

Georrádar y tomografía eléctrica capacitiva para la determinación de anomalías geofísicas en el subsuelo de la iglesia de San Francisco tras el terremoto de Lorca

Se ha realizado una campaña de prospección geofísica en la iglesia de San Francisco, en Lorca (Murcia), tras el episodio sísmico ocurrido en esta ciudad el pasado 11 de mayo de 2011. El objetivo de esta investigación ha sido determinar la existencia de anomalías de resistividad en el subsuelo de la citada iglesia, indicativas de la presencia de irregularidades que pudieran haber afectado a la cimentación de la misma.

TEXTO | Jacinto Sánchez Urios, geólogo, colegiado ICOG nº 955. Almudena Sánchez Sánchez, geóloga, colegiada ICOG nº 4.177 y Rubén Sánchez Marín, geólogo, colegiado nº 6.005. Basalto Informes Técnicos, S.L.

Palabras clave

Geofísica, tomografía eléctrica, OhmMapper, georrádar (GPR), terremoto, Lorca.

Para la investigación de existencia de anomalías de resistividad en el subsuelo, Basalto Informes Técnicos, S.L. ha utilizado dos métodos no destructivos: georrádar (GPR) y tomografía eléctrica, sin electrodos, mediante el equipo OhmMapper. El uso combinado de estas dos técnicas geofísicas se ha revelado como un instrumento muy útil y resolutivo en investigaciones en zonas urbanizadas y se ha podido constatar que se trata de métodos complementarios. En una fase posterior de la investigación se han comprobado los resultados obtenidos en la campaña de geofísica mediante métodos mecánicos (sondeos mecánicos y ensayos de penetración dinámica).

Los métodos de prospección geofísica empleados han detectado, entre otras anomalías, una cripta, cuya existencia se ha constatado con métodos mecánicos. Los resultados de la investigación realizada han permitido determinar que no existen irregularidades destacables en el subsuelo que puedan afectar a la cimentación de la iglesia.

Introducción y objetivos del estudio

Tras los terremotos de magnitud 4,5 y 5,1 ocurridos en Lorca (Murcia) el pasado 11 de mayo de 2011, se han producido importantes patologías en los edificios, destacando, por su importancia artística, los daños en el patrimonio histórico de la ciudad. La iglesia de San Francisco es un templo del siglo XVI (construcción entre 1561-1735), de estilo barroco (*figura 1*), que alberga una de las muestras más importantes de retablos de este estilo en la región de Murcia.

Mediante esta investigación se ha pretendido comprobar la posible existencia de anomalías geofísicas (eléctricas y electromagnéticas) que indiquen la presencia en el subsuelo de zonas más porosas o huecos originados por el movimiento sísmico. La campaña de prospección geofísica propuesta es una fase preliminar de una investigación posterior mediante ensayos mecánicos que se realizarán en aquellos puntos en los que se detecten las anomalías más representativas y permitirán comprobar la naturaleza de las mismas.



Figura 1. Iglesia de San Francisco.

Los métodos de prospección geofísica son métodos no destructivos que permiten caracterizar el terreno a través de medidas de propiedades físicas de los materiales que constituyen el subsuelo en superficie. Concretamente, en esta campaña, se ha optado por combinar dos métodos eléctricos y electromagnéticos de investigación: georrádar o radar de penetración terrestre y tomografía eléctrica capacitiva con el equipo OhmMapper, sin electrodos, dado que la zona de investigación estaba totalmente urbanizada (aceras, enlosados, etc.), lo que impedía clavar ningún tipo de dispositivo de medida.

Esta campaña de investigación también ha tenido como objetivo secundario comprobar el grado de complementariedad existente entre los dos métodos geofísicos empleados.

Georrádar

El georrádar o Ground Penetration Radar (GPR) es una técnica no destructiva empleada en investigaciones poco profundas del subsuelo, obteniéndose resultados muy buenos en la localización de objetos enterrados y cartografía del subsuelo.

Es un método de prospección geofísica que se basa en la emisión al terreno de pulsos electromagnéticos de escasa duración (1-20 ns) mediante una antena emisora apantallada de frecuencia variable (entre 25 MHz y 2 GHz) en función de la profundidad de investigación. Existe una relación inversa entre la profundidad de investigación y la frecuencia de la antena. El hecho de que las antenas sean apantalladas permite un mejor control del ruido y de las reflexiones



Figura 2. Perfil de georrádar en la iglesia de San Francisco.

desde el aire dirigiendo las ondas emitidas hacia el interior del subsuelo y evitando que éstas se disipen en todas las direcciones. De igual forma, las antenas apantalladas permiten una alta calidad de la imagen radar con un alcance en profundidad variable entre 5 y 10 m.

