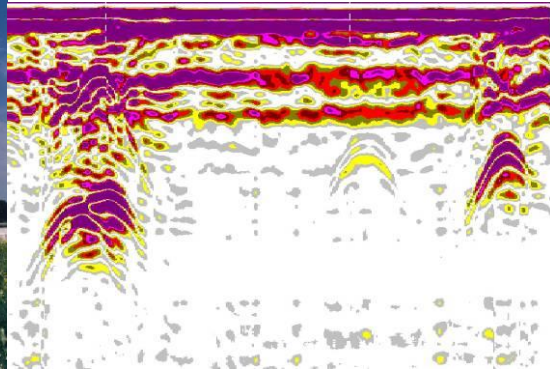
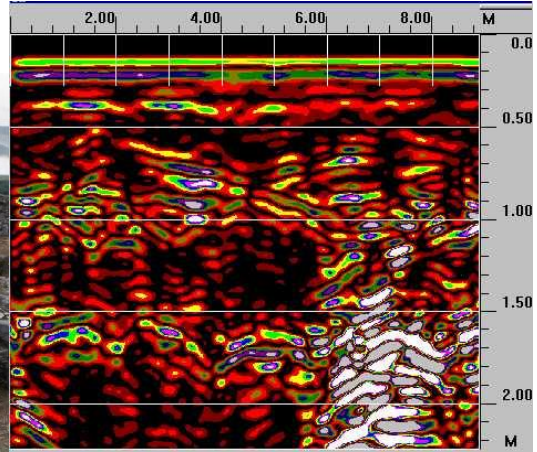




ASOCIACIÓN NOTIO
TÉCNICA GEOFÍSICA DEL GEORRADAR



Asociación NOTIO

Centro Tecnológico de la Arcilla
C/ Río Cabriel s/n – 45007 Toledo

Tel.: 925 24 11 62 – 630 96 87 86

info@notio.es

www.notio.es



ASOCIACIÓN NOTIO

CONTENIDO

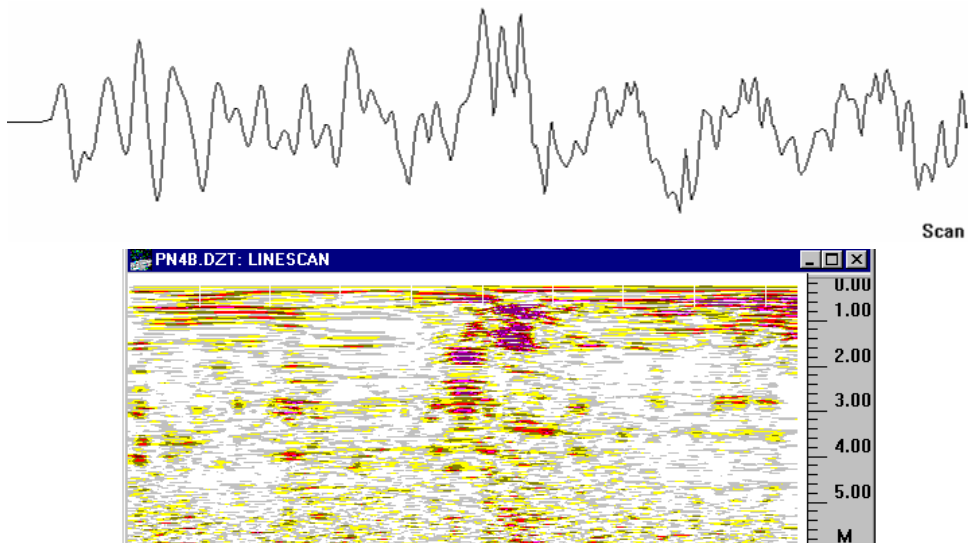
1.	TÉCNICA GEOFÍSICA DE GEORRADAR (GPR – GROUND PENETRATION RADAR). ...	3
1.1.	Calibración del equipo	5
1.2.	Fundamentos de interpretación.	6
1.3.	Ámbito de aplicación del georradar.	6
1.4.	Ventajas del georradar sobre otros métodos geofísicos	7
2.	ALGUNOS TRABAJOS REALIZADOS POR NOTIO	8
2.1.	PROYECTOS DE I+D.....	8
2.2.	MINERÍA (SEGURIDAD)	9
2.3.	METALURGIA (INVESTIGACIÓN).....	10
2.4.	OBRA PÚBLICA	10
2.5.	Otros trabajos:	12
2.6.	ARQUEOLOGÍA Y PATRIMONIO	15
2.7.	FORMACIÓN	16

