

Principio de funcionamiento del geo-radar.

El autor del artículo empleando un geo-radar Mala, modelo 3XM con una antena de 250 MHz en un terreno limo-arcilloso.

En los últimos años, y aún más en los últimos meses, los medios de comunicación hablan constantemente de geo-radar. La aplicación de instrumentos de radar geológico a la búsqueda de fosas comunes de represaliados de la guerra civil española a partir de la entrada en vigor de la Ley de Memoria Histórica y también algunos casos muy mediáticos de búsqueda policial han puesto en el candelero esta técnica, anteriormente conocida sólo por los profesionales de la geofísica. Sin embargo, aunque se usa con profusión el término geo-radar, los medios de comunicación no han puesto demasiado énfasis en explicar los fundamentos de la técnica; es lo que ha llevado a la decisión de describirla en detalle para los aficionados a la detección, ya que este colectivo entenderá fácilmente sus principios, debido a la similitud con la técnica que usan comúnmente.

# La TÉCNICA de

## ¿QUÉ ES UN GEO-RADAR?

Un geo-radar (también georadar, radar geológico, radar de penetración de suelos o GPR - del inglés *Ground Penetrating Radar* -) es un método geofísico que utiliza los pulsos de radar para obtener un perfil del subsuelo. Los instrumentos de geo-radar consisten en una unidad central que emite a través de una antena posicionada cerca del suelo y recoge los pulsos reflejados en las superficies y objetos del subsuelo. El radar geológico emite y recibe pulsos de radiación electromagnética de una frecuencia situada en la banda de las ondas de radio (frecuencias de UHF/VHF, situadas entre 80 y 1600 MHz -megahercios-).

El principio del geo-radar consiste en la reflexión de las ondas emitidas en las superficies que separan materiales con diferentes propiedades electromagnéticas, de tal modo que su forma de trabajo es muy similar al método de sismica de reflexión descrito en el artículo

de la revista D&M de abril de 2012, si bien, existe una diferencia en la frecuencia de las ondas con las que trabajan ambos sistemas y, como consecuencia de ello, en las propiedades que detecta.

La versatilidad de esta técnica se debe al hecho de que puede usarse en diversos materiales: rocas, sedimentos, suelos, hielo, pavimentos, estructuras. Y es útil para definir la estructura natural de los materiales geológicos, así como para detectar removilizaciones artificiales del terreno, objetos, tuberías, huecos y grietas.

## APLICACIONES DEL GEO-RADAR

Al parecer la primera aplicación conocida del geo-radar se realizó para determinar el espesor de un glaciar austriaco en 1929. Con el mismo objetivo esta técnica fue utilizada para determinar el grosor del hielo ártico a fin de establecer la localización óptima de una pista de aterrizaje.



Dr. Juan Antonio **Morales**

Grupo de Geología Costera, Universidad de Huelva.

Desde entonces, la técnica ha experimentado un notable desarrollo y durante décadas ha sido aplicada con éxito con fines geológicos, debido a su capacidad de diferenciar capas con diferentes propiedades (que, en definitiva, son capas con materiales diferentes) y de dibujar en detalle la estructura de subsuelo. En este sentido, también detecta con facilidad la profundidad a la que se encuentran los acuíferos, ya que la presencia de agua en los poros modifica notablemente las propiedades eléctricas de los materiales. De forma inmediata fue también aplicado a la ingeniería y a la arquitectura para detectar irregula-



Geo-radar Mala, modelo Rama CU-II con una antena de 800 MHz trabajando en el interior de un edificio para detectar irregularidades en la cimentación.

