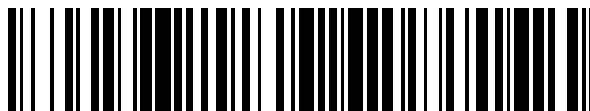


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 474 919**

21 Número de solicitud: 201430291

51 Int. Cl.:

**G01N 27/18** (2006.01)

**G01V 3/02** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

**04.03.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**09.07.2014**

Fecha de la concesión:

**06.03.2015**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**13.03.2015**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA  
(100.0%)**

**Ed. "La Milagrosa" Plaza Cronista Isidoro  
Valverde, s/n  
30202 Cartagena (Murcia) ES**

72 Inventor/es:

**ACOSTA AVILÉS, José Alberto;  
FAZ CANO, Ángel;  
GÓMEZ GARRIDO, Melisa;  
MARTÍNEZ MARTÍNEZ, Silvia;  
MARTÍNEZ PAGÁN, Pedro y  
ZORNOZA BELMONTE, Raúl**

74 Agente/Representante:

**TEMIÑO CENICEROS, Ignacio**

54 Título: **Procedimiento para determinar cuantitativamente propiedades físico-químicas de suelos o residuos sólidos**

57 Resumen:

Procedimiento para determinar cuantitativamente propiedades físico-químicas de suelos o residuos sólidos.

La presente invención se refiere a un procedimiento para la determinación cuantitativa de propiedades físico-químicas de suelos o residuos sólidos, caracterizado porque comprende una etapa de determinación de la resistividad del suelo a evaluar, una etapa de toma de muestras y análisis de las mismas y una etapa de obtención de la relación de las propiedades físico-químicas del suelo o residuo con los valores de resistividad obtenidos mediante tratamiento estadístico de los datos.

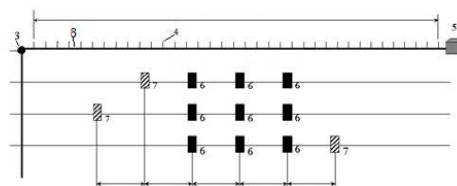


FIG. 2

ES 2 474 919 B1

**DESCRIPCIÓN**

**PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR CUANTITATIVAMENTE PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE SUELOS O RESIDUOS SÓLIDOS**

**Campo de la invención**

5 La presente invención se encuadra en el campo general de la geofísica y la geoquímica de suelos y residuos y en particular se refiere a un método para determinar las propiedades físico-químicas de suelos o residuos sólidos mediante el uso de la tomografía eléctrica sin necesidad de realizar grandes muestreos ni análisis de laboratorio.

10

**Estado de la técnica**

El estudio del subsuelo ha sido de gran interés desde tiempos muy antiguos, incrementando su importancia en tiempos recientes debido a su influencia en la agricultura, la ingeniería y el medioambiente. En este sentido, las técnicas para estudiar el subsuelo incluyen desde métodos eléctricos hasta prospecciones geotecnicas mediante sondeos mecánicos de gran profundidad.

El primer uso de los métodos eléctricos para el estudio del subsuelo se le atribuye al científico inglés Robert Fox, quien en 1830 detectó que había cuerpos minerales que generaban un voltaje natural y sugirió el uso de la medida de la resistencia eléctrica como herramienta de investigación. Sin embargo, no fue capaz de desarrollar un sistema de trabajo debido a la polarización de los electrodos. En 1880, Carl Barus, solventó el problema desarrollando un electrodo no polarizable hecho de madera porosa y arcilla sin esmaltar bañado en una solución de sulfato de cobre.

Los métodos de resistividad eléctrica, como se conocen actualmente, empezaron a desarrollarse a principios de 1890; aunque no fue hasta 1970 cuando se generalizó el uso de estas técnicas, ayudado en parte por la disponibilidad de ordenadores para el procesado y análisis de los datos.

En la actualidad, a la determinación del potencial que detectó Fox es a lo que se llama medidas del potencial natural; y a los métodos de resistividad desarrollados en Francia por los hermanos Schlumberger y en Estados Unidos por Wenner, uno de los cuales es el utilizado en esta invención, son a los que denominamos métodos de resistividad

eléctrica, estos métodos se basan en la introducción de corriente eléctrica directamente en el subsuelo, modificando el campo potencial del mismo que es medido por medio de un voltímetro permitiendo obtener los valores de resistividad eléctrica que los materiales ofrecen al paso de esta corriente.