1. TÉCNICA GEOFÍSICA DE GEORRADAR (GPR – GROUND PENETRATION RADAR).

La utilización del georradar supone la emisión mediante una antena, de una onda electromagnética que penetra en el material a analizar; su reflexión es recogida por la antena receptora, en contacto directo con este material. De esta forma se registra una señal que, una vez analizada, permite detectar los cambios de material, huecos o singularidades existentes en el interior del terreno sobre el que se desplaza el emisor-receptor.

Desde un punto de vista práctico, con el georradar se puede obtener un perfil del terreno en profundidad, moviendo la antena en paralelo con la superficie, a lo largo de una alineación determinada (siempre que es posible un mallado cuadrículado).

En la siguiente figura, se muestran unas señales típicas emitidas y recibidas por el georradar al desplazar la antena. El pulso emitido por el georradar se refleja, en primer lugar, en la superficie del material y posteriormente en cualquier discontinuidad que encuentre al propagarse por éste, siempre que exista un contraste de conductividad dieléctrica apreciable.



Debido a la alta frecuencia de las señales emitidas por el georradar, que van desde 16 a 900 MHz, su atenuación es muy rápida y por lo tanto, la profundidad del terreno a la que pueden penetrar estas señales produciendo ecos interpretables, está limitada.

En medios favorables y con una antena de baja frecuencia puede llegarse a profundidades operativas de hasta unos 30 m; pero, en la mayoría de los casos, la profundidad efectiva de inspección está comprendida entre varios cm y 20 m.

Por lo tanto, la técnica geofísica de georradar se fundamenta en el análisis de las reflexiones de las ondas electromagnéticas, que se producen cuando estas pasan de un medio a otro de diferente constante dieléctrica.

Cada material, hueco, singularidad, etc., provocará una reflexión distinta de la onda electromagnética; el análisis de las ondas reflejadas permite diferenciar las anomalías presentes en el mismo.

El comportamiento de la onda electromagnética al penetrar en el terreno, depende de los siguientes parámetros:

La **conductividad eléctrica**, es la medida de la facilidad de paso que encuentra un impulso electromagnético al atravesar un material, y se expresa numéricamente como el inverso de la resistividad. Su unidad en el S. I. es el Siemens/m.

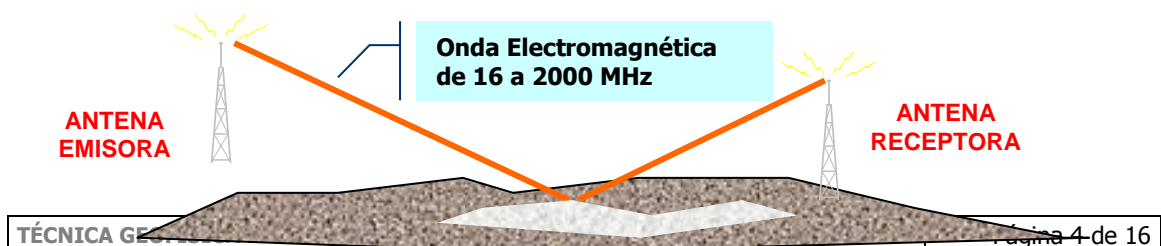
La **constante dieléctrica**, es la magnitud física en la que se basa el georradar y representa la permitividad al paso de un impulso electromagnético con respecto a la permitividad que presenta el vacío. Es, por tanto, un factor adimensional. En la práctica esta constante depende de la conductividad eléctrica y del espesor de material atravesado.

La utilización del georradar se fundamenta en las reflexiones inducidas sobre un impulso electromagnético al pasar de un material a otro, entre los que existe un contraste de sus respectivas constantes dieléctricas.

