

# Aplicación de la técnica del georradar en ingeniería civil: evaluación de la variación del contenido de agua en el hormigón

*Use of the non-destructive ground-penetrating radar technique in civil engineering: Evaluation of the variation of water content in concrete*

Rosa Martínez-Sala<sup>a</sup>, Jesús Mené-Aparicio<sup>b</sup> e Isabel Rodríguez-Abad<sup>c,\*</sup>

<sup>a</sup> Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Universitat Politècnica de València, Valencia, España

<sup>b</sup> Dr. Arquitecto, Universitat Politècnica de València, Valencia, España

<sup>c</sup> Dr. Ingeniero en Geodesia y Cartografía, Universitat Politècnica de València, Valencia, España

Recibido el 14 de noviembre de 2016; aceptado el 17 de mayo de 2017

## Resumen

La técnica no destructiva del georradar se basa en la propagación de las ondas electromagnéticas en el rango de las microondas. Actualmente esta técnica se aplica en un gran número de estudios en el ámbito de la ingeniería civil, tales como el análisis del estado de pavimentos, puentes, túneles, edificios, en la detección y localización de instalaciones, así como en la caracterización y diagnóstico de materiales de construcción. En este artículo se describe, a modo de ejemplo, un estudio completo en el que se demuestra la gran sensibilidad de la técnica no destructiva del georradar para evaluar la variación del contenido de agua en el hormigón endurecido. La evaluación se realiza mediante el análisis de los parámetros de onda electromagnética que fueron registrados con un equipo comercial de georradar.

© 2017 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

*Palabras clave:* Técnicas no destructivas; Georradar; Hormigón; Parámetros de onda; Penetración de agua

## Abstract

The non-destructive ground-penetrating radar (GPR) technique is based on the pulsation of electromagnetic waves in the microwave range. This technique is currently used in a large number of studies in the field of civil engineering, such as the analysis of state of pavements, bridges, tunnels, buildings, in the detection and location of installations, as well as in the characterization of building materials. This article describes, as an example, a complete experimental study in which the sensitivity of the non-destructive technique of GPR to assess the variation of the water content is demonstrated. The evaluation is performed by analysing electromagnetic wave parameters recorded using commercial ground-penetrating radar equipment.

© 2017 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

*Keywords:* Non-destructive techniques; Ground-penetrating radar; Concrete; Wave parameter; Water penetration

## 1. Situación actual de las aplicaciones del georradar en la ingeniería civil

Los primeros equipos de radar se desarrollaron con fines militares durante la Segunda Guerra Mundial para la detección de aviones y barcos. Posteriormente, esta misma técnica se aplicó

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [isrodab@upvnet.upv.es](mailto:isrodab@upvnet.upv.es) (I. Rodríguez-Abad).

en la localización de objetos en el subsuelo, y de ahí surgió el nombre en inglés *ground-penetrating radar* (georradar). A partir de los años cincuenta, gracias al desarrollo de la tecnología adecuada, el georradar comenzó a emplearse en otras áreas de conocimiento como la geología, la minería, la glaciología y la ingeniería.

Más recientemente, esta técnica se ha utilizado como herramienta de prospección no destructiva y de gran resolución en estudios hidrológicos, del medio ambiente y arqueológicos. También se ha usado en la prospección de recursos naturales y en el campo de la ingeniería civil y de la arquitectura, especialmente en aquellos trabajos cuyo valor patrimonial y artístico es relevante.

Actualmente, y en el ámbito de la ingeniería civil, el georradar se aplica en un gran número de estudios, como son el análisis del estado de pavimentos, puentes, túneles, edificios, en la detección y localización de instalaciones, así como en la caracterización y diagnóstico de materiales de construcción.

La aplicación del georradar como técnica de estudio de las infraestructuras de transporte no solo abarca el análisis de las infraestructuras cuando ya se encuentran en servicio, sino que también durante el periodo en el que se están construyendo. En este sentido, la técnica del georradar no suele usarse como un test definitivo sobre la condición en la que se encuentra la estructura, pero sí para la identificación de zonas débiles o dañadas como consecuencia de su uso o de una mala ejecución. Las mediciones con georradar se realizan en pavimentos flexibles como el asfalto, así como en los rígidos (hormigón). Las aplicaciones más comunes son la determinación del espesor de las capas del pavimento de asfalto y hormigón, la localización del refuerzo del hormigón y la detección de heterogeneidades del pavimento [1-3].

