

UNIVERSIDAD
EAFIT[®]

Monitoreo 2020-2022

Edificio Animal X

Elaborado por:

Universidad EAFIT



Fortalecer y potenciar el Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá - SIATA - y la red de monitoreo de calidad del aire, mediante la investigación aplicada y el desarrollo de estrategias y herramientas de monitoreo e información innovadoras para la región, que permitan consolidar los instrumentos técnicos y científicos para la toma de decisiones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y los municipios, fundamentados en el conocimiento, la reducción y el manejo de emergencias y desastres ambientales y la transferencia de información y el conocimiento.



Resumen de monitoreo del edificio Animal X. Vía Las Palmas

Ubicación

El sitio monitoreado se encuentra sobre la vía Las Palmas en la ciudad de Medellín, en el antiguo edificio de Animal X (Carrera 38, Av. Las Palmas 26-257 km1) (Figura 1). El monitoreo geotécnico con instrumentación remota que se realizó entre el año 2020 a 2022 se hizo a través de 3 cámaras, 2 acelerómetros inerciales (UMI), 2 acelerógramas (MEMS) y monitoreo tradicional con radar interferométrico en la zona.



Figura 1: Ubicación Animal X

Edificio Animal X (Municipio de Medellín)

En el año 2020 y ante la solicitud del Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres - DAGRD, desde el día 18 de septiembre se inició la instalación y operación de un sistema de monitoreo estructural para el gimnasio Animal X sede Poblado de la ciudad de Medellín. La problemática derivó por la combinación de eventos de alta precipitación e intensidad, además del taponamiento de las obras hidráulicas en el sector, lo que generó cambios abruptos del flujo de agua subterránea, que removieron material del lleno y afectan directamente la cimentación del edificio.



Figura 2: Izq: Imagen del estado de la estructura para el día 18 de septiembre de 2020. Der: Imagen del taponamiento del tubo identificado por la Secretaría de Medio Ambiente de la alcaldía de Medellín.

El plan de monitoreo que se planteó para el seguimiento del edificio de Animal X puede verse en la Figura 3 y consta de los siguientes sensores que brindan información acerca de las condiciones de las estructuras en tiempo real.

- Un radar interferométrico ubicado a 15 metros del edificio, a esa distancia el tiempo de escaneo del radar es 30 segundos y permite la medición de desplazamientos con precisión submilimétrica en una malla de puntos de 0.20 m x 0.14 m (ver figura 5).
- Dos sensores tipo acelerómetro inercial (IMU) sobre la columna adyacente a la zona más afectada, estos permiten hacer seguimiento de la inclinación directamente sobre la columna en los dos niveles de la edificación (ver Figura 4).
- Dos sensores tipo acelerómetros de movimiento fuerte (MEMS) sobre la losa entrepiso que permiten identificar la magnitud de las vibraciones actuantes en el edificio (ver Figura 4).
- Una cámara localizada en el primer nivel de la estructura que permite realizar seguimiento en tiempo real a los elementos estructurales y al proceso de socavación en la zona de mayor afectación (ver Figura 6) y también una cámara localizada en la parte exterior para observar el seguimiento de la obra de mitigación.

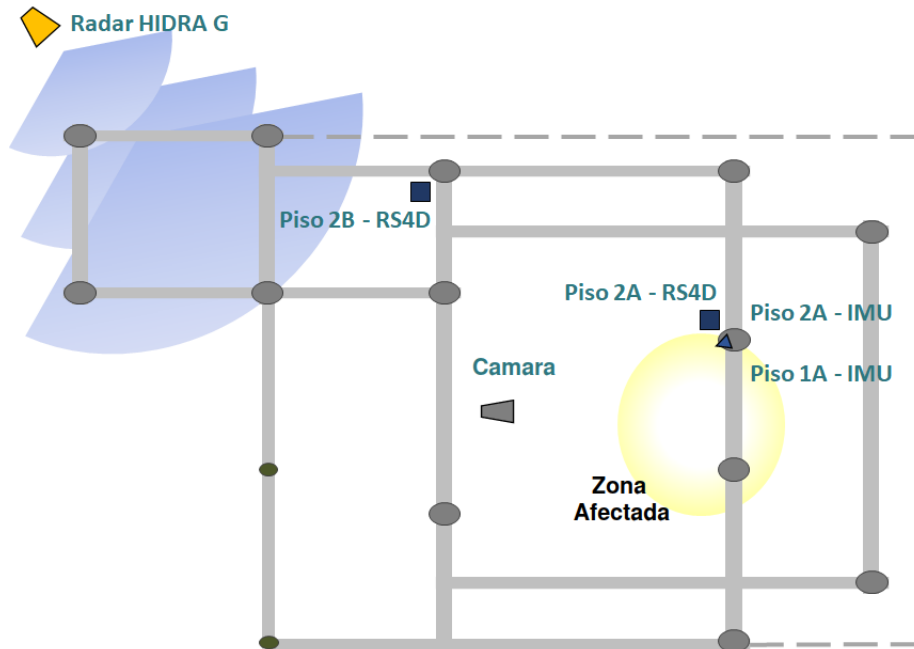


Figura 3: Plan de monitoreo al Edificio de Animal X Sede Poblado de la ciudad de Medellín (Configuración en planta).