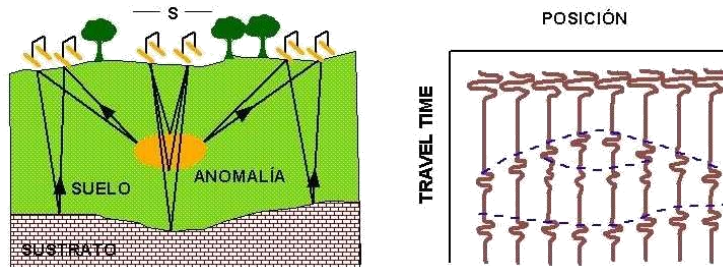
La **velocidad de propagación**, de una onda electromagnética depende del material atravesado y de la frecuencia de la señal emitida. En general, esta velocidad es mayor en el aire o en materiales secos, que en agua o materiales húmedos.

El **coeficiente de atenuación**, del material expresa la pérdida de energía que sufre la señal emitida al atravesar el medio de transmisión. La unidad en el que se mide es el dB/m. Este coeficiente aumenta con el contenido en agua, la conductividad eléctrica, la dispersión producida por una composición heterogénea, y el contenido de partículas metálicas.

La descripción somera de las exploraciones realizadas con georradar es la siguiente; el equipo consta de dos antenas, emisora y receptora. Como su nombre indica, la antena emisora “emite” una onda electromagnética que penetra en el medio a analizar. Esta onda se refleja, en primer lugar, en la superficie del material y posteriormente en cualquier discontinuidad que encuentre al propagarse por este, siempre que exista un contraste de conductividad dieléctrica apreciable entre la discontinuidad y el medio circundante. Las reflexiones producidas las recibe la antena receptora, y el análisis de esta señal permite detectar los cambios de material, huecos o singularidades existentes en el interior del terreno sobre el que se desplaza la antena emisor - receptor.



Por consiguiente, se puede obtener un perfil del terreno en profundidad, desplazando siempre el conjunto de antenas emisor – receptor sobre la superficie del terreno, a lo largo de una alineación determinada, lo que permite obtener un perfil continuo de alta resolución del mismo, en profundidad.



1.1. Calibración del equipo

Con anterioridad a la toma de datos en campo es necesario calibrar el equipo específicamente para el tipo de material sobre el que se va a trabajar, operación imprescindible para asegurar la fiabilidad de las medidas.

La constante dieléctrica (o permitividad dieléctrica relativa) es una medida de la capacidad de un material para almacenar una carga cuando se le aplica un campo eléctrico, en relación con la misma capacidad para evacuarla. En la siguiente tabla se muestra un listado de los valores aproximados de la permitividad dieléctrica relativa para ciertos materiales.

Material	Conductividad (mhos/m)	Permitividad dieléctrica relativa
Aire	0	1
Agua dulce	10^{-4} a 3×10^{-2}	81
Agua salada	4	81
Agua dulce helada	10^{-3}	4
Arena (seca)	10^{-7} a 10^{-3}	4 a 6
Arena (saturado)	10^{-4} a 10^{-2}	30
Aluvión (saturado)	10^{-3} a 10^{-2}	10
Arcilla (saturada)	10^{-1} a 1	8 a 12
Arenisca (húmeda)	4×10^{-2}	6
Pizarra (húmeda)	10^{-1}	7
Caliza (seca)	10^{-9}	7
Caliza (húmeda)	2.5×10^{-2}	8
Basalto (húmedo)	10^{-2}	8
Granito (húmedo)	10^{-8}	5
Granito (seco)	10^{-3}	7

Cuando se desconoce el valor de la constante dieléctrica para el material a explorar, se realizan unos reconocimientos previos con el equipo sobre una zona en la que se tenga conocimiento de la profundidad a la que se localiza una determinada anomalía y mediante la aplicación de la siguiente expresión,

c = velocidad de la luz ($3 \cdot 10^8$ m/s).

t = tiempo en segundos.