# GEO-RADAR a EXAMEN

ridades en el terreno sobre el que se asientan estructuras o en el interior de las mismas estructuras. Así, se ha utilizado con bastante frecuencia para detectar debilidades y grietas internas en estructuras de hormigón o para localizar tuberías y conductos eléctricos antes de acometer movimientos del terreno. Más recientemente la técnica ha sido aplicada a la arqueología, ya que las imágenes que genera son capaces de localizar con precisión estructuras humanas enterradas y delimitar con exactitud el área arqueológica y la profundidad de los restos en los estudios previos a la excavación. En España esta técnica se aplicó por primera vez en el ámbito arqueológico en la detección de un edificio nazarí previo a la construcción de la línea de AVE a través de la ciudad de Córdoba.

Aplicaciones más recientes son las mencionadas en la introducción a este artículo, así como las aplicaciones policiales a la localización de

zulos, almacenes subterráneos de droga o galerías de paso de fronteras o las aplicaciones militares a la detección de minas.

## **PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN Y RESOLUCIÓN**

La profundidad de análisis y la resolución de las imágenes obtenidas dependen de la frecuencia utilizada y de las propiedades electromagnéticas de los materiales del terreno, entre las que destaca la conductividad eléctrica. En términos generales, a mayor conductividad eléctrica del terreno, se consigue una menor penetración, ya que los pulsos se disipan en forma de calor, mientras que en terrenos con poca conductividad puede conseguirse penetración de varios metros. Ejemplos de materiales poco propicios a la penetración son las arcillas y los materiales saturados en agua (especialmente cuando el agua es salada), mientras que en materiales sólidos como areniscas secas, granitos u hormigones pue-

den llegar a alcanzarse los 15 metros de profundidad. El material en el que se consigue una mayor penetración es el hielo, donde puede conseguirse una penetración de centenares de metros.

En cuanto a la frecuencia de emisión electromagnética, las mayores frecuencias permiten una menor penetración pero una mayor resolución, mientras que las frecuencias menores permitirán una mayor penetración, aunque la resolución será menor.

De esta forma, la frecuencia de trabajo debe ser elegida en función de los materiales con los que vayamos a trabajar, por lo que un reconocimiento previo del terreno es muy útil para obtener resultados óptimos. Actualmente el mercado ofrece equipos que permiten la utilización de antenas de diferentes frecuencias, que pueden ser intercambiadas acorde a los objetivos planteados.

## NUEVAS TECNOLOGÍAS

Obviamente, existe una gran diferencia entre los primeros geo-radares y los existentes actualmente en el mercado. Pero, ¿en qué consisten estas mejoras? Pues, en primer lugar, la gama de frecuencias utilizada se ha ido ampliando con el tiempo, resultando una mayor versatilidad del método para ser aplicado en diferentes materiales.

Otra de las mejoras se centra en el sistema de visualización de resultados. El sistema empleado por los primeros geo-radares consistía en la simple impresión del perfil obtenido en un rollo de papel térmico, mientras que ahora los resultados se ofrecen en un formato digital. Existiendo una amplia variedad de programas informáticos que permiten el tratamiento, el filtrado y la mejora de las imágenes.

Debe tenerse en cuenta que existen posibles interferencias que pueden distorsionar los resultados, como la proximidad de teléfonos móviles o líneas de tendido eléctrico. La mayor parte de los equipos actuales permiten introducir filtros de apantallamiento para minimizar estas interferencias.

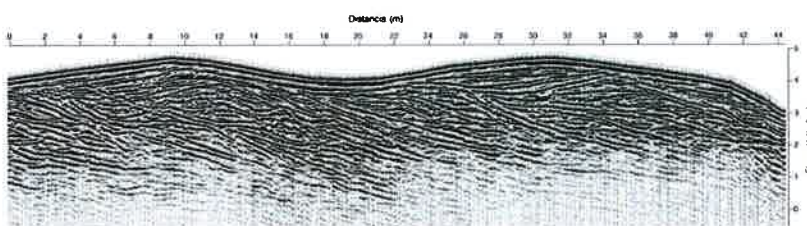
Finalmente, cabe destacar que hoy en día existen equipos que incorporan múltiples antenas situadas a una distancia de decímetros entre ellas, de tal forma que el tratamiento conjunto de los resultados a través de nuevos programas informáticos permite obtener un modelo tridimensional del terreno y conseguir perfiles en cualquier dirección del espacio, incluyendo direcciones oblicuas a los perfiles de trabajo y cortes horizontales del terreno, donde se visualiza la distribución espacial de las estructuras subterráneas.