El georradar también se emplea como herramienta de diagnóstico de puentes realizados con pétreos naturales o con hormigón para localizar la posición de las armaduras en la losa de hormigón, estudiar el estado del recubrimiento del hormigón, estimar las dimensiones de la losa, su posible deterioro, etc. [4,5].

Las principales aplicaciones del georradar en el diagnóstico de túneles están dirigidas a determinar el espesor y la condición de la pared del muro, incluyendo el análisis del estado del refuerzo, así como el estudio de los posibles huecos existentes entre el hormigón y la roca [6]. El georradar también se ha utilizado en la evaluación de daños en túneles [7], así como en comparaciones de modelos físicos con datos experimentales registrados en el revestimiento de túneles [8].

En el campo de la arquitectura y la edificación, el georradar se utiliza como técnica complementaria o de apoyo para determinar características que son necesarias para abordar estudios más completos. En ese caso, el georradar proporciona una serie de datos que pueden ayudar a la simulación del comportamiento del edificio o de parte de él. La inspección de edificios por medio de georradar se puede realizar por diferentes motivos. Por ejemplo, en muchas ciudades es obligado realizar la inspección de edificios antiguos, y en otras, realizar estudios detallados después de terremotos o desastres naturales con el objeto de definir zonas de riesgo. Asimismo, el carácter no destructivo del georradar hace

que sea de gran utilidad en la elaboración del estudio preliminar de restauración de edificios patrimoniales o de cierto valor artístico, ya que permite detectar daños ocultos, humedades en el subsuelo, determinar profundidades y espesores de zapatas de cimentación y/o encontrar estructuras o cavidades enterradas en el subsuelo, tales como criptas [9,10]. No obstante, aunque la mayoría de estudios se realizan en edificios históricos, también hay muchos ejemplos de trabajos realizados para evaluar el estado de edificios relativamente modernos que presentan daños en su estructura [11].

A menudo, las mejoras continuas en las infraestructuras de instalaciones básicas suponen que se tenga que realizar un cambio de posición de las mismas. Este proceso se debe realizar con la precisión adecuada, ya que en caso contrario puede dar lugar a la interrupción del suministro o el daño de la instalación. Por ello, es necesario disponer de forma previa de un cartografiado de esas instalaciones de suministro y así evitar pérdidas o accidentes [12]. El cartografiado de las instalaciones enterradas consiste en la identificación de la posición y tipo de servicio enterrado: líneas de comunicación, distribución de electricidad, gas natural, agua, evacuación de residuos, etc. En este contexto, la generación de imágenes 3D del subsuelo por medio del georradar es una de las técnicas no destructivas con mayor proyección, ya que ofrece nuevas oportunidades a la hora de cartografiar la estructura del subsuelo, a poca profundidad y en zonas altamente urbanizadas [13,14].

El georradar, cuyo funcionamiento se basa en la propagación y detección de ondas electromagnéticas, es capaz de registrar las variaciones de las propiedades electromagnéticas de los materiales. Las propiedades electromagnéticas de un medio están muy relacionadas con otras propiedades físicas (densidad, contenido de humedad, etc.), con su composición y su estructura a pequeña escala. Es por ello que el georradar se está empleando en la caracterización de materiales. En concreto, su aplicación en el estudio del hormigón está dando resultados muy prometedores e interesantes [15,16]. Algunas investigaciones estiman el contenido de agua libre en el hormigón por medio del estudio de distintos parámetros de la onda electromagnética [17-19]. Otros se centran en caracterizar el sistema poroso del hormigón endurecido [20], o bien en la determinación del contenido volumétrico de agua en el hormigón [21] y la estimación del grado de penetración del agua [22-24]. Incluso algunos analizan la relación entre los parámetros de onda registrados por medio de georradar con algunos indicadores relacionados con la durabilidad, en particular los contenidos de agua y cloruros en el hormigón [25].

Los libros *Proceedings of the First Action's General Meeting (Rome)* y *Proceedings of the 2014 Working Group Progress Meeting (Nantes)* resumen la situación actual de la aplicación del georradar en el campo de la ingeniería civil [26,27].

## 2. Fundamento de la técnica no destructiva del georradar

El fundamento de la técnica no destructiva del georradar está ampliamente descrito en libros como [28], y sus posibles

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/6747355>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/6747355>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)