5 En este sentido, los métodos geofísicos son técnicas complementarias, no destructivas, de bajo coste y de rápida aplicación para evaluar un gran número de problemas ambientales y de ingeniería. Dentro de estas técnicas, el método geofísico de tomografía eléctrica (TE) puede ser usado para estudiar el espesor y la extensión que cubren las diferentes capas del subsuelo, evaluar su grado de erosión, identificar  
10 grietas y distinguir rutas preferenciales de agua o drenajes.

A pesar de las ventajas que esta técnica lleva asociadas, mencionadas en el párrafo anterior, su potencial de utilización no ha sido desarrollado completamente, ya que actualmente en los estudios del subsuelo además de realizar los perfiles de tomografía eléctrica, que no siempre se llevan a cabo, se realizan sondeos mecánicos con el fin  
15 de evaluar las propiedades físico-químicas de las capas identificadas por la tomografía. Estos sondeos son caros de realizar, requieren mucho tiempo para su realización y, por lo tanto, los costes de personal son elevados, los equipos utilizados para realizarlos son pesados y a veces su utilización está limitada por no poder acceder a los lugares de estudio que dichos equipos pesados; además, su  
20 representatividad está cuestionada para grandes superficies ya que no se consigue información de la totalidad del subsuelo, únicamente de la zona seleccionada para el sondeo, por lo que se requiere un gran número de sondeos para asegurar dicha representatividad, y una vez efectuados estos sondeos se deben de tomar gran cantidad de muestras que representen la columna extraída en cada sondeo,  
25 transportar dichas muestras al laboratorio y realizar los análisis pertinentes, lo cual encarece aún más los costes de su utilización.

Las patentes ES2393716, US8461843 describen procedimientos para detectar anomalías en el subsuelo mediante el uso de la tomografía, pero en ningún caso se puede deducir de las mismas la configuración específica y necesaria de los perfiles de  
30 tomografía, ni el muestreo específico que se debe de realizar, ni el tratamiento de datos que se debe de llevar a cabo para poder estimar de forma cuantitativa propiedades físico-químicas de suelos o residuos sólidos mediante el uso de la tomografía eléctrica.

Existe pues la necesidad de proporcionar un procedimiento para estimar las propiedades físico-químicas de suelos o residuos sólidos que solvente los problemas descritos en el estado de la técnica.

## 5 Descripción de la invención

El problema técnico que resuelve la presente invención es la determinación cuantitativa de las propiedades físico-químicas de suelos o residuos sólidos de grandes extensiones y profundidades, sin necesidad de tomar gran número de muestras, tanto en superficie como en profundidad, para la caracterización de dichos  
10 suelos o residuos, ni por lo tanto tener que analizar en el laboratorio dichas muestras, con la consiguiente reducción de costes tanto de muestreo como de determinaciones analíticas, incluyendo reactivos, mano de obra y equipamientos.

Así pues, en un primer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para la determinación cuantitativa de propiedades físico-químicas de suelos o residuos  
15 sólidos que comprende las siguientes etapas:

- determinación de la resistividad del suelo o residuo sólido a evaluar mediante tomografía eléctrica, en al menos tres emplazamientos, que comprende el uso de electrodos metálicos (4), separados entre ellos por una distancia comprendida de 25-35 cm e insertados en una cavidad circular para cada  
20 electrodo de 4-7 cm de profundidad y de 8-12 cm de diámetro;
- toma de muestras de suelo o residuo, que comprende al menos tres perforaciones o sondeos sobre cada uno de los perfiles de tomografía donde se toman al menos tres muestras (6) en cada uno de los sondeos, así como la toma de al menos tres muestras control (7) por perfil;
- 25 – determinación y cuantificación de las propiedades físico-químicas de las muestras obtenidas en la etapa anterior,
- obtención de la relación de las propiedades físico-químicas del suelo o residuo con los valores de resistividad obtenidos mediante tratamiento estadístico de los datos.

30 En una realización en particular de la presente invención, el electrodo es de 40-50 cm de longitud y se introduce en el suelo/residuo a 15-25 cm de profundidad.

En una realización en particular de la presente invención, la resistividad se determina con una humedad del suelo o residuo inferior al 15%.

En una realización en particular de la presente invención, la resistividad se determina al menos tres veces en cada uno de los perfiles de tomografía.

- 5 En una realización en particular de la presente invención, las perforaciones o sondeos se realizan a una profundidad de entre 80-100 cm

En una realización en particular de la presente invención, las muestras se obtienen a unas profundidades de 0-30 cm, 30-60 cm y 60-90 cm.

- 10 En una realización en particular de la presente invención, el tratamiento estadístico de los datos incluye el coeficiente de correlación de Spearman.