De cualquier forma, el empleo de esta técnica, la interpretación de los perfiles y el manejo del software de mejora de los resultados, no resulta fácil ni intuitivo, lo que hace que cualquier persona que se decida a acometer el uso de la misma deba concienciarse en obtener la adecuada formación.

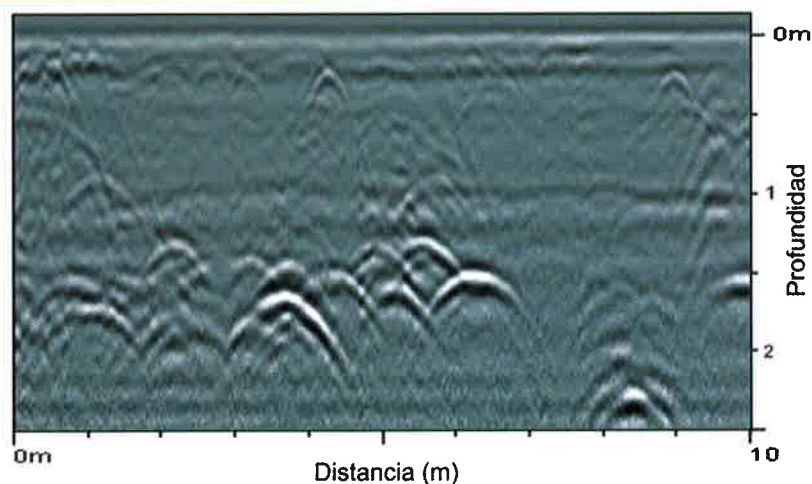
Esperamos que estas líneas hayan contribuido a aclarar dudas sobre una técnica tan comentada pero a la vez tan desconocida. Saludos a todos.



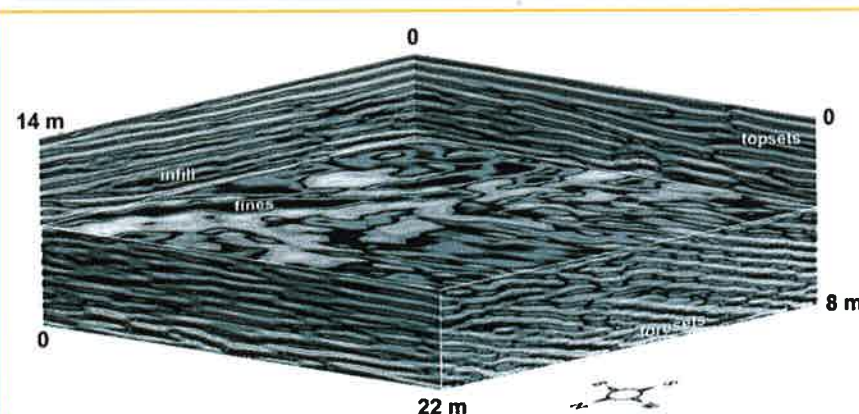
Sistema de antenas multicanal (21 antenas) para obtener registros tridimensionales de geo-radar. Modelo Geoscope Mk IV de Curtiss-Wright.



Perfil de geo-radar en el que se muestra la estructura interna de una duna. Pueden observarse las láminas cruzadas producto del avance de la duna hacia la derecha de la imagen debido a la acción del viento.



Perfil de geo-radar realizado en un antiguo cementerio en el que se observan los huecos de las tumbas en forma de reflexiones parabólicas.



Registro 3D de geo-radar multicanal.