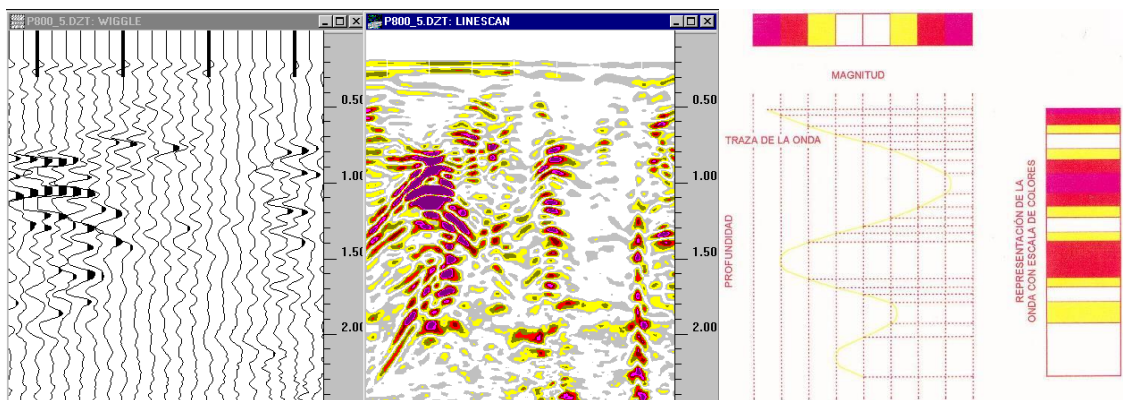
d = espesor de material recorrido por la onda en metros.

$$\varepsilon_r = \left(\frac{t_s * c}{2d} \right)^2$$

El objeto de este cálculo es el de conocer el rango de profundidad, en metros, que alcanzan las antenas utilizadas sobre el material explorado. Con ello es posible situar y dimensionar las anomalías observadas en los radargramas, no obstante en las soleras, debido al desconocimiento preciso de la litología del subsuelo, la aplicación de esta constante es válida hasta los 20 cm del recubrimiento de hormigón; a partir de esta profundidad los valores de la misma son inexactos.

1.2. Fundamentos de interpretación.

Las ondas medidas pueden ser representadas de dos maneras: como trazas; o bien utilizando escalas de color. En las figuras siguientes se muestran los dos modos de representación de las ondas, así como la relación entre ambas.



1.3. Ámbito de aplicación del georradar.

El georradar se puede aplicar en una amplia gama de campos. Entre las utilidades más frecuentes, cabe destacar;

- **Condiciones de protección medioambiental:**
 - Detección de objetos perforados conteniendo materiales peligrosos.
 - Determinación de la extensión de un área contaminada.
 - Detección de contaminación por hidrocarburos en el nivel freático de agua.
 - Investigación de las condiciones geológicas del suelo.
 - Detección de depósitos de residuos.
- **Investigación geotécnica anterior a la planificación y construcción:**
 - Construcción del mapa geológico de la superficie.



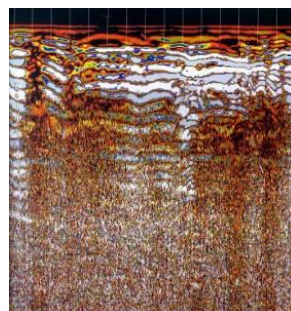
ASOCIACIÓN NOTIO

- Detección de cavidades naturales y artificiales.
- Investigación de objetos enterrados.
- **Testificación de estructuras artificiales:**
 - Estudio de fracturas y huecos en túneles, etc.
 - Localización de tuberías, cables y otros servicios subsuperficiales.
 - Inspección de pavimentos asfálticos y estructuras de hormigón.
- **Exploración de minerales y materias primas.**
- **Control especial en minas.**
- **Estudios arqueológicos y de patrimonio.**

1.4. Ventajas del georradar sobre otros métodos geofísicos

A continuación se exponen algunas de las ventajas más notables que ofrece este método sobre otros métodos geofísicos tradicionales como sísmica, sondeos, perfiles eléctricos, etc., para la realización de ciertos trabajos y, por supuesto, sin considerar este método excluyente del resto e incluso ofreciéndose como precursor y/o complementario de los mismos:

- Método no destructivo.
- Realización de medidas continuas en el espacio.
- Rapidez de la toma de medidas y de la interpretación de datos.
- Amplia versatilidad del equipo para un gran número de trabajos.
- Ausencia de impactos ambientales (no genera ruidos, ni polvo, ni interrupciones del tráfico, etc.)
- Mínima interferencia, e incluso simultaneidad, con las labores y trabajos habituales desarrollados en la zona de exploración.