Figura 4: Izq: Acelerómetro IMU columna A primer piso. Cen: Acelerómetro MEMS columna B segundo piso. Der: Acelerómetro MEMS y IMU columna B segundo piso.



Figura 5: Izq: Cámara integrada al Radar Hydra G - Vista principal del monitoreo. Der: Radar Interferométrico Hydra G.



Figura 6: Cámara interna, registro fotográfico de la acumulación de agua en la zona afectada debido al evento de precipitación del día 29 de septiembre de 2020 entre las 12:20:00 a 13:20:00.

Monitoreo estructural

En este periodo de tiempo (2020-2022) se realizaron varias campañas de seguimiento al sector del gimnasio Animal X con el radar interferométrico. A continuación se describen cada uno de los monitoreos realizados en la zona.

El día 23 de septiembre de 2020 se inició la operación continua y remota del radar interferométrico al edificio. En la Figura 19 se muestra la interfaz de control del software SurfScan, que permitió seleccionar

puntos en los elementos estructurales de interés (entrepiso de Steel Deck, vigas sección I y columnas tubulares de acero) para la identificación de desplazamientos milimétricos en tiempo real.

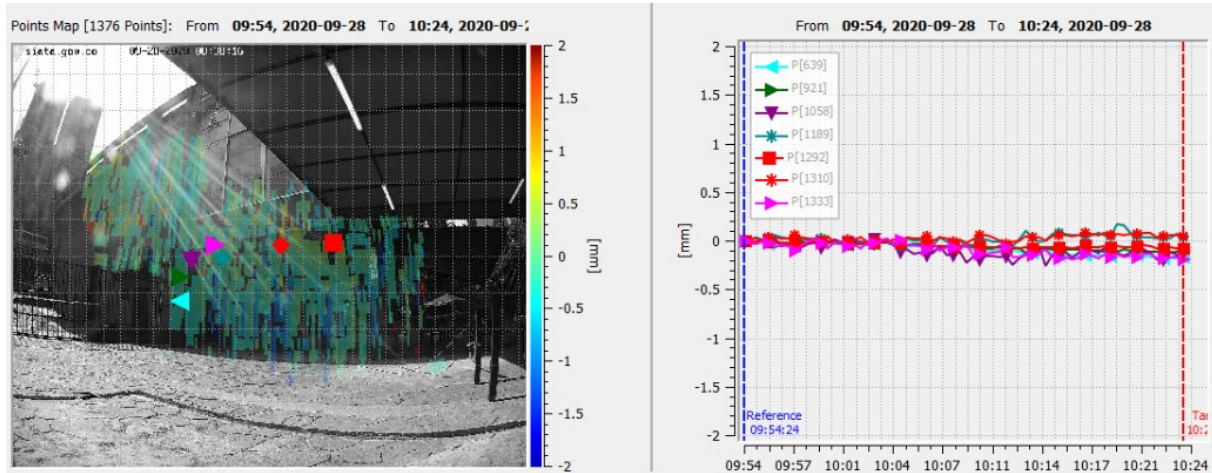


Figura 7: Interfaz del software SurfScan para el seguimiento a los desplazamientos mapeados sobre la imagen. Intervalo sin movimientos representativos durante las 09:55 y 10:25 del día 28 de septiembre de 2020.

Durante las actividades de destaponamiento de las obras hidráulicas y desalojo de los inmuebles del gimnasio, los desplazamientos máximos registrados por el radar no sobrepasaron los 0.5 mm (ver Figura 8).

