

Resumen

Título de la tesis en español:

**TÉCNICAS DE SÍSMICA PASIVA HVSR APLICADAS A LA GEOTECNIA.
Aplicación al estudio de Movimientos en Masa en la Planificación Territorial,
Edificaciones e Infraestructura Vial en Ecuador**

El movimiento en masa de un terreno (deslizamiento) es uno de los riesgos naturales y socio-económicos que más trascendencia tiene, tanto en la actividad humana como en la posible afectación a vidas humanas. En Ecuador, sobre todo en la época de lluvias (una de las dos estaciones de que se compone el clima en casi todo el territorio), este tipo de eventos supone una de las mayores preocupaciones y situaciones de peligro a lo largo de todo su territorio.

El estudio de los deslizamientos supone una inversión importante cuando se trata de enfrentarlo aplicando perforaciones o sondeos mecánicos (con o sin monitorización incluida). Sin embargo, desde hace ya unas décadas, la implementación de técnicas geofísicas en estas investigaciones, y sobre todo en la determinación de la superficie de ruptura, ha permitido reducir los costes y obtener información más amplia correlacionada con estas técnicas directas. No obstante, el empleo de técnicas geofísicas de forma única en los estudios geológicos y geotécnicos de estos fenómenos, precisa de la combinación de varios métodos, de manera que se pueda obtener un modelo geofísico (y geológico) ajustado y lo más preciso posible.

Las técnicas geofísicas del método sísmico son unas de las más empleadas en los estudios de deslizamientos y, en concreto, las técnicas de sísmica pasiva se han venido aplicando recientemente con éxito. La técnica de cociente espectral (HVSR), que Nakamura definió a finales de los años 80, trata de la medida del ruido ambiental (de forma pasiva) mediante un sistema sencillo de tres geófonos orientados en las tres direcciones del espacio.

Si bien esta técnica está ampliamente admitida en la definición del periodo de vibración del terreno (en estudios de microzonificación sísmica e interacción suelo-estructura), su aplicación en otros campos es aún restringida. Esto es debido, principalmente a su alcance y capacidad de definición de los materiales en profundidad que parte de un modelo básico de dos capas. Sin embargo, aprovechando esta característica en el presente trabajo se ha desarrollado su aplicación al estudio y determinación de la superficie de ruptura de algunos deslizamientos en Ecuador.

Se ha partido de los resultados obtenidos en estudios de la determinación de un basamento en la zona de la Presa de San Marcos (Cayambe, provincia de Pichincha) donde la aplicación de la técnica HVSR ha permitido establecer y delinear el substrato rocoso en una zona profunda (más de 80 m) conformada por rellenos de valle sobre un basamento rocoso compacto. Esto se ha podido realizar mediante la correlación de las frecuencias

naturales de vibración del terreno y la información obtenida en perforaciones que alcanzaron dicho substrato. Este estudio también permitió definir estructuras tectónicas en dicho entorno.

Estos resultados fueron transferidos al estudio de dos deslizamientos de características diferentes. Por una parte, en la zona de Pujilí (provincia de Cotopaxi) se investigó un deslizamiento sobre materiales similares en los deslizados y en los estáticos. En este caso, el contraste de impedancias (algo menor que en el caso anterior) permitió diferenciar la superficie de ruptura que se encontraría en relación con esta variación (cambios en la velocidad sísmica y la densidad de los materiales). También se pudo identificar zonas de inestabilidad potencial (áreas de continuación del movimiento) y establecer compartimentaciones y fracturas interiores en la masa en movimiento (a partir de la directividad de la vibración), relacionadas con las tensiones internas de la misma. La aplicación de las técnicas pasivas se respaldó mediante perfiles de sísmica activa (con las técnicas de refracción y MASW) para obtener un estudio en dos dimensiones de la zona del deslizamiento, aplicando la relación entre la frecuencia natural del terreno y la velocidad de la onda de corte para los materiales en movimiento.

El otro caso reflejado en esta Tesis ha sido el deslizamiento estudiado en la zona de Guarumales (provincia de Azuay) donde los materiales deslizantes se encontraban sobre un basamento compacto (rocas metamórficas). Análogamente al caso anterior, las zonas de actividad fueron analizadas y determinadas comprobándose que se relacionaban con las labores de estabilización que fueron acometidas en la zona para la habilitación de una vía de acceso a instalaciones de una central hidroeléctrica. En este caso, la metodología empleada fue similar a la seguida en la zona de Cayambe, pero basándose exclusivamente en otras técnicas geofísicas (ensayos SEV y sísmica activa).

Con todas estas investigaciones se ha podido constatar la aplicabilidad de estas técnicas geofísicas como herramientas en estudios preliminares que pueden proporcionar información espacial, con tiempos reducidos de aplicación y procesado y una ventaja económica importante. Estos estudios pueden ser aplicados en fases iniciales o en análisis premonitorios de estos fenómenos de remoción de masas, para ser empleados en la toma de decisiones (acciones de mitigación) y permitir la identificación de la superficie de ruptura, lo que también es un elemento de ajuste en los presupuestos de investigaciones más avanzadas o de detalle.