

Sensores activos para el monitoreo de movimientos en masa en tiempo real

El monitoreo de los sitios que representan escenarios de riesgo por movimientos en masa, se realiza a través de sensores remotos. Los diferentes tipos de sensores empleados, permiten evidenciar cambios en los deslizamientos ya sea en superficie o en profundidad y desde diferentes perspectivas o enfoques. A continuación, se describen los aspectos más relevantes de los sensores que se emplean actualmente para hacer el seguimiento de los sitios. La ubicación de los sensores en cada uno de los sitios también se puede visualizar a través de la hoja de vida individual accediendo mediante el siguiente enlace: https://siata.gov.co/geotecnia/HV_Deslizamientos.

Cámaras

El monitoreo realizado a través de las cámaras, permite la vigilancia casi continua de los escenarios de riesgo, permitiendo hacer una reconstrucción del avance de los movimientos en masa. Las cámaras se ubican en los sitios, permitiendo obtener el mayor detalle posible del avance de la masa inestable y su frecuencia de medición se realiza cada minuto.

Acelerómetros

Estos sensores monitorean cambios en la aceleración sobre las componentes x , y y z , permitiendo calcular cambios en el ángulo de inclinación del terreno (ver Figura 1). El eje principal X corresponde al cabeceo que se alinea con la dirección principal del deslizamiento, mientras que el eje Y corresponde al balanceo y es perpendicular al eje X. La principal función del equipo es detectar mecanismos de rotura en función de la inclinación reportada.

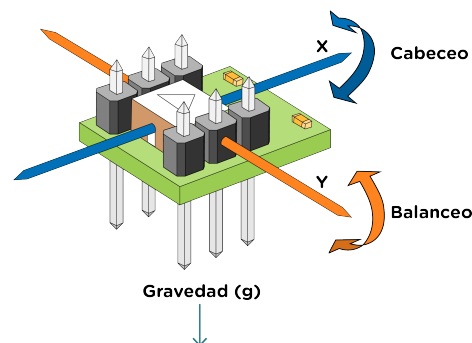


Figura 1: Esquema general de un acelerómetro.

En los registros de los acelerómetros se presentan dos variables informativas: la presencia de tendencia en la serie de tiempo e información sobre si la variación de esta señal es mayor a 0.5° , que es el margen de error del equipo. La presencia de tendencia se evalúa a través de la prueba de Dickey-Fuller aumentada, que evalúa estadísticamente si la tendencia presenta cambios en el tiempo (Mushtaq, 2011; Hamilton, 2020), mientras que la variación máxima se mide directamente de la señal.

Sensores de humedad

Los sensores de humedad del suelo se utilizan para medir el contenido volumétrico de agua en profundidad en tiempo real. Normalmente, estas estaciones tienen entre uno (1) y dos (2) sensores de humedad que se ubican a más de 50 cm de profundidad. Actualmente, se realizan avances investigativos encaminados en afianzar el entendimiento de este tipo de sensores y proyectar el diseño y la instalación de una red

de sensores de humedad encaminada hacia la integración de variables geotécnicas, hidrometeorológicas y atmosféricas, para el estudio de movimientos en masa.

Extensómetros

Los extensómetros son instrumentos que permiten medir el desplazamiento lineal en tiempo real, y especialmente permiten cuantificar el desplazamiento entre zonas de grietas en superficies de falla asociadas a movimientos en masa.

TDR

Los registros de los cables TDR son registros de reflectometría que muestran las superficies de falla del terreno como desplazamientos de la señal respecto a la lectura al momento de la instalación del sensor. Estos generan un pulsos electromagnéticos de corto tiempo de subida (el tiempo de subida es el tiempo que necesita una onda para pasar del 10 % al 90 % del valor final, puede ser desde micro a picosegundos, en este caso $\leq 85ps$), aplicados a un cable coaxial para medir la deformación de una masa de suelo.

Este equipo permite determinar las profundidades a las que se producen desplazamientos en un movimiento en masa, complementando así la información obtenida con los sensores en superficie. En la Figura 2 se observa el esquema de instalación de un sensor TDR en un movimiento en masa (adaptado de Aghda et al. (2018)).

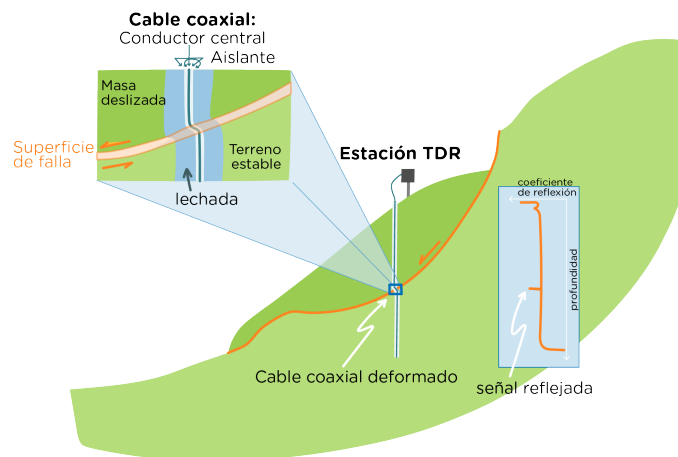


Figura 2: Esquema de instalación de un sistema de TDR en un movimiento en masa. Este esquema incluye un acercamiento de la zona de falla y cómo se vería una deformación en la gráfica (adaptado de Aghda et al. (2018))

Es importante mencionar que los desplazamientos de la señal, también se pueden presentar por variaciones debidas a diferentes factores como el deterioro del cable y sus conexiones o alteraciones del instrumento

que no corresponden a fenómenos naturales. Por esta razón se realiza un filtrado a los datos obtenidos por los TDR para la detección de las superficies de falla que consiste en calcular la desviación estándar de la señal consultada para la fecha más reciente y filtrar los valores que presentan datos inferiores a esta desviación.

Referencias

- Aghda, S. F., Ganjalipour, K., and Nabiollahi, K. (2018). Comparison of performance of inclinometer casing and tdr technique. *Journal of Applied Geophysics*, 150:182–194.
- Hamilton, J. D. (2020). *Time series analysis*. Princeton university press.
- Mushtaq, R. (2011). Augmented dickey fuller test.