Cuando la onda radiada al subsuelo halla heterogeneidades en las características electromagnéticas del terreno, como contactos litológicos, fracturas, huecos, elementos metálicos, estructuras enterradas, etc., parte de la energía se refleja a la superficie y parte se refracta hacia profundidades mayores. La señal reflejada es recibida por una antena receptora, similar a la antena emisora, en superficie, y debe ser amplificada, transformada al espectro de la audiofrecuencia y registrada.

La propagación de las ondas en el subsuelo está determinada por las propiedades electromagnéticas características de los materiales: conductividad, permitividad dieléctrica y permeabilidad magnética, de manera que las reflexiones de las ondas se producen debido a los contrastes de dichas propiedades.

Como se ha dicho anteriormente, el georrádar es un método no invasivo que no requiere de la realización de ningún tipo de excavación. No se necesita establecer contacto físico entre los electrodos y el medio a auscultar, por lo que se puede aplicar fácilmente a cualquier tipo de ambiente.

El equipo de georrádar está formado fundamentalmente por:

- **Unidad central.** Controla los tiempos de envío de señales eléctricas que son convertidas en electromagnéticas por la antena emisora y recibe las señales reflejadas en forma de registros de radargramas.

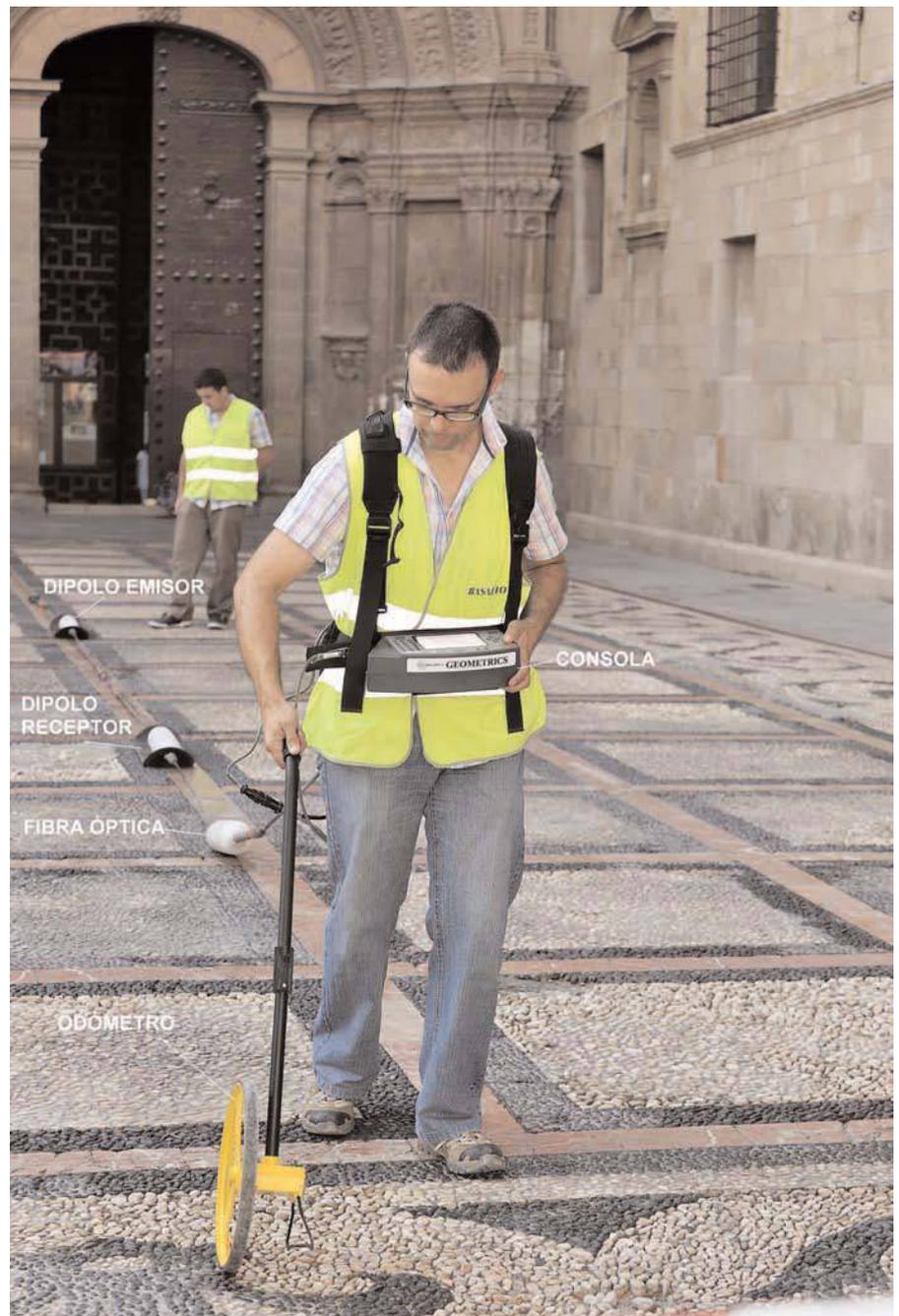


Figura 3. Equipo de tomografía eléctrica OhmMapper, durante la realización de un perfil.

