

# ***INFORME DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA***

***LA TÉCNICA HVSR Y SU COMBINACIÓN CON  
OTROS MÉTODOS GEOFÍSICOS PARA LA  
EXPLORACIÓN DE DIFERENTES  
EMPLAZAMIENTOS NO ACCESIBLES***

*Cehegín, Murcia, 12 de marzo de 2019*

## ÍNDICE

BASES DE DATOS DE PATENTES .....	3
BASES DE DATOS DE REVISTAS Y ARTÍCULOS CIENTÍFICOS .....	3
OBJETIVO DEL INFORME .....	3
OFERTAS Y DEMANDAS TECNOLÓGICAS .....	4
PERFIL DE BÚSQUEDA.....	3
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN.....	4
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5

En Cehegín, Murcia, a 12 de marzo 2019

## 1. OBJETIVO DEL INFORME

El presente informe tiene como finalidad informar a las empresas del sector del mármol, piedra y materiales de las últimas novedades científico-tecnológicas que han sido desarrolladas en el ámbito temático de **LA TÉCNICA HVSR Y SU COMBINACIÓN CON OTROS MÉTODOS GEOFÍSICOS PARA LA EXPLORACIÓN DE DIFERENTES EMPLAZAMIENTOS NO ACCESIBLES**. Se trata de identificar y extraer la información publicada en las distintas bases de datos y fuentes de información consultadas.

## 2. PERFIL DE BÚSQUEDA

### - BASES DE DATOS DE PATENTES

INVENES: base de datos de invenciones en español de la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM). Con el objetivo de difundir la información tecnológica contenida en los documentos de patentes y una cobertura nacional, INVENES contiene información sobre patentes y modelos de utilidad españoles y latinoamericanos, así como sobre diseños industriales españoles.

ESPACENET: Base de datos de la Oficina Europea de Patentes que proporciona acceso gratuito a más de 80 millones de documentos de patente (solicitudes, patentes concedidas, traducciones, modelos de utilidad, etc.) publicados desde 1836, en más de 90 países.

- 3 de 7 -

## - BASES DE DATOS DE REVISTAS Y ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

ScienceDirect: Science Direct es una colección multidisciplinar que ofrece acceso al texto completo de más de 12 millones de artículos y a más de 59 millones de resúmenes de artículos de todos los campos de la ciencia.

ICYT: base de datos del CSIC que recoge la literatura científica contenida en publicaciones españolas de ciencia y tecnología.

## - PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

TESEO: tesis doctorales leídas en las universidades españolas.

Tesis en Red: tesis doctorales de treinta universidades españolas a texto completo.

Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes: ofrece acceso a aquellas tesis o sobre lenguas hispánicas defendidas con éxito en cualquier país del mundo.

DART-Europe: acceso global a las tesis doctorales europeas.

OPENTHESIS

OATD: open access theses and dissertations.

CDTI: <https://www.cdti.es/index.asp?MP=7&MS=25&MN=3&IDR>

CORDIS: constituye el principal portal y repositorio público de la Comisión Europea para difundir información sobre todos los proyectos de investigación financiados por la Unión Europea y sus resultados de toda clase.

## - OFERTAS Y DEMANDAS TECNOLÓGICAS

SEIMED: es la parte de la Red Enterprise Europe Network que ofrece sus servicios a las pequeñas y medianas empresas de la Comunidad Valenciana y la Región de Murcia.

Su objetivo es ayudar a las PYME a desarrollar su pleno potencial y su capacidad innovadora a través de la internacionalización, la transferencia de tecnología y el acceso a financiación.

## - RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Nakamura propuso en el año 1989 que el cociente entre la componente horizontal y la componente vertical en el dominio frecuencial era un buen estimador del efecto de sitio. Esta técnica se aplicó por primera vez a microtemblores de zonas urbanas de Japón. Este método ha sido ampliamente difundido en los últimos años y utilizado por la fiabilidad de sus resultados, acompañada de rapidez y economía en su ejecución. Nakamura supone que la razón (H/V) o razón espectral, corresponde a la función de transferencia de los niveles superficiales sometidos a movimientos horizontales. Basa su trabajo en la hipótesis de que un microtemblor está compuesto por un cuerpo principal de ondas y por ondas superficiales Rayleigh, inducidas por fuentes artificiales. Se considera que las componentes horizontal y vertical del registro son similares en la base rocosa.

El método HVSR (también conocido como H/V por “horizontal-to-vertical” o método de Nakamura) permite conocer las características de amplificación del suelo en función de la frecuencia usando mediciones de ruido sísmico. Cuando la amplificación corresponde a la producida por la geología local, esta se denomina amplificación por efecto de sitio, y las frecuencias a las cuales esta amplificación existe se denominan frecuencias naturales.

