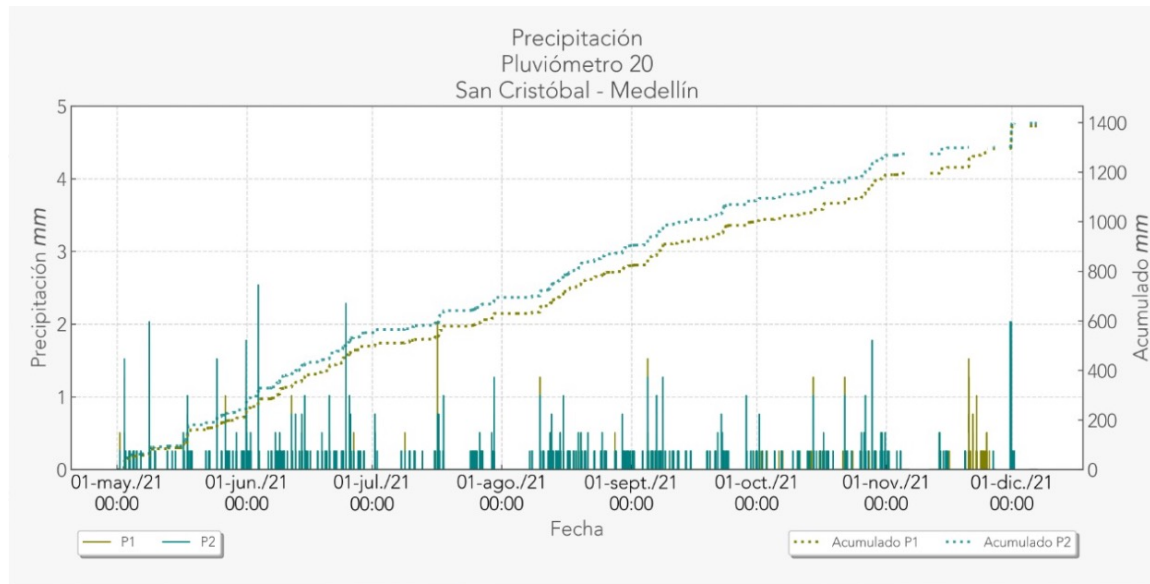


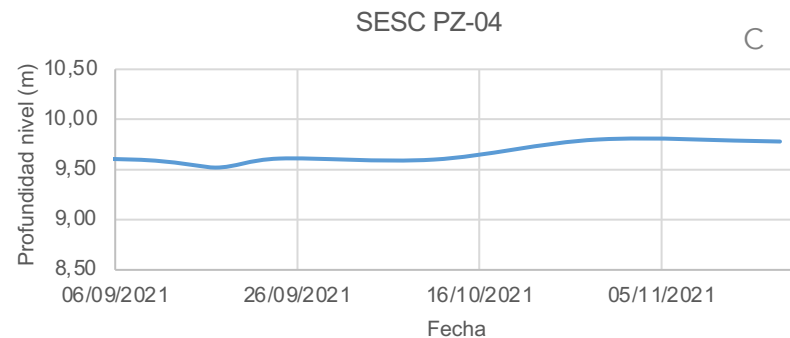
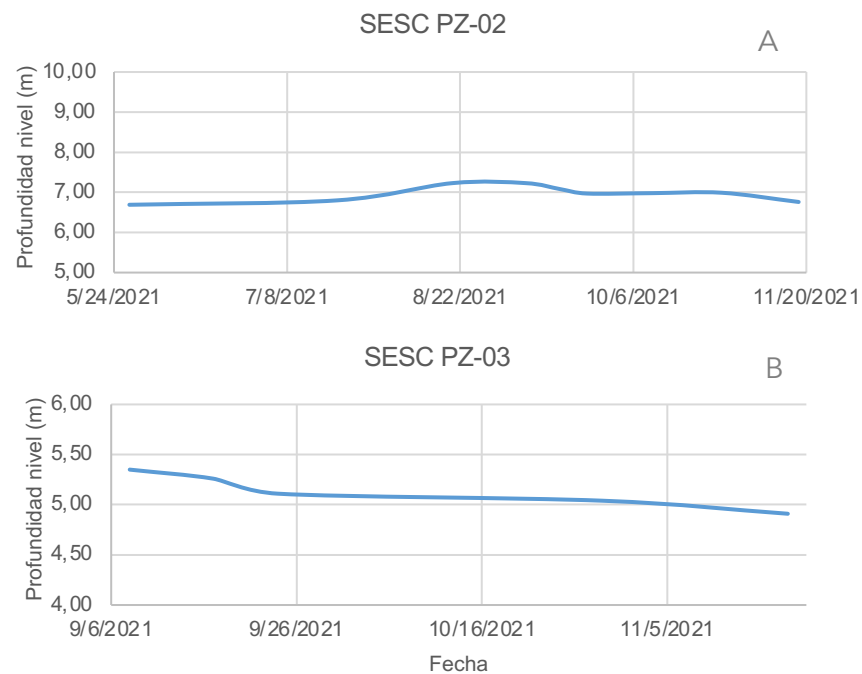
Figura 5. Precipitaciones registradas por el pluviómetro más cercano al sitio monitoreado.

Respecto al monitoreo de los piezómetros, como se menciono anteriormente se encuentran 4 piezómetros. El instrumento SE PZ-01 muestra una variación entre 7 m y 9 m entre el 6 de octubre y el 20 de noviembre de 2021 (Figura 6).



Figura 6. variaciones del nivel freático del corregimiento de Santa Elena.

Respecto al monitoreo de los piezómetros, los equipos SE PZ 02, 03 y 04 no muestran variaciones en el nivel freático superiores a un metro (Figura 7 A, B y C.)



Finalmente, se recomienda continuar con el monitoreo del sitio y se continuarán con mediciones periódicas con mayor frecuencia dentro de las campañas de medición del proyecto. Además de la adecuación de la infraestructura para el Proyecto piloto de piezometría en tiempo real y su calibración con los piezómetros tradicionales existentes.

Figura 7. variaciones del nivel freático del corregimiento de Santa Elena.