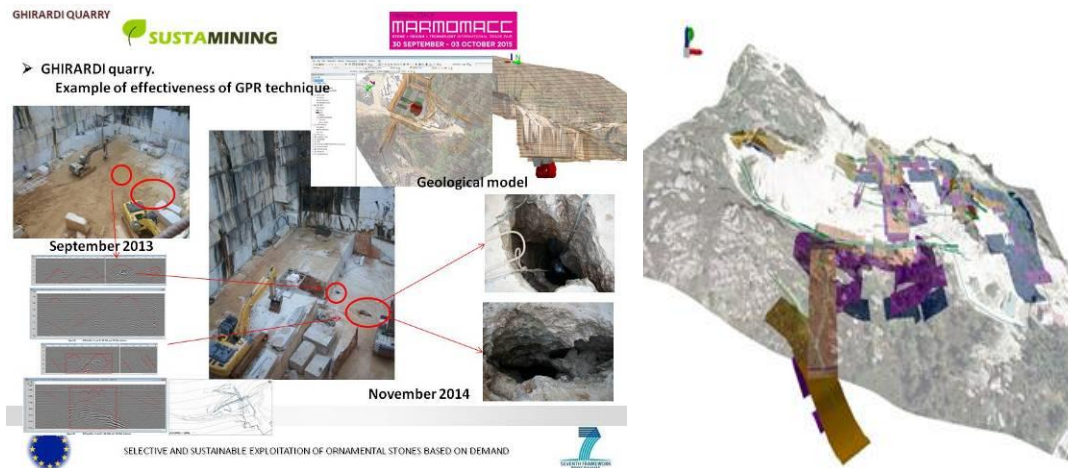
2. ALGUNOS TRABAJOS REALIZADOS POR NOTIO

El equipo técnico de NOTIO posee una amplia y contrastada experiencia y personal cualificado para la realización de estudios mediante la aplicación de georradar. NOTIO es precursora de la aplicación del mismo en numerosos campos con resultados óptimos, habiendo incluso proporcionado apoyo técnico a otras empresas; consultoras e ingenierías y organismos públicos y privados de toda índole.

A continuación se presenta una relación de algunos de los trabajos más significativos realizados, en los cuales se ha empleado esta técnica geofísica:

2.1. PROYECTOS DE I+D

- SUSMAMINING. *“Selective and sustainable exploitation of ornamental stones based on demand” (7º PM).*



- BIOISOIL. *“New approach on soil remediation by combination of biological and chemical oxidation processes” (LIFE+).*
- Viabilidad de la aplicación de la técnica geofísica del georradar en el estudio de diferentes tipos de anomalías presentes en el subsuelo (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha):
 - *Orientada a la elaboración de cartografía de riesgos en el subsuelo; Localización de antiguos minados y huecos en el subsuelo con el objeto de elaborar una cartografía de riesgos dirigida a los planes de urbanismo.*
 - *Orientada a la detección de objetos enterrados; Estudios de emplazamientos arqueológicos.*
 - *Orientada a la demarcación de suelos contaminados y localización de potenciales focos contaminantes.*

- Viabilidad de la aplicación de las técnicas geofísicas del georradar combinado con tomografía eléctrica en el análisis de procesos de infiltración.



2.2. MINERÍA (SEGURIDAD)

- Detección de antiguos minados y galerías en la actual explotación a Cielo Abierto de la Mina Emma (ENCASUR. Puertollano. Ciudad Real).
- Localización de huecos en escombreras. Estabilidad de escombreras en la comarca de Villablino (Minero Siderúrgica de Ponferrada. León).



- Localización de huecos en escombreras en autocombustión. Estabilidad de taludes, bermas y plataformas (Coto Minero del Sil. León).



- Inspección del estado del sostenimiento de las galerías y de los cierres de las minas. Villanueva del Río (Sevilla).
- Localización de diaclasas en cantera de granito de Cadalso de los Vidrios (Madrid).

2.3. METALURGIA (INVESTIGACIÓN)

- Detección de los procesos de formación y desarrollo de cavidades en el interior de altos hornos durante la combustión de coque (CENIM-ACERALIA. Mieres).



- Aplicación del georradar en la detección de huecos en cámaras de coque en proceso de combustión para CENIM, realizadas en las propias instalaciones del CENIM en Madrid y en la Universidad Técnica de Aquisgrán (Alemania).



2.4. OBRA PÚBLICA

- Georadar on site campaign in Bengazhi (GLOBAL STREAM PROJECTS, Libya).



- Exploración mediante georradar del emplazamiento de contenedores subterráneos de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Toledo (URBASER).



- Detección e inspección del estado de las galerías de servicio en el aeropuerto de Barajas (GEOCONTROL e IN SITU TESTING. Madrid).