- **Antena emisora.** Transforma los impulsos eléctricos que recibe de la unidad central en ondas electromagnéticas de corta duración que se emiten hacia el medio que se quiere estudiar.
- **Antena receptora.** Capta la energía reflejada y transformada en pulsos eléctricos que envía a la unidad central.
- **Ordenador portátil.** Incorpora un software de registro de la señal electromagnética que permite la visualización del perfil de georrádar en tiempo real.
- **Odómetro.** Rueda conectada a la antena.

El procedimiento operativo consiste en un barrido sistemático de la superficie a lo largo de

una línea. Durante el desplazamiento se emiten gran cantidad de pulsos por segundo (entre 1 y 100 pulsos), de manera que se obtiene un perfil, que se puede considerar continuo por la cantidad de trazas que se obtienen, en el que se indica el tiempo total de viaje de una señal al pasar a través del subsuelo, reflejarse en una heterogeneidad y volver a la superficie, medido en nanosegundos. Este gráfico distancia/tiempo se conoce como radargrama.

Los registros que se obtienen son similares a los obtenidos cuando se realizan estudios de sísmica de reflexión, con la diferencia de que, en el caso del georrádar, se trabaja con frecuencias mucho más altas y la emisión de pulsos se puede realizar muy rápidamente.

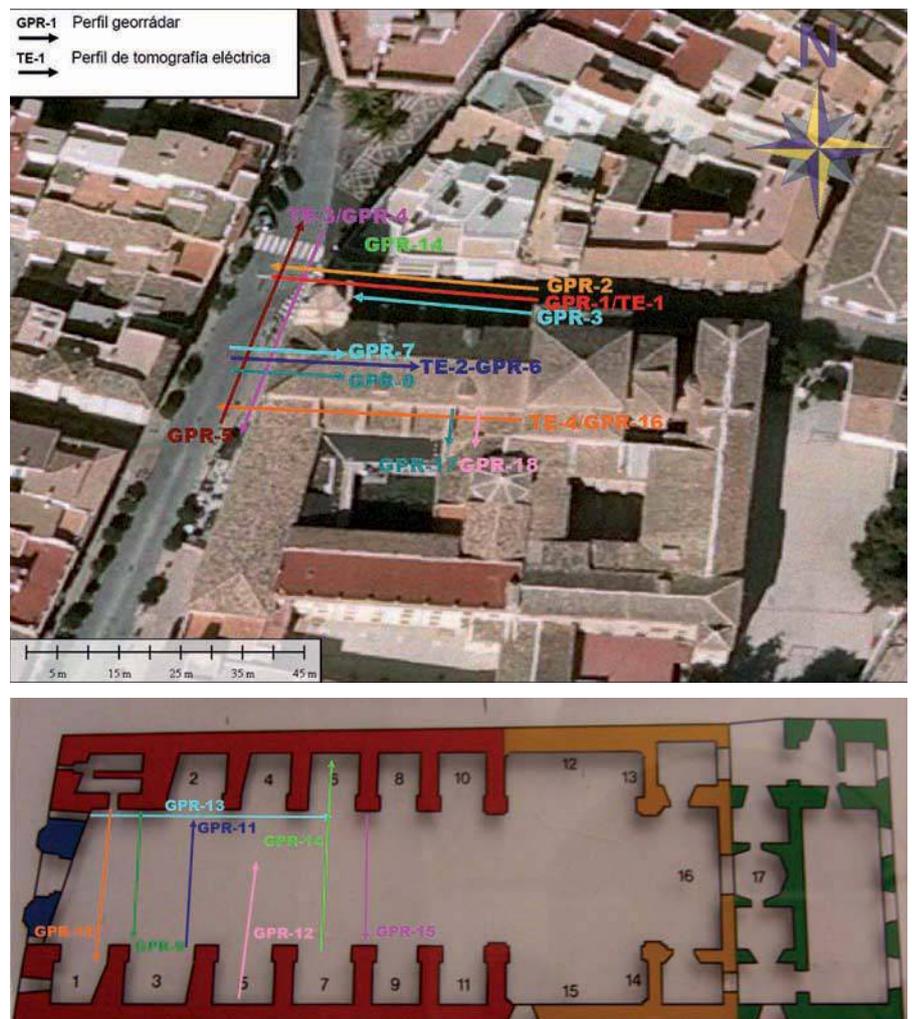
La selección de la frecuencia de las antenas, para un estudio determinado, es función del compromiso entre la resolución y la penetración. Las frecuencias elevadas son más resolutivas a poca profundidad, mientras que las de baja frecuencia son más penetrativas y tienen menor resolución. En esta investigación se ha empleado una antena de 500 MHz, monoestática y aislada, lo que nos ha permitido alcanzar profundidades de investigación del orden de 5 m.