La técnica utiliza un sismómetro (velocímetro) triaxial de banda ancha para grabar el ruido sísmico ambiental. Es considerada una técnica “pasiva” porque no requiere una fuente sísmica artificial, como explosivos o golpes de martillo. La relación HVSR mide las componentes vertical y horizontal del ruido sísmico inducido por el oleaje, y actividades antropogénicas. Este método, originalmente propuesto por Nakamura (1989), ha sido ampliamente difundido y utilizado por la fiabilidad de los resultados y la facilidad y rapidez con la que se obtienen los datos.

Se ha aplicado con éxito para estimar el espesor de los sedimentos en glaciares en América del Norte (Lane, J. W., White, E. A., Steele, G. V. and Cannia, J. C. (2008), y en rocas sedimentarias en España (Delgado et al., 2000).

El proyecto de la Unión Europea SESAME, tiene por objetivo entregar algunas de las principales directrices, para la adquisición de datos y estimación de espectros, y pretende controlar mejor los fundamentos teóricos y metodológicos de la utilización del ruido ambiental, para estimar de forma válida el efecto de sitio. Este estudio fija algunos parámetros como longitud de ventana, solape, eliminación de transitorios,

los cuales son seguidos en los diferentes estudios realizados en ciudades de todo el mundo.

La sismica pasiva es un término amplio que describe la grabación del sonido ambiental y natural en el subsuelo, a diferencia de los métodos sísmicos de reflexión o refracción que miden las ondas de sonido generadas por una fuente activa controlada.

La aplicación del método sísmico pasivo de estación única y el análisis de datos utilizando la técnica HVSR produce resultados sólidos y fiables, tanto más si tenemos un fuerte contraste de impedancia entre los materiales, y también se relaciona con el ruido ambiental suficiente, que en nuestros casos de actuación podrá ser provocado por la maquinaria pesada si el método se realiza en canteras activas. En otros emplazamientos existe la posibilidad de explorar la introducción de energía artificial de vehículos, como lo muestran Smith et al. (2013).

Como hipótesis de trabajo se acepta que la componente horizontal de los temblores es amplificada por la multi reflexión de las ondas S (de corte), mientras que la componente vertical es amplificada por la multi reflexión de las ondas P (de compresión). Por otro lado, el efecto de las ondas Rayleigh aparece más marcadamente en la componente vertical y su efecto puede ser cuantificado calculando la razón entre la componente vertical en superficie y la base del substrato.

El método de Nakamura, por su sencillez tanto en la parte experimental, como en el procesado de los datos, se ha convertido en una buena alternativa para identificar los períodos predominantes del suelo. Sin embargo, se debe seguir estudiando acerca del origen y ondas que conforman los microtemblores, para complementar el método y poder explicar resultados dispersos y anomalías que se presentan en ciertos casos.

- AMIRA International. (2015). Unlocking Australia's hidden potential. An industry roadmap - Stage 1, P1162. Final Report. Melbourne Vic: AMIRA, 97 p.
- Bard, P. (2004). Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibration measurements, processing and interpretation. Francia: Sesame European research project.

- Delgado, J., López Casado, C., Estévez, A., Giner, J., Cuenca, A. and Molina, S. (2000). Mapping soft soils in the Segura river valley (SE Spain): A case study of microtremors as an exploration tool. *Journal of Applied Geophysics*, 45, 19-32.
- Dal Moro, G. (2011). Some aspects about Surface wave and HVSR analyses: a short overview and a case study. *Bollettino di Geofisica teorica ed Applicata*. Vol.52, n.2, pp. 241-259.
- Dal Moro, G., Keller, L. and Poggi, V. (2015). A comprehensive seismic characterisation via multi-component analysis of active and passive data. *Technical article, first break volumen 33*.
- Dal Moro, G., Marques Moura, R.M., Moustafa, S. (2015). Multi-component joint analysis of Surface waves. *Journal of Applied Geophysics*. 119. 128-138.
- Dal Moro, G. Surface wave analysis for near Surface applications. (2015). Elsevier. ISBN 978-0-12-800770-9
- Lane, J. W., White, E. A., Steele, G. V. and Cannia, J. C. (2008). Estimation of bedrock depth using the horizontal-to-vertical (H/V) ambient noise seismic method. In *Proceedings of Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems*. Philadelphia Pa: Environmental and Engineering Geophysical Society.
- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), Tokyo*, 30, 25–33.
- Nakamura, Y. (2000). Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications. In *Proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering (Vol. 2656)*. New Zealand: Auckland.
- Scheib, A., Morris, P., Murdie C. and Delle Piane, R. A passive seismic approach to estimating the thickness of sedimentary cover on the Nullarbor Plain, Western Australia. (2016). *Australian Journal of Earth Sciences*.
- SESAME. (2004). Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation. SESAME European research project WP12. European Commission Research General Directorate, 62 p.
- Smith, N. R. A., Reading, A. M., Asten, M. W. and Funk, C. W. (2013). Constraining depth to basement for mineral exploration using microtremor: A demonstration study from remote inland Australia. *Geophysics*, 78(5), B227–B242.