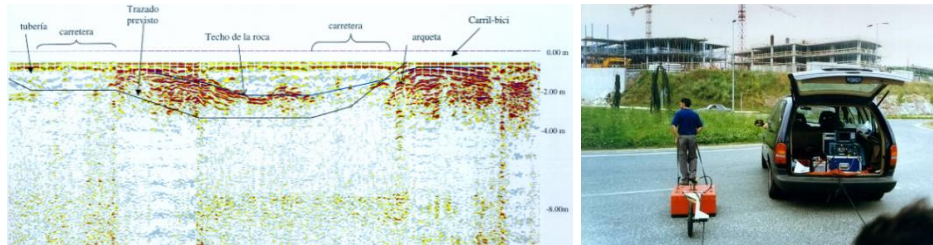
- Detección y registro de la posición de las canalizaciones de servicio y de su estado (GEOCONTROL. Argueda, Navarra).



- Detección de zonas oquerosas (socavones, etc.) (IN SITU TESTING. Barrio de Ventanielles, Oviedo, Asturias).



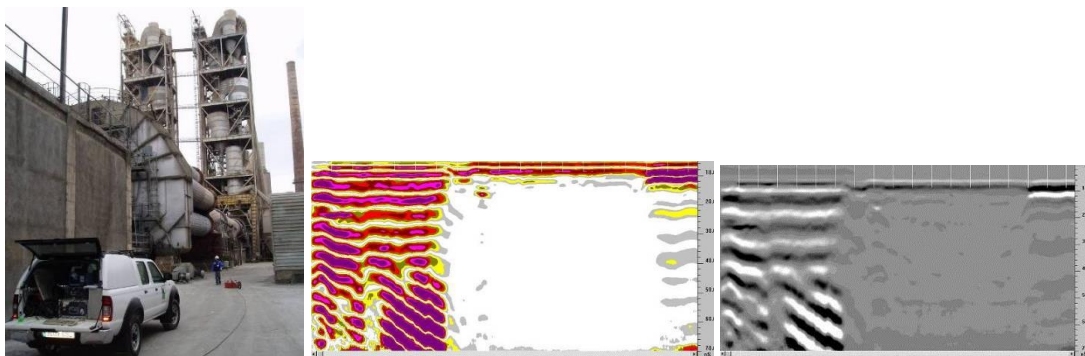
- Localización de posibles servicios desconocidos y determinación de la profundidad de la roca madre para optimizar la perforación (IN SITU TESTING. San Sebastián, País Vasco).



- Detección de huecos en el subsuelo del Barrio de Prado. Caravia (Principado de Asturias).



- Localización de canalizaciones subterráneas y antiguos depósitos en un emplazamiento industrial de la fábrica de cementos Portland en Morata de Tajuña (IDOM Internacional. Madrid).



2.5. Otros trabajos:

- Campañas de georadar para CORELOGS INGENIERÍA.
- Campaña de georadar para la detección de servicios en Fuenlabrada, Madrid (GESOL).
- Campaña de georadar para la detección de cavidades/huecos en Albacete (GESOL).



ASOCIACIÓN NOTIO

- Campaña de Georradar para la detección de anomalías en el subsuelo del barrio de Los Pajaritos en Tomelloso (Ciudad Real, UNICONTROL).
- Campaña de georradar para la detección de anomalías en el subsuelo de una parcela de Manzanares (Ciudad Real, UNICONTROL).
- Exploración con Georradar para la localización de un cubeto en San Fernando de Henares de CTC Servicios Ambientales (Madrid, INGENIO).
- Localización de servicios en una nave industrial de MERCAMADRID (UNICONTROL).
- Campaña de georradar para la detección de anomalías en el subsuelo del Colegio de la Inmaculada de Gijón (UNIVERSIDAD DE OVIEDO).
- Campaña de exploración del subsuelo con georradar en las Instalaciones de ITV de Olías del Rey (Toledo, UNICONTROL).
- Localización de servicios en una parcela del CIEMAT en Madrid.
- Detección de fugas en conducciones subterráneas de agua (IN SITU TESTING. Barcelona).
- Inspección del estado del subsuelo previo a la construcción de un depósito de agua (IN SITU TESTING. Antequera, Málaga).
- Detección de zonas kársticas en el tramo de Grado de la Autovía Norte (Principado de Asturias).
- Inspección del estado de revestimiento y detección de zonas kársticas en el túnel ferroviario de Vandellós (IN SITU TESTING. Tarragona).
- Medida de espesor de escolleras y muros en el gaseoducto de Valencia (AGROMAN).
- Reconocimiento con georradar del tramo Solera de Gabaldón-Motilla del Palancar (Cuenca) para la línea de Alta Velocidad Madrid-Castilla-La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia (IN SITU TESTING. Cuenca).
- Reconocimiento con georradar y análisis de la cimentación para la construcción de la Residencia de Mayores y Centro de Día en Noblejas (Toledo).



