

# ***INFORME DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA***

***DESARROLLO DE LA TÉCNICA DE POLARIZACIÓN  
INDUCIDA (IP) Y COMBINACIÓN CON OTROS  
MÉTODOS GEOFÍSICOS PARA CONOCER EL  
CONTENIDO EN MATERIALES CONDUCTORES***

*Cehegín, Murcia, 1 de diciembre de 2021*

## ÍNDICE

OBJETIVO DEL INFORME .....	3
PERFIL DE BÚSQUEDA.....	5
BASES DE DATOS DE PATENTES .....	5
BASES DE DATOS DE REVISTAS Y ARTÍCULOS CIENTÍFICOS .....	5
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN.....	5
OFERTAS Y DEMANDAS TECNOLÓGICAS .....	6
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7

*En Cehegín, Murcia, a 1 de diciembre de 2021*

## **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 del **DESARROLLO DE LA TÉCNICA DE POLARIZACIÓN INDUCIDA (IP) Y COMBINACIÓN CON OTROS MÉTODOS GEOFÍSICOS PARA CONOCER EL CONTENIDO EN MATERIALES CONDUCTORES.**

El método de Polarización Inducida (PI) se centra en el análisis de la cargabilidad eléctrica del subsuelo (capacidad para retener temporalmente una carga eléctrica) mediante la inyección de una corriente controlada en el terreno y, de esta manera cargándolo eléctricamente. Cuando se detiene súbitamente la inyección de corriente, el voltaje inducido en el terreno decae paulatinamente durante unos breves instantes de tiempo. Midiendo este proceso de atenuación del voltaje en función del tiempo, es posible calcular la cargabilidad aparente del terreno.

Si el suelo presenta una alta cargabilidad, el tiempo que tarda el voltaje en desaparecer será grande (el suelo permanecerá cargado eléctricamente más tiempo). Por el contrario, si el suelo no tiene mucha cargabilidad, el tiempo será muy corto. La mayoría de los metales y los sulfuros diseminados tienen alta cargabilidad, mientras que las rocas ígneas o metamórficas presentan muy baja cargabilidad. Como resultado, este método se utiliza con mayor frecuencia en la exploración de minerales. También es un método habitualmente empleado en estudios medioambientales para el estudio de contaminantes orgánicos.

- 3 de 9 -

El fenómeno de la polarización inducida se observa cuando se hace pasar corriente eléctrica a través de un electrolito que contiene cuerpos o partículas de conducción electrónica (metales, semiconductores, minerales).

Los sistemas tetraelectródicos se utilizan comúnmente en el estudio de Polarización Inducida. Estos sistemas cargan el subsuelo por los electrodos de corriente durante un tiempo, y reciben la respuesta con un tiempo mayor, por los electrodos de potencial. De este modo se analiza cómo se descarga el subsuelo, especialmente la descarga realizada por los metales en el subsuelo.

Con el paso de corriente se consigue polarizar los materiales conductores, de este modo se localizan y modelizan los cuerpos investigados.

Este método no se había empleado en la minería de calizas ornamentales y con este proyecto se pretende obtener resultados que permitan evaluar la viabilidad de este método de prospección geofísica que nos puede permitir evaluar un yacimiento de roca ornamental desde el punto de vista de las alteraciones por presencia de metales y también evaluar la presencia de arcilla rica en materiales conductores y que rellenan las grietas de presión llamadas estilolitos, muy abundantes en materiales carbonatados comercializados como roca ornamental. Además, el método permite obtener de manera simultánea modelos de resistividad, por lo que es muy útil para determinar las propiedades capacitivas del material en el subsuelo.

## **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.

### **- 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

A lo largo del desarrollo de la teoría y técnica de la prospección eléctrica, se ha buscado la manera de obtener las respuestas del subsuelo que aporten información suficiente para delimitar cuerpos de interés industrial como son metales, carbón, materiales de construcción, etcétera. En años recientes la contaminación de los suelos ha motivado la investigación de técnicas que permitan delinear zonas mineralizadas, donde la Polarización Inducida (PI) ofrece resultados alentadores.