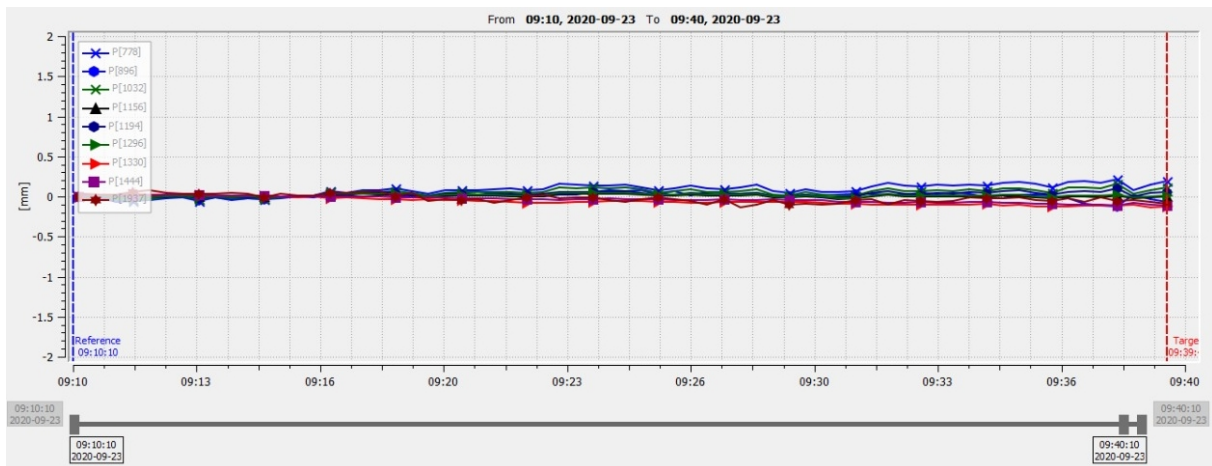


Figura 8: Registros del radar durante las actividades de destaponamiento de obras hidráulicas del sector entre las 09:10 y 09:40 del día 23 de septiembre.

Durante el evento de precipitación del día 29 de septiembre de 2020 entre las 12:09 y 12:25 (ver figura 6) se activan las alarmas de nivel 1 (0.75 mm) y nivel 2 (1.0 mm), momento en el que se evidencia un crecimiento progresivo y atípico en los registros de desplazamiento obtenidos por el radar (ver figura 9).

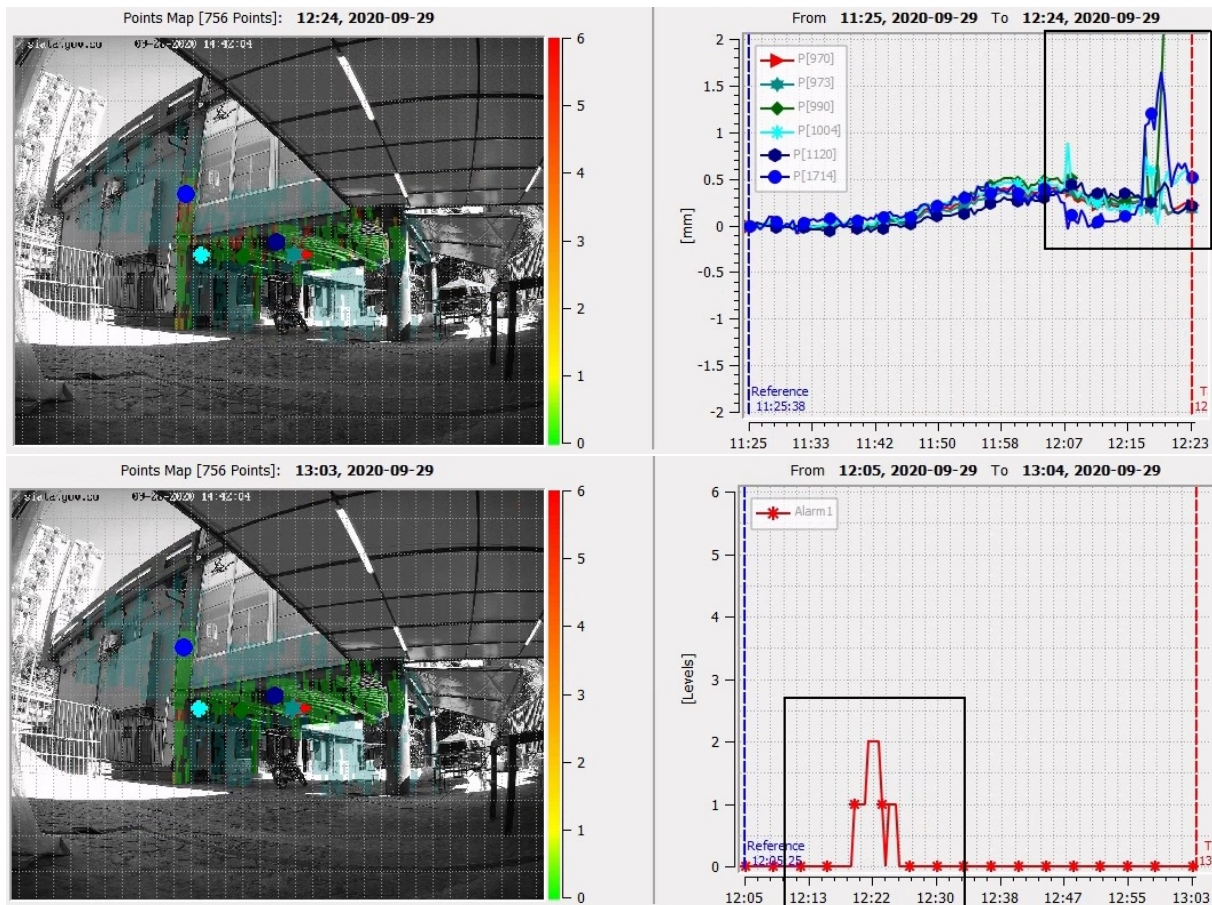


Figura 9: Registros del radar durante el evento de precipitación del día 29 de septiembre entre las 12:09 y 12:25. Se activan las alarmas de nivel 1 (0.75 mm) y nivel 2 (1.0 mm)