La interpretación de los registros de georrádar se basa, normalmente, en la caracterización de la textura, amplitud, continuidad y terminación de las reflexiones. De hecho, el buen funcionamiento del georrádar está limitado por diversos factores como la atenuación de las ondas irradiadas, ruidos (debidos a objetos superficiales, cableado eléctrico tanto aéreo como enterrado, interferencias por otros tipos de ondas electromagnéticas, etc.) o ruidos instrumentales. Por ello, resulta imprescindible, antes de interpretar cualquier tipo de datos de georrádar, realizar un procesamiento de los mismos, con el objeto de mejorar la imagen, aumentar la resolución, etc.

En el procesamiento de datos del georrádar, dado que se trata de un método geofísico indirecto, se deben tener muy en cuenta las características a investigar y el entorno geológico.

En el procesado de los datos de georrádar se pueden diferenciar tres etapas:

- **Pre-procesado.** Esta etapa consiste en la aplicación de filtros horizontales y verticales, tanto de paso alto como de paso bajo, que nos permiten eliminar las frecuencias que son demasiado altas o demasiado bajas en relación al rango de frecuencias de nuestros datos. Además, se debe calcular la velocidad de propagación de las ondas de georrádar en el terreno, lo que nos permitirá transformar los datos de tiempo de llegada a profundidad y, así, definir la profundidad real a la que se encuentra el elemento que ha generado la reflexión de la onda.
- **Ganancia.** A medida que la señal de georrádar va penetrando en el subsuelo sufre una atenuación que se puede corregir aplicando ajustes de ganancia a cada una de las trazas. Se pueden aplicar filtros de ganancia lineal y exponencial o direccional, en función del objeto del estudio.
- **Filtrado.** Esta etapa permite eliminar o, al menos, reducir el ruido provocado por elementos no procedentes de la geología. Determinar qué filtro aplicar en cada caso dependerá de los objetivos perseguidos y de la calidad de la señal obtenida en campo, ya que un mismo filtro puede ser muy útil en unos casos e inútil en otros. En cualquier caso, a menudo es la propia experiencia del técnico que interpreta los



Figuras 4 y 5. Planos de situación de la investigación realizada en el interior y en el exterior de la iglesia de San Francisco (georrádar y tomografía eléctrica, TE).

radargramas la que determina el tratamiento más adecuado de la señal. De entre todos los filtros existentes, el DC-shift (filtro de continua o "dewow") debe emplearse siempre para eliminar las componentes de continua de la

traza, que suponen un desplazamiento de la amplitud de la misma. Además, los filtros Delete Mean Trace y FIR se usan frecuentemente.

Existen varios programas para el procesado de datos de georrádar en el mercado. En este caso, se ha utilizado el programa Groundvision2, de MALA Geoscience.

El equipo de georrádar, Ground Penetration Radar, se emplea en ingeniería civil, medio ambiente, geología, exploraciones mineras y arqueología, entre otras, destacando su uso en la detección de elementos enterrados, tuberías, cables, localización de cavidades, inspección de suelos industriales y urbanos, inspección de puentes, muros y pavimentos, análisis de condiciones de fracturación del subsuelo, determinación de espesores de relleno, delimitación de zonas saturadas y plumas de contaminantes, etc.

En la figura 2 se muestra el equipo de georrádar durante un perfil realizado en el interior de la iglesia de San Francisco, en una de las zonas afectadas por el sismo.

La interpretación de los registros de georrádar se basa, normalmente, en la caracterización de la textura, amplitud, continuidad y terminación de las reflexiones

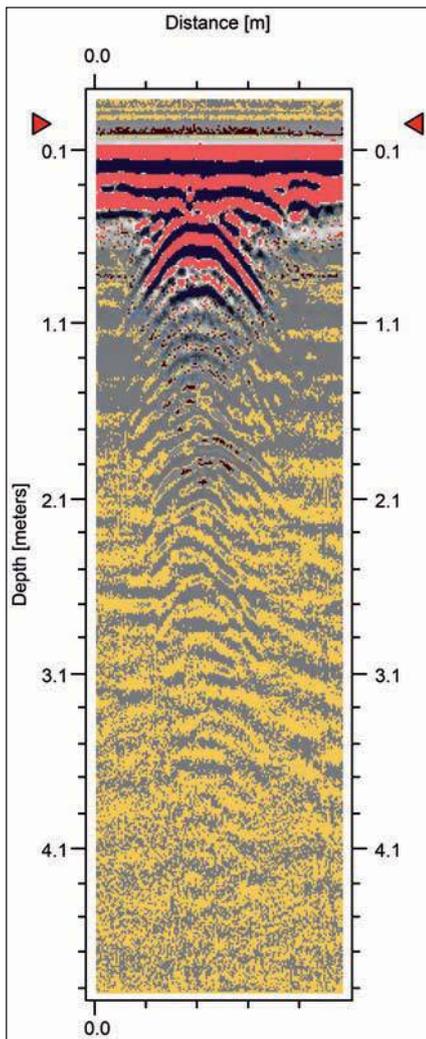


Figura 6. Radargrama GPR-10, obtenido en la cripta.