ASOCIACIÓN NOTIO

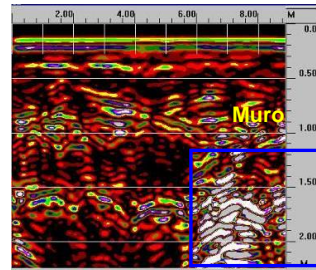
- Verificación del estado del hormigón en los túneles de dos líneas del metro de Barcelona (GEOCONTROL. Barcelona).
- Cartografía de una fractura en el solar Dos Vertientes de Marbella (CEMOSA. Marbella, Málaga).
- Localización de canalizaciones subterráneas y antiguos depósitos de combustible en emplazamientos industriales de Sondika (IN SITU TESTING. Vizcaya).
- Reconocimiento del trazado del AVE en las cercanías de Seseña (Toledo).
- Caracterización del subsuelo para la realización de pilotajes en el futuro parque eólico de Espinosa de los Monteros (Burgos).
- Localización de oquedades en un tramo del futuro gaseoducto Cabanes-Oropesa del Mar (IN SITU TESTING. Castellón).
- Detección de anomalías en la zapata de un edificio en construcción en Lekeitio (IN SITU TESTING. Vizcaya).
- Exploración del subsuelo en zapatas de la línea de alta tensión (IBERDROLA. Murcia).
- Localización de canalizaciones subterráneas del Canal de Isabel II en el tramo de Navalagamilla-Robledo de Chavela (IN SITU TESTING. Madrid).
- Localización de canalizaciones subterráneas (gas, agua y eléctricas) en el barrio de la Universidad (IN SITU TESTING. Santander).
- Localización de canalizaciones de agua en un solar de Quismondo (TRES MUEVEN. Toledo).
- Localización de oquedades en un tramo del futuro centro de transformación del parque eólico de Barracas (IN SITU TESTING. Castellón).



- Campaña de caracterización del subsuelo para la realización de pilotajes en el futuro parque eólico de Jarafuel (Comunidad Valenciana).
- Localización de canalizaciones subterráneas de Gas Natural en el colegio King College de Tres Cantos (Madrid).
- Localización de canalizaciones subterráneas y antiguos depósitos en la Estación Depuradora “Las Rejas” de San Fernando de Henares (Madrid).
- Detección de oquedades y canalizaciones subterráneas en Sant Adriá del Besós (Barcelona).

2.6. ARQUEOLOGÍA Y PATRIMONIO

- Detección de castros, túmulos y fortificaciones romanas en los alrededores de Grado (Principado de Asturias).
- Detección del Pozo Minero del Rincón en Plaza Fortuna (Ayuntamiento de Mieres).
- Exploración arqueológico del tramo de la Autovía del Norte a su paso de Murias de Doriga (Principado de Asturias).
- Exploración arqueológica del Castro de San Chuis, Allande (P. de Asturias).



- Caracterización del grado de alteración de la piedra natural empleada en edificios singulares en Castilla y León (PINACAL).



- Localización de bloques de caliza en un yacimiento arqueológico en la provincia de Lleida para el Centre d'Estudis del Patrimoni Arqueològic de la Prehistòria de la Universidad Autónoma de Barcelona.



ASOCIACIÓN NOTIO

2.7. FORMACIÓN

- Campaña de formación práctica en la técnica geofísica del georradar (IKERLUR. País Vasco).
- Colaboración con la Universidad Rey Juan Carlos I de Madrid para la localización de galerías subterráneas en Ocaña (Toledo).



Asociación NOTIO - Centro Tecnológico de la Arcilla

C/ Río Cabriel s/n – 45007 Toledo

Tel.: 925 24 11 62 – 630 96 87 86

info@notio.es

www.notio.es