El 1 de octubre de 2020 se retira de operación el radar interferométrico Hydra G debido a que las altas intensidades de precipitación alcanzaron componentes principales del mismo lo que no permitió seguir con el monitoreo. Sin embargo el seguimiento al edificio continuó con acelerómetros de tipo inercial (IMU) y acelerómetros de movimiento fuerte (MEMS) dentro de la estructura (ver Figura 3)

El 26 de marzo de 2021 se realizó una jornada de monitoreo con radar interferométrico en la zona compuesta por el estribo sur del puente sobre la vía Las Palmas km+1, además de la vía de ascenso dónde se presentaron afectaciones relacionadas con la dinámica de la quebrada El Indio. La zona de interés se observa en la siguiente Figura 3

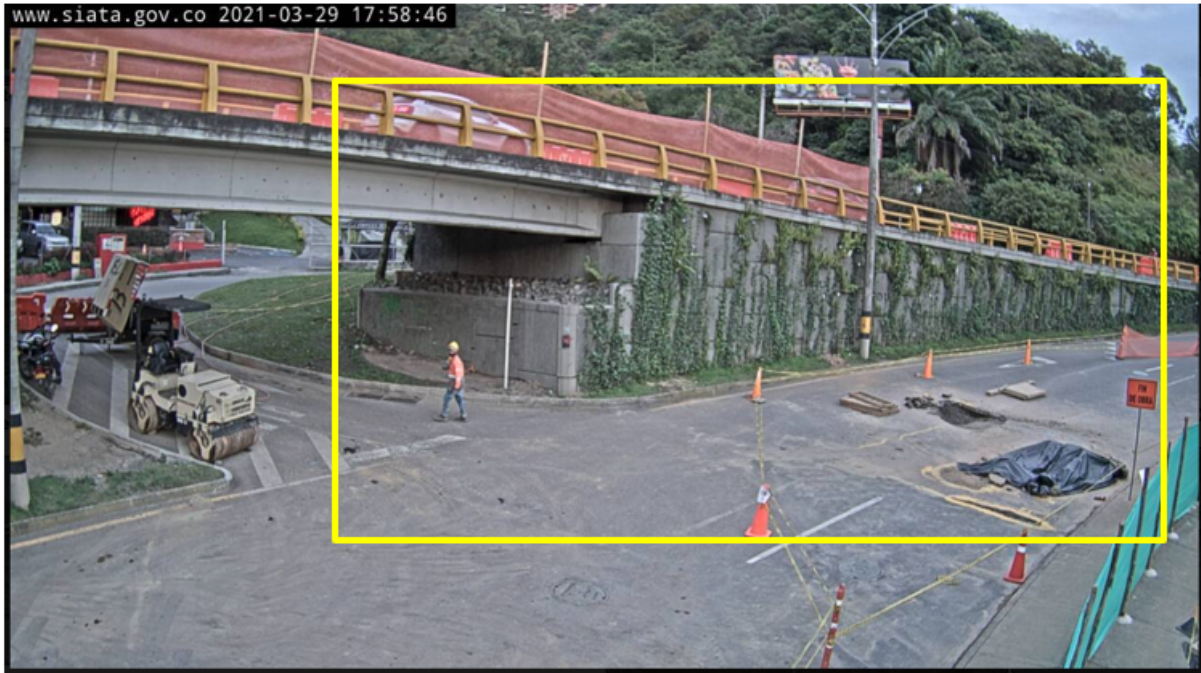


Figura 10: Zona de monitoreo 26/03/2021

El monitoreo con el radar se realizó en una campaña de alrededor de 8 horas. En las cuáles se hicieron barridos en distintos puntos con el fin de detectar movimientos tanto en los estribos del puente como en la zona de paso vehicular y la vía afectada. Inicialmente, se realizó una lectura base dónde se busca la identificación de los puntos fijos a analizar y los movimientos de referencia para las demás lecturas del equipo. A lo largo del presente reporte se evidencian las lecturas realizadas en distintos periodos de tiempo durante la jornada de medición y los resultados obtenidos.