Tomografía eléctrica capacitiva. Equipo OhmMapper

La tomografía eléctrica es una técnica geofísica no invasiva que tiene por objetivo específico la distribución real de la resistividad del subsuelo mediante la medida de las resistividades de los materiales geológicos subsuperficiales para determinar su espesor y profundidad (Telford *et al.*, 1990; Reynolds, 1997, entre otros).

La resistividad es un parámetro intrínseco del terreno que depende de la porosidad efectiva, el nivel de saturación en agua, el grado de litificación y la composición mineralógica.

Las medidas obtenidas en el campo se corresponden con valores de resistividad aparente que, una vez volcadas a un ordenador, se tienen que procesar mediante programas de inversión de datos, para obtener las resistividades reales del subsuelo.

El resultado final, después de procesar los datos, es una imagen bidimensional (distancia-profundidad) que muestra la resistividad real del subsuelo, lo que permite determinar la geometría y espesores de las distintas unidades geoelectricas y que puede ser interpretado como si se tratara de un perfil geológico.

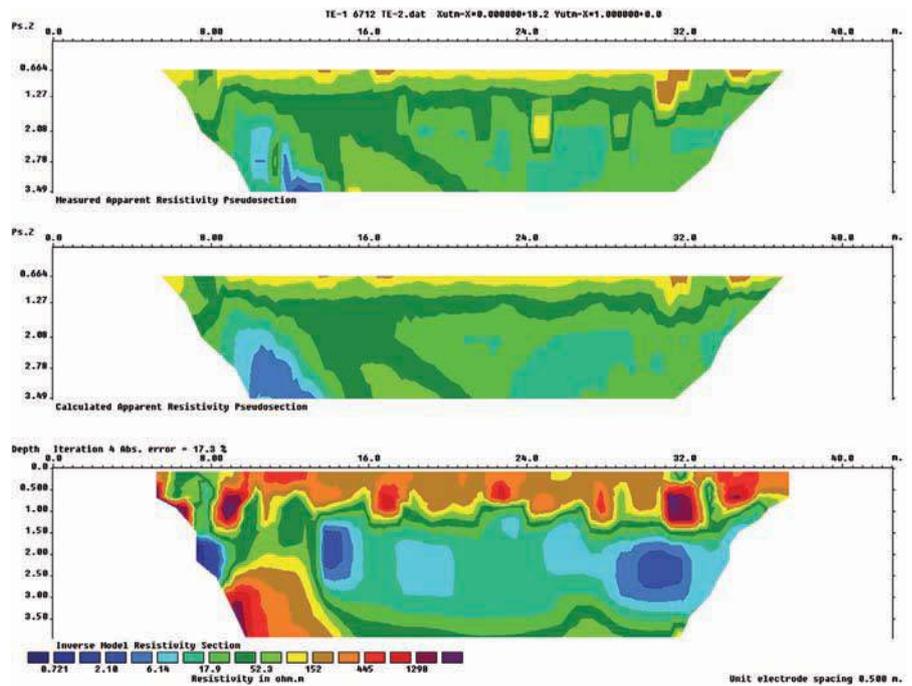


Figura 7. Perfil de tomografía eléctrica TE-2 obtenido en el interior de la iglesia de San Francisco.

La tomografía eléctrica capacitiva mediante equipo OhmMapper está especialmente indicada en aquellas zonas en las que el uso de un equipo de tomografía eléctrica galvánica tradicional resulta impracticable.

Para esta investigación se ha empleado el método de tomografía eléctrica capacitiva mediante el equipo OhmMapper, de la marca Geometrics. En la figura 3 se muestra el dispositivo del OhmMapper durante la realización de un perfil de tomografía eléctrica, indicándose los elementos integrantes de dicho equipo. Nótese que el equipo va siendo arrastrado por la superficie, sin necesidad de clavar electrodos.

El método capacitivo, mediante el equipo OhmMapper, a diferencia de la tomografía eléctrica por el método galvánico tradicional, permite atravesar niveles de elevada resistividad, como soleras de hormigón, capas asfálticas, o sustrato rocoso en afloramiento (calizas, granitos, diques de cuarzo, etc.) sin necesidad de clavar electrodos en la superficie.

