

7. GEOFÍSICA APLICADA Y MÉTODOS

La investigación geofísica es definida como un método para deducir las condiciones del subsuelo a través de la observación de fenómenos físicos, bien sea naturales o artificiales, directa o indirectamente relacionados con la estructura geológica del subsuelo (p. ej. Imai, 1975). Originalmente fue desarrollada como un método efectivo para la prospección del petróleo y otros depósitos de minerales.

Después de la segunda guerra mundial se empezó a utilizar para estudiar terrenos montañosos (rocosos) para la construcción de represas y túneles. En la década 1970, se empezó a aplicar la geofísica para el estudio de suelos blandos, en el campo de la ingeniería, en áreas aluviales y depósitos sedimentarios. Actualmente el método es empleado para investigar además de los recursos minerales la estructura geológica superficial de los suelos y tiene aplicaciones específicas en el campo de la ingeniería civil.

Los métodos geofísicos generales que actualmente se usan en la ingeniería civil se incluyen en la Tabla 9.

Tabla 9. Métodos geofísicos usados en ingeniería civil.

Prospección en:	Método	Fenómeno físico observado	Propiedades físicas obtenidas	Aplicación
Superficie	Prospección Sísmica (reflexión, refracción y medición de microtrepidaciones).	Ondas elásticas	Velocidad de las ondas elásticas	Estructura y características dinámicas del subsuelo
	Prospección sónica	Reflexión de las ondas de sonido	Impedancia acústica	Estructura del subsuelo (área marina)
	Prospección eléctrica	Corriente terrestre eléctrica	Potencial espontáneo y Resistividad	Estructura del suelo y de aguas subterráneas
	Microgravimetría	Gravedad terrestre	Gravedad	Ubicación de fallas, fracturas, ubicación de cavidades
Profundidad	Sondeo de velocidad (borehole, downhole, uphole)	Ondas elásticas	Velocidad de las ondas elásticas	Estructura y características dinámicas del subsuelo
	Sondeo PS	Ondas elásticas	Velocidad de las ondas elásticas	Estructura y características dinámicas del subsuelo
	Sondeo de reflexión	Reflexión de las ondas de sonido	Impedancia acústica	Dureza y grietas en el subsuelo
	Prospección eléctrica	Corriente eléctrica de la tierra	Potencial espontáneo, resistividad específica	Estructura del suelo y de aguas subterráneas
	Sondeo radioactivo	Intensidad de los rayos radioactivos	Densidad y contenido de humedad	Propiedades de los suelos
<i>Modificado a partir de Imai (1975) complementado con Sarria (1996)</i>				

La tabla es una aproximación general a los métodos empleados en los campos de la ingeniería civil y la construcción, exceptuando los métodos de prospección magnética que se emplean en otros campos.

Para propósitos de la ingeniería civil son muy usados los métodos de refracción y reflexión sísmica, down-hole y microtrepidaciones. Los tres primeros hacen parte de los métodos activos que requieren de una fuente artificial generadora de ondas sísmicas, y el de microtrepidaciones se clasifica dentro de los pasivos ya

que se limita a registrar las vibraciones a las que están sometidos permanentemente los depósitos de suelo y roca.

La refracción sísmica está basada en la observación de los tiempos de llegada de los primeros movimientos del terreno en diversos sitios, generados por una fuente de energía específica en un sitio determinado. Los movimientos posteriores son descartados. De tal manera, el conjunto de datos obtenido en los experimentos consiste de series de tiempo *versus* distancia. Estas series son interpretadas en términos de la profundidad a interfaces entre capas de suelo y de las velocidades de propagación de la onda P en cada capa. Estas velocidades están controladas por los parámetros elásticos que describen el material.

En los experimentos de reflexión, el análisis está basado en la energía de las vibraciones después de iniciado el movimiento del suelo. Específicamente se concentra en los movimientos del terreno inducidos por la reflexión de las ondas, en las diferentes interfaces de capas, que han sido generadas en un sitio específico. En la reflexión se extrae información del subsuelo estudiando la amplitud y forma de los movimientos del terreno. A continuación una comparación entre ambos métodos (Tabla 10).

Tabla 10. Ventajas y desventajas de la refracción y reflexión sísmica

Refracción	Reflexión
Ventajas	Desventajas
Utiliza menos geófonos y menos fuentes de generación. Esto hace mas barato la adquisición de los equipos.	Requiere mas geófonos y mas fuentes de generacion de ondas para producir una imagen del interior de la tierra. Esto hace mas caro la adquisición de los equipos.
El procesamiento es muy corto, solo requiere aplicar adecuados filtros a la señales para leer mejor los tiempos de llegada de la onda P.	El procesamiento en computador es mas complejo, requiere hardware especializado y experiencia.
Del sismograma registrado en cada punto de observación solo se requiere leer el tiempo de llegada de la onda P	Requiere analizar el sismograma completo.
Como se utiliza solo una parte del sismograma los modelos desarrollados y las interpretaciones no son muy complicadas.	Debido a las grandes cantidades de información registrada que debe ser usada, hay mayor complejidad en la

Refracción	Reflexión
	interpretación de la propagación de la ondas. Adicionalmente se presenta un mayor grado de complejidad por las suposiciones que se hacen.
Desventajas	Ventajas
Requiere tendidos sísmicos relativamente largos.	Requiere tendidos mas cortos.
Solamente funciona cuando la velocidad incrementa con la profundidad.	Funciona independiente de la velocidad de propagación de las ondas en profundidad.
Generalmente se interpreta en términos de capas. Éstas pueden tener inclinación y rugosidad.	Se interpreta en términos de estructuras geológicas mas complejas.
Como solo usa una parte del sismograma, el resto de información se desperdicia-	No se desperdicia nada.
El modelo del suelo es construido a partir de los primeros tiempos de llegada.	El modelo del suelo es construido directamente con las observaciones adquiridas.
<i>Modificado a partir de Boyd, 1999.</i>	

En el método de down-hole se produce una excitación en la superficie y se recoge la respuesta a diferentes profundidades dentro de un sondeo. Esto permite ver las variaciones de la velocidad de la onda P en profundidad.

Las microtrepidaciones, vibraciones a las que están sometidos los estratos de suelo, han sido utilizadas desde mediados de 1950 para el estudio de los periodos de vibración de suelo. Requieren de un solo sitio de observación donde se registran las microtrepidaciones. Los análisis de las señales son principalmente de sus contenidos frecuenciales.