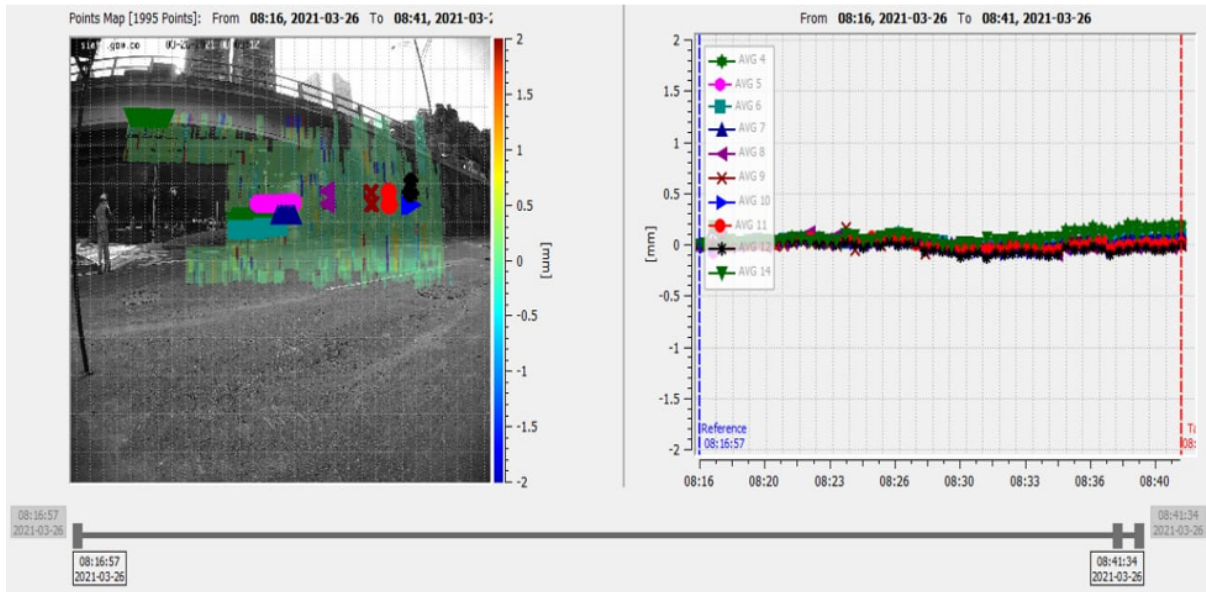


Figura 11: Línea base de monitoreo con radar interferométrico.

La campaña de monitoreo para esta fecha dejó los siguientes resultados:

- No se registraron movimientos en el equipo en ninguno de los barridos realizados durante la jornada de medición. Sin embargo es importante resaltar que en la zona 2 y 3, los periodos de medición fueron de varias horas en comparación con la zona 1, donde se realizaron barridos en la última hora debido al tráfico de personas, volquetas de la obra y a la realización de análisis geofísicos en la vía.
- La zona 2, asociada a uno de los estribos del puente, no arrojó movimientos representativos durante la jornada de medición.
- La zona 3, registró una mayor dispersión de los datos que era coherente con el aumento del flujo vehicular, sin embargo, durante la jornada de medición los datos permanecieron dentro del rango normal del equipo sin mostrar una tendencia que pudiera estar asociada con fenómenos de asentamiento de la estructura.
- La zona 1, donde se presentaron las afectaciones de la vía no registró movimientos relevantes durante la jornada de medición. Sin embargo, las evidencias de campo sugieren procesos de asentamiento que deben ser revisados en el tiempo, por lo cual se sugiere la continuación de jornadas de medición en la zona, que se enfoquen con especial énfasis en la zona 1 y 2 de la estructura de interés.



Figura 12: Zonas de análisis durante el monitoreo del 26/03/2021

Monitoreo con instrumentación remota

Cámaras

Las cámaras de monitoreo son equipos que permiten hacer seguimiento visual a las condiciones de los puntos críticos de interés mediante imágenes transmitidas cada dos minutos.

Durante el periodo de seguimiento con cámaras (2020-2022), estas se tuvieron que reubicar eventualmente por temas de demolición y construcción para obras de mitigación en zona (Animal X) y vía (Las Palmas) afectada. A continuación se describen cada una de las ubicaciones con sus respectivas fechas y cambios observados en el sector.

El 14 de agosto de 2020 se instaló la primera cámara (Cam 463) dentro del edificio de Animal X para monitorear la estructura interna del gimnasio. Sin embargo, el último registro fotográfico de esta cámara fue desde el 19/09/2020 hasta el 21/11/2021 como se puede ver en la figura 13



Figura 13: Cámara interna, registro fotográfico del estado de la estructura interna del gimnasio Animal X desde el 19/09/2020 (A) hasta el 21/11/2020 (B)

Posteriormente se realizó una demolición y retiro de escombros del edificio Animal X por su constante deterioro. Por esta razón la cámara debió ser retirada y reubicada en otra parte.