El equipo OhmMapper emplea la configuración eléctrica dipolo-dipolo, que consiste en un emisor y receptor de la misma longitud (antenas de 2,5, 5, 10 m) separados por una cuerda no conductiva y realizando distintas pasadas (con separaciones progresivamente mayores) por perfil, de manera que a mayor distancia entre las antenas mayor profundidad de investigación. Al aumentar la profundidad de investigación se produce una disminución de la resolución.

El método de acoplamiento capacitivo con el equipo OhmMapper consiste en aplicar un impulso electromagnético de muy baja frecuencia, en torno a 17 kHz, a través de un transmisor al suelo, cuyo voltaje es captado a una distancia variable

por el receptor, registrado y transformado a resistividades eléctricas tras la realización de una serie de correcciones.

La resistividad eléctrica, en ausencia de contenido metálico en los sedimentos, depende de la porosidad. Este parámetro es el que más influye en la característica eléctrica de una roca. Por lo tanto, existe una relación directa entre el volumen de poros, la resistividad eléctrica del agua de saturación en el terreno y la conductividad del material. También pueden influir en los valores de la resistividad eléctrica el contenido en arcilla y la permeabilidad de la misma roca.

La tomografía eléctrica es especialmente útil en la localización de cavidades en el subsuelo, puesto que los huecos rellenos de aire presentan una resistividad mucho mayor que el material que los rodea (Reynolds, 1997).

Otra aplicación habitual es la determinación de agua en el subsuelo, debido al carácter poco resistivo de la misma cuando su contenido en iones es moderado o alto.

El diferente comportamiento geoelectrico del medio permite obtener perfiles 2D e imágenes 3D de la distribución de resistividades del mismo, por lo que se trata de una de las herramientas de carácter no destructivo más eficaz para el análisis y caracterización de posibles discontinuidades del subsuelo (Sasaki, 1992; Storz *et al.*, 2000).

La fase de gabinete consiste en el volcado de datos desde el equipo OhmMapper a un ordenador y, posteriormente, se realiza el procesamiento de los mismos mediante un software específico, es este caso RES2DINV de Geotomo Software, obteniendo pseudosecciones de los valores de los diferentes perfiles realizados.

Se ha realizado una investigación dividida en dos fases: una primera etapa mediante prospección geofísica, y una etapa posterior, de comprobación, mediante ensayos mecánicos

Con la inversión de datos se pasa de datos de resistividad aparente (registrados en campo) a datos de resistividad real y su potencia.

En los perfiles de tomografía eléctrica obtenidos se asigna una escala de color para los distintos intervalos de resistividad eléctrica. Habitualmente, para valores de resistividad eléctrica altos se usan los tonos rojos y amarillos, para los valores medios se utiliza el verde, y los valores de resistividad baja se muestran en tonos azules. Como ya se ha indicado, la distribución de los valores de resistividad a lo largo del perfil analizado nos permiten obtener cortes geoelectrónicos del terreno, que se pueden interpretar en términos geológicos.

Metodología

La iglesia de San Francisco se sitúa entre las calles Nogalte y Cuesta de San Francisco, en Lorca, dentro del casco histórico de la ciudad. Se ha realizado una investigación dividida en dos fases: una primera etapa mediante prospección geofísica, y una etapa posterior, de comprobación, mediante ensayos mecánicos.

En la etapa inicial, dado que toda la zona objeto de estudio está urbanizada, se ha considerado que el método de investigación más adecuado en este caso es la prospección geofísica mediante perfiles de georrádar y perfiles de tomografía eléctrica capacitiva con el equipo OhmMapper, ya que no requieren clavar ningún tipo de electrodo.

Así, pues, se ha realizado una campaña de prospección geofísica consistente en 18 perfiles electromagnéticos mediante georrádar y cuatro perfiles de tomografía eléctrica sin electrodos, mediante el método capacitivo, con el equipo OhmMapper. Se han realizado un total de, aproximadamente, 200 m lineales de perfiles de tomografía eléctrica.

Los perfiles de georrádar y tomografía eléctrica capacitiva se han distribuido tanto en el interior de la iglesia, como en el exterior, a lo