Los métodos para obtener respuestas de PI han sido modificados a través del tiempo y han dependido de la capacidad tecnológica, así como de variables que poco a poco se han considerado, como la granulometría y propiedades electroquímicas, que formaron parte de algunos modelos matemáticos que pretendieron describir mejor el comportamiento eléctrico, como los propuestos por Seigel (1959), Wong (1979) y Pelton et al. (1978).

De acuerdo con el diccionario de la Sociedad de Geofísicos de Exploración (SEG, por sus siglas en inglés) (Sheriff, 2002), se define a la polarización inducida como el momento dipolar de la corriente por unidad de volumen. Se le atribuye ese nombre debido a que el comportamiento físico en la tierra funciona como un sistema capacitivo, que se “carga” o “polariza” al suministrar energía eléctrica al medio. Wong (1979) por su parte, lo define como la dispersión en bajas frecuencias, de la conductividad o resistividad entre los materiales de la tierra y el agua que se encuentran en contacto.

Con el paso de corriente eléctrica a través de la roca se crea un campo eléctrico  $E$  que, a su vez, puede producir uno o varios tipos de polarización dependiendo de su génesis: por acumulación de cargas (interfacial), por movimiento de cargas (electrónica), por desplazamiento de iones en la red cristalina (iónica) o bien, por la

orientación de las moléculas (bipolar). En términos generales existen dos tipos de polarización: la polarización electrónica y la polarización de membrana. La primera, supone que los poros del medio que están siendo ocupados por la solución, se encuentran bloqueados por partículas metálicas y la conducción de la corriente que era iónica, se convierte en conducción eléctrica en el metal. Así, la superficie existente entre el metal y el fluido experimenta una polarización. La polarización de membrana de acuerdo con Sogade et al. (2006), es causada por la impedancia de interfase entre dos medios que resulta cuando, en ciertas regiones de conducción normal en una trayectoria de poro, una capa de difusión es lo suficientemente gruesa para bloquear dicho poro, de manera que hay una transferencia de iones de cierto tamaño y polaridad, reduciendo la movilidad de las cargas causando un almacenamiento que crea una “membrana” polarizada. De acuerdo con Sogade et al. (2006), la polarización de membrana es el efecto de PI observado comúnmente en los mapeos de contaminación. Las modalidades del método de PI generales son: en el dominio del tiempo, en el dominio de la frecuencia, resistividad compleja y dominio espectral. El primero fue practicado por Seigel (1959), el segundo por Hallof (1964), luego con Zonge y Huges (1980), y el último por Pelton et al. (1978). La cuarta modalidad, el dominio espectral tiene sus orígenes en los experimentos realizados por Vacquier et al. (1957), en los que se concluyó que las mediciones de PI son sensibles a las propiedades capacitivas de las rocas y suelos en bajas frecuencias, que resultan de procesos de difusión en las interfases de los granos minerales y la resistividad del fluido que contiene el poro (Slater y Lesmes, 2002). Esto fue un aporte significativo para la PI debido a que se incluía en la lista de incógnitas del fenómeno, una fuente o agente que lo generaba, que es el fluido en la matriz. Tradicionalmente la PI se ha aplicado a trabajos relacionados con depósitos minerales (Liu y Peng, 2004); en aplicaciones hidrogeológicas (Ulrich y



Slater, 2004), ambientales (Aristodemou y Thomas-Betts, 2000) y estudios que involucran materiales orgánicos (Davidycheva et al., 2006), lo que muestra el interés que hay en la PI a pesar de no contar con una comprensión satisfactoria y total del fenómeno. Este trabajo intenta mostrar las dificultades y potencial del método en problemas de contaminación por hidrocarburos en México.



Figura 1. Equipo de medida del Polarización Inducida IP.