En el 2021 se instalaron 2 cámaras para monitorear el estado de la vía (Figura 14) y otra para hacer seguimiento al avance de la obra de mitigación (Figura 15) que se realiza actualmente.



Figura 14: Cámara 503. Monitoreo de la Vía Las Palmas.



Figura 15: Cámara 495. Monitoreo obra de mitigación Animal X.

Actualmente (2022) se realiza monitoreo a través de las mismas cámaras para hacer acompañamiento a las obras de mitigación en las que aun se trabajan sobre la Quebrada El Indio. No obstante estas tuvieron que ser reubicadas (Figura 16) y (Figura 17).

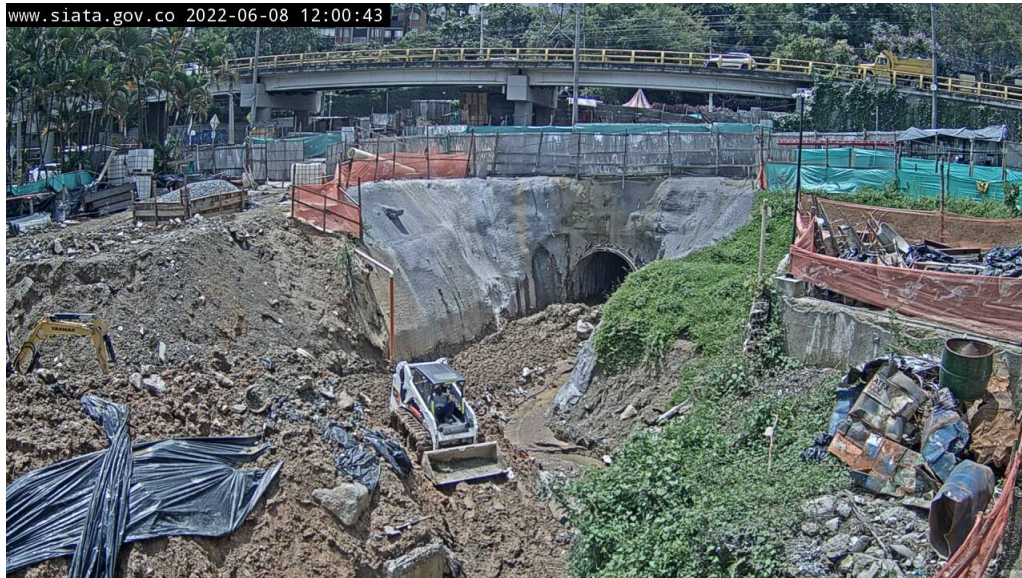


Figura 16: Cámara 503. Monitoreo obra de mitigación en la Quebrada El Indio.

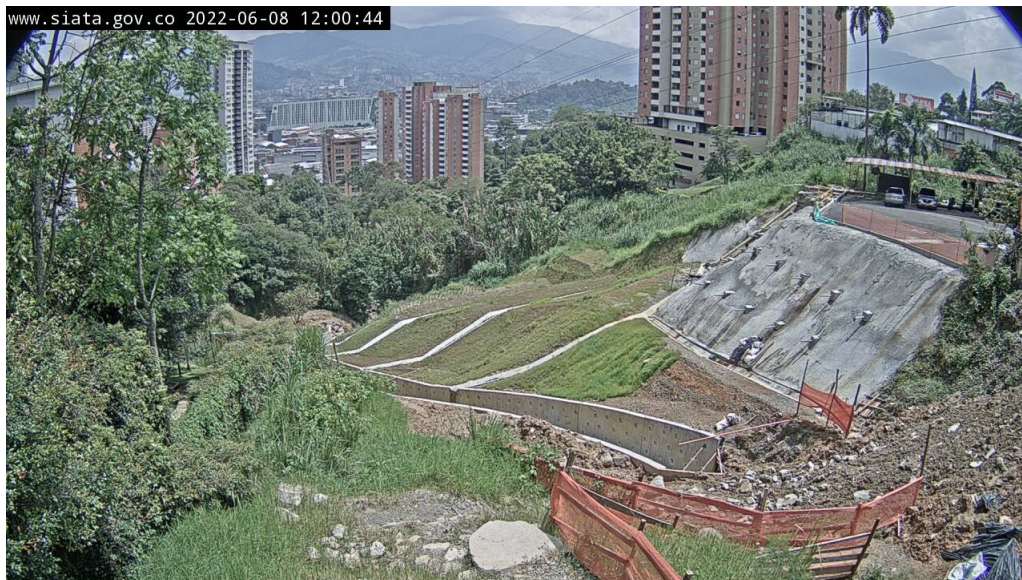


Figura 17: Cámara 495. Monitoreo obra de mitigación Animal X.