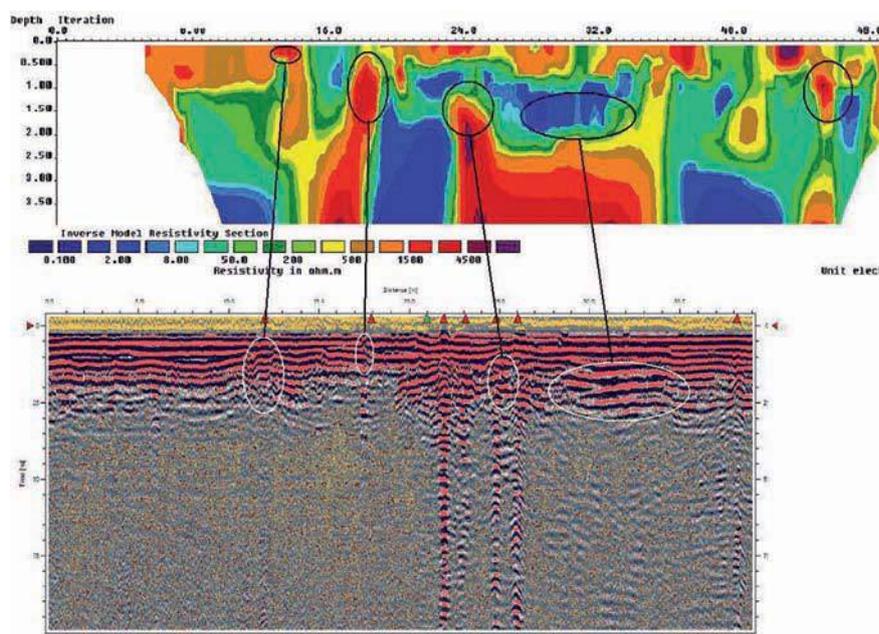


Figura 8. Correlación entre el perfil de tomografía eléctrica TE-3 y el radargrama GPR-4, donde se pone de manifiesto la complementariedad de ambos métodos de investigación geofísica.

largo de las calles que la limitan, y en aquellas zonas a las que se tenía acceso.

En las figuras 4 y 5 se muestran los planos de distribución de los perfiles de georrádar y tomografía eléctrica realizados tanto en el interior como en el exterior de la iglesia de San Francisco.

El equipo de georrádar empleado para esta investigación ha sido un georrádar RAMAC/GPR de MALA Geoscience, con antena apantallada de 500 MHz. Se ha elegido una antena de 500 MHz, ya que supone un compromiso óptimo entre definición y profundidad de penetración para la búsqueda de elementos hasta una profundidad máxima del orden de 5 m. Para el procesamiento de los datos se ha utilizado el software Ground-Vision 2 de MALA y se han aplicado el filtro DC o "dewow", filtros de alta y baja frecuencia y filtros de ganancia lineal y exponencial.

En la figura 6 se muestra un radargrama obtenido en la iglesia de San Francisco, donde se representan las anomalías detectadas en el subsuelo, que pueden indicar la existencia de saneamientos, tuberías o zonas con huecos.

Los perfiles de tomografía eléctrica realizados se han distribuido en el interior de la iglesia y a lo largo de las calles que la limitan, con longitudes que varían entre 40 y 60 m. Los perfiles se han hecho con electrodos de 2,5 m y una separación progresiva entre ellos de 1 m, 2,50, 5 y 10 m en cada pasada, lo que ha permitido alcanzar profundidades de investigación del orden de 3,50-4 m.

Las medidas obtenidas en campo son registradas en la consola. Posteriormente, ya en gabinete, estos datos son volcados a un ordenador y se procede a un proceso reiterativo de inversión. El volcado de datos de resistividad aparente se

realiza mediante el programa MAGMAP2000 de Geometrics, que permite comprobar y realizar pequeñas rectificaciones de la configuración geométrica del dispositivo, así como obtener las pseudosecciones que se exportarán para ser sometidas a un proceso reiterativo de inversión. El programa utilizado para la inversión de los datos ha sido el RES2DINV, que determina de una forma automática un modelo bidimensional de resistividades reales del subsuelo, a partir de una pseudosección de resistividades aparentes, mediante técnicas de ajuste de mínimos cuadrados. Se ha utilizado un método de inversión robusto, con el fin de maximizar los contrastes de resistividad.

Los resultados obtenidos en los perfiles de tomografía eléctrica ejecutados muestran unos valores de resistividad variables. Los valores de resistividad altos (entre 500 y más de 4.000 ohm-m), representados en tonos amarillo a rojo, se pueden correlacionar con zonas descomprimidas o muy porosas, incluso huecos o cavidades. En el otro extremo, se observan valores de resistividad bajos (entre 0.10 y 10 ohm-m), que se corresponden con materiales cuaternarios compuestos por arcillas y limos parcialmente saturados, y se representan en tonos azulados. En tonos verdes se representan los valores de resistividad media, que pueden indicar la existencia de materiales cuaternarios de naturaleza granular (arenas y gravas) o limos poco saturados.

En la figura 7 se muestra uno de los perfiles de tomografía eléctrica realizados en la iglesia de San Francisco.

En una fase posterior, una vez interpretados y analizados los resultados obtenidos en la campaña de prospección geofísica, y a la luz de las anomalías detectadas en el subsuelo, se ha completado

la investigación mediante la realización de ensayos mecánicos en aquellos puntos en los que se han detectado las anomalías eléctricas y electromagnéticas más destacadas, con el objeto de determinar la naturaleza de los elementos que han originado las anomalías y caracterizar geotécnicamente el terreno existente en el subsuelo.