Actualmente no se usan acelerómetros inerciales ni de movimiento debido a las obras que se adelantan en la zona. A continuación se muestra y describe el registro guardado por los sensores que durante el 2020-2021 hicieron seguimiento a las estructuras del edificio Animal X.

Acelerómetros Inerciales (IMU)

En el año 2020 se realizó monitoreo del edificio Animal X a través de dos acelerómetros (459 y 460). Estos sensores registran los cambios en las tres componentes de la aceleración, vibración, orientación y dirección, además del ángulo de inclinación del suelo. Estas variables aportan al conocimiento de los

cambios en la inclinación del terreno de los movimientos en masa.

La figura 18 muestra el registro del acelerómetro 459 desde el 27/09/2020 hasta el 01/11/2020. Se observó una tendencia en la variación del cabeceo mayor a 0.5° ($\geq 0.5^\circ$), mientras que para el balanceo no se observó alguna tendencia o cambio significativo ($\geq 0.5^\circ$).

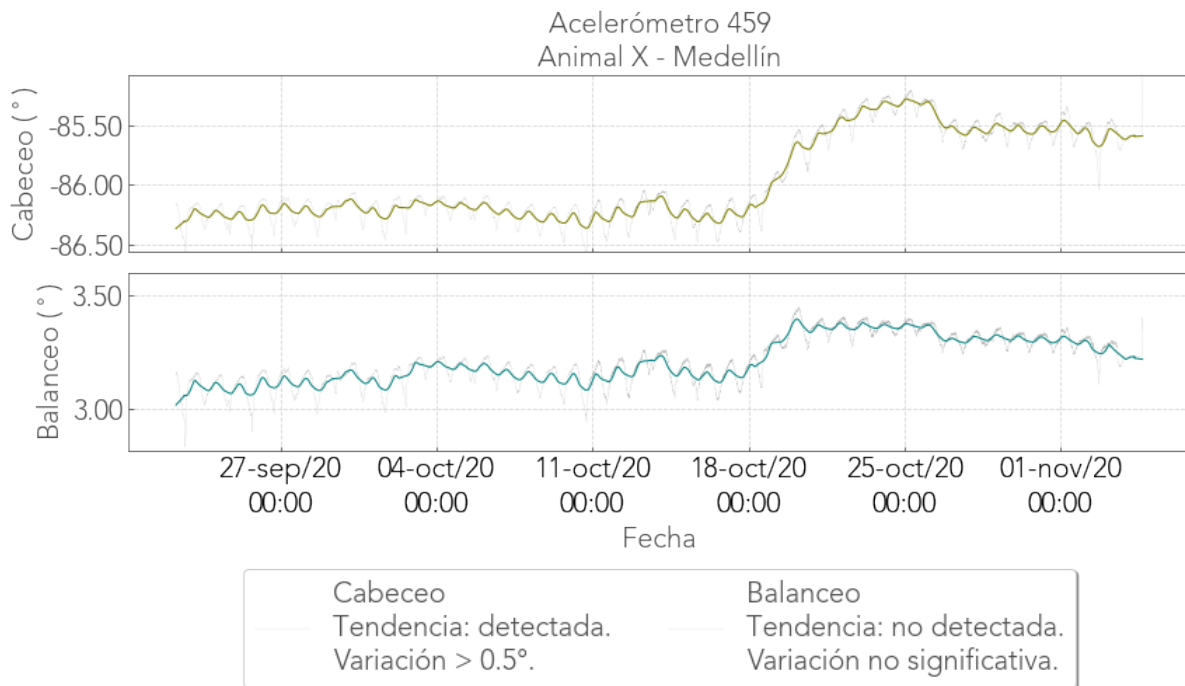


Figura 18: Registro acelerómetro 459

La figura 18 muestra el registro del acelerómetro 460 desde el 21/09/2020 hasta el 02/11/2020. Se observó una tendencia en la variación del cabeceo mayor a 0.5° ($\geq 0.5^\circ$) y un cambio significativo ($\geq 0.5^\circ$) en el balanceo más no una tendencia dentro de este.