Concretamente, se han realizado tres sondeos mecánicos a rotación con extracción de testigo continuo y dos ensayos de penetración dinámica continua DPL. Los sondeos han sido realizados en el exterior de la iglesia, uno junto a la torre, otro junto a la entrada y otro en la parte alta de la calle Cuesta de San Francisco. Los ensayos de penetración dinámica se han realizado en el interior de la iglesia, uno en la zona donde se detectaron las anomalías de GPR-16 y TE-4 (P-1) y otro en un pasillo lateral al sur de la iglesia (P-2).

Resultados y conclusiones

Los resultados obtenidos en la campaña de prospección geofísica realizada en la iglesia de San Francisco han permitido delimitar zonas en las que se detectan importantes anomalías resistivas, tanto máximos resistivos (que podrían corresponder a zonas descomprimidas o huecos), como mínimos (que se podrían relacionar con zonas arcillosas y/o saturadas). Entre los resultados obtenidos destacamos los siguientes:

- En los radargramas GPR-1, 2 y 3, realizados en la calle Cuesta de San Francisco, se detectan unas anomalías en torno a 0,50 m de profundidad, cuyas reflexiones podrían interpretarse como debidas a la existencia de algún tipo de emparrillado metálico.
- De igual forma, en el radargrama GPR-4 se ha detectado una anomalía que se relaciona con un mínimo resistivo detectado en el perfil de tomografía eléctrica TE-3 (en tonos azules). Esta anomalía se puede deber a la existencia de una zona saturada.
- Los radargramas GPR-6, 7 y 8 detectan zonas en las que se produce una confluencia de varias anomalías electromagnéticas asociadas, una cerca de la torre noreste y otra en la entrada de la iglesia.
- En el radargrama GPR-16 se ha detectado una anomalía que se relaciona con un máximo resistivo detectado en el perfil de tomografía eléctrica TE-4 (en tonos rojos). Esta anomalía se puede deber a una zona con un espesor de relleno mayor o a la existencia de materiales descomprimidos.
- En la *figura 8* se muestra un montaje en el que se puede apreciar un ejemplo de la correlación entre los dos métodos geofísicos utilizados en esta investigación, georrádar y tomografía eléctrica capacitiva.
- El sondeo mecánico realizado junto a la entrada de la iglesia, en la zona en la que se han detectado las anomalías en los radargramas GPR-6, 7 y 8 y los perfiles de tomografía eléctrica TE-2 y TE-3, ha permitido confirmar que las anomalías resistivas detectadas se corresponden con la existencia de conductores internos situadas, aproximadamente, a 1 m de profundidad.
- El ensayo de penetración dinámica P-1, realizado en la zona de anomalía detectada en radargrama GPR-16 y el perfil de tomografía eléctrica TE-4, ha encontrado un hueco entre 0,30 y 1,75 m de profundidad. Según la información que nos han facilitado, esta cavidad podría corresponderse con la existencia de una antigua cripta.

No obstante, en líneas generales, los resultados obtenidos en los ensayos mecánicos no muestran evidencias de que el terreno en el que está empotrada la cimentación de la iglesia de San Francisco haya sufrido alteraciones que puedan haber afectado a la misma.

Por otro lado, el empleo conjunto de las dos técnicas geofísicas (georrádar y tomografía eléctrica capacitiva) nos ha permitido establecer comparaciones entre ambas y comprobar que se trata de métodos complementarios y altamente resolutivos en este tipo de investigaciones.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Lorquimur, S.L., haber hecho posible la realización de este trabajo y habernos permitido utilizar los datos de la investigación para este artículo.

Bibliografía

- Gómez López, R. (2008). Aplicación del radar de penetración en tierra (georrádar) a la exploración no destructiva de yacimientos arqueológicos.
- Martín Gutiérrez, J. (2004). Análisis del subsuelo utilizando técnicas geofísicas. Sistema Georrádar RAMAC/GPR. VIII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía, 2004.
- Reynolds, J. M. (1997). *An introduction to applied and environmental geophysics*. John Wiley and Sons.
- Sasaki, Y. (1992). Geophysical prospecting.
- Telford, W. M.; Geldart, L. P. y Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. Cambridge University Press.

barcelóviajes.com

TODO LO QUE TE ESPERA

Bienvenido al servicio para empresas y profesionales del grupo Barceló Viajes.

Confíe la organización técnica de sus viajes de negocios a la empresa líder del sector.



Barceló Viajes es
Servicio

Consultores profesionales.
Plataformas tecnológicas
exclusivas.
Servicio 24h.
Cobertura Global...



Barceló Viajes es
Ahorro

Viajar más, gastando
menos.
Mejor tarifa disponible
garantizada.
Negociación con proveedores...



Barceló Viajes es
Control y Gestión

Facturación adaptada.
Informes de gestión.
Cumplimiento de políticas
de ahorro...



Barceló Viajes es
Calidad

Certificado ISO9001
en organización
de viajes corporativos.