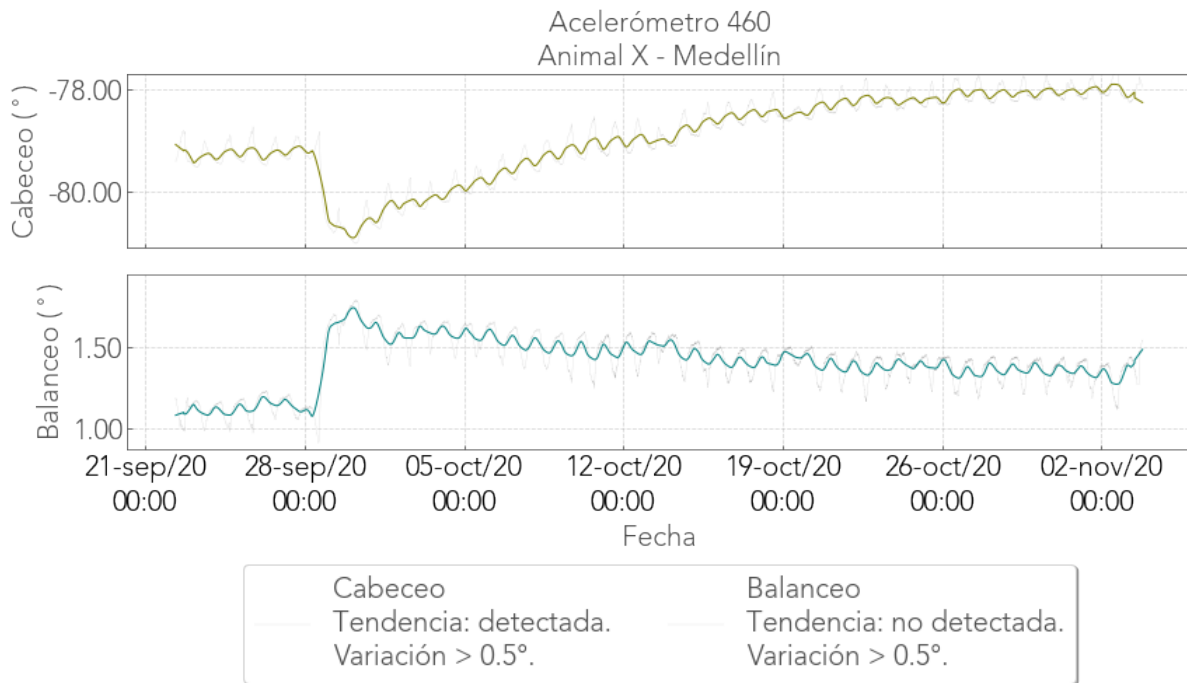


Figura 19: Registro acelerómetro 460

Acelerómetro de movimiento (MEMS)

En el año 2020 se observaron vibraciones de corta duración y con aceleraciones máximas que están entre 4 y 5 cm/s^2 en los acelerogramas (Figura 20). Este movimiento ocurre, de acuerdo con lo observado en las cámaras, en el momento en que el nivel del agua continúa disminuyendo al interior de la zona afectada, propiciando la caída de objetos y elementos en el interior de la estructura.

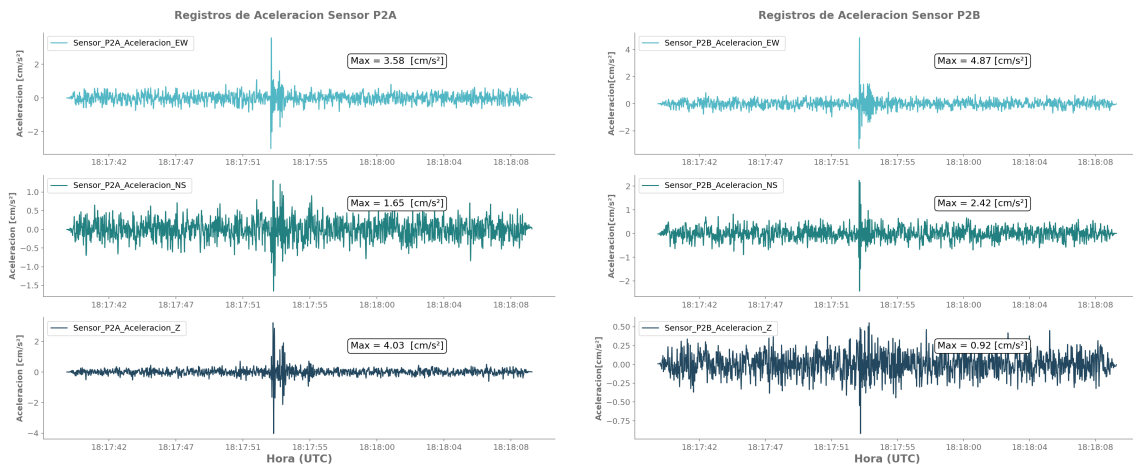


Figura 20: Acelerogramas registrados durante el movimiento detonado por el evento de precipitación del 29 de septiembre de 2020 en el edificio AnimalX.

Los equipos utilizados en el monitoreo estructural del edificio Animal X fueron consistentes y cumplieron con su propósito, fortaleciendo la experiencia tanto en la implementación del radar interferométrico para campañas continuas (alertas tempranas) o periódicas (seguimiento a movimientos lentos) de estructuras, como en el uso de los acelerómetros de movimiento inercial para el seguimiento a la inclinación de muros, asentamientos diferenciales o deformaciones permanentes en unidades residenciales.