- 15 Cuando éste es significativo al 99%, se calculan las ecuaciones que relacionarán las propiedades fisicoquímicas de los suelos o residuos con los valores de resistividad, de tal forma que se determinan de forma cuantitativa las propiedades fisicoquímicas de otros emplazamientos de características semejantes en función de los valores de resistividad.

En una realización en particular de la presente invención, el procedimiento comprende una etapa de validación de las ecuaciones obtenidas, esta etapa comprende mediante el uso de los resultados geoquímicos de las muestras control y sus correspondientes valores de resistividad, lo que aportará la precisión de las ecuaciones obtenidas.

## 20 **Descripción de las figuras**

FIG. 1. Muestra un esquema de disposición de los perfiles de tomografía eléctrica definidos en la primera etapa del proceso objeto de la presente invención.

FIG. 2. Muestra un esquema del proceso de toma de muestras empleado en la presente invención.

- 25 FIG. 3. Muestra un esquema de la barrena utilizada para la toma de muestras en la presente invención.

**Descripción detallada de la invención**

En un ejemplo práctico de aplicación, el procedimiento descrito de la invención se ha aplicado a una balsa de residuos mineros (1) de la minería metálica desarrollada en el Distrito Minero de Cartagena-La Unión. Se trata de una balsa localizada entre la carretera (2) que va hacia la Playa del Gorguel al sur y la carretera (2) que une La Unión con Escombreras al norte, cuya superficie es de 7400 m<sup>2</sup>, con una profundidad de residuos de 14 m y un volumen total de 150000 m<sup>3</sup> aproximadamente. Se considera representativa del resto de balsas de residuos mineros por sus características de salinidad, falta de vegetación, elevado contenido de metales (Cd, Pb, y Zn), bajo contenido de materia orgánica y su afección por la erosión hídrica y eólica.

En primer lugar se seleccionó la ubicación de tres perfiles de tomografía (3) sobre la balsa de residuos (1) (Figura 1), lo cual se basó tanto en diferencias visuales en la superficie de la balsa como en el conocimiento sobre el proceso de formación de este tipo de balsas. Estos emplazamientos fueron seleccionados porque las propiedades físico-químicas de los mismos eran lo más diferentes posibles entre ellos, para ello se tuvo en cuenta tanto diferencias visuales como conocimientos previos de la zona a estudiar. La selección de un menor número de emplazamientos no sería representativa de la superficie a estudiar y a efectos estadísticos los resultados obtenidos no tendrían validez, por lo que al menos deben ser tres los emplazamientos a seleccionar.

Una vez localizados los perfiles, para cada uno de ellos se excavaron 36 cavidades circulares en el residuo, las dimensiones de dichas cavidades fueron de 5 cm de profundidad por 10 de diámetro, esto garantizó el contacto galvánico residuo-electrodo y una mejor transmisión de la corriente eléctrica, estas cavidades distan unas de otras 30 cm, y en cada una ellas se introdujo un electrodo metálico (4), de acero inoxidable de 30 cm de longitud a una profundidad de 20 cm lo que dio como resultado una longitud de cada perfil (3) de 1050 cm. Mayor profundidad y/o diámetro provocarían una pérdida de los valores de resistividad de las capas más superficiales del suelo; al igual que una menor profundidad y/o diámetro no garantizarían que se eliminará la capa de suelo superficial alterada por dichos factores y, por lo tanto, los valores de resistividad obtenidos no serían representativos de las propiedades físico-químicas del subsuelo.

Para esta primera etapa se utilizó un equipo convencional de tomografía eléctrica compuesto por un resistivímetro (5) o unidad principal de medida dos bobinas de cable multiconductor unidas entre sí mediante un cajetín de conexión de bornes del cableado, y un extremo de una de ellas se conectó el resistivímetro (5), cada bobina  
5 está compuesta por 18 conectores donde se unirán los 36 electrodos metálicos (4) de acero inoxidable utilizando 36 pinzas de unión entre conectores y electrodos.

Una vez conectados los electrodos al cable conductor de la electricidad mediante las pinzas metálicas, se procedió a la aplicación de la corriente eléctrica mediante la configuración dipolo-dipolo, y a la toma de datos de resistividad del subsuelo. Estas  
10 medidas se realizaron con el suelo seco (>15% de humedad) y con tres iteraciones.

Tras la toma de datos del subsuelo, éstos fueron sometidos a una serie de etapas de procesado (filtración, corrección topográfica, eliminación de datos anómalos, inversión, etc.). Tras estas fases de procesado se obtendrían los valores de resistividad real de los materiales del subsuelo con una profundidad de investigación de 210 cm.

15 La segunda etapa del procedimiento comprende la toma de muestras de los residuos, para lo cual se realizaron tres perforaciones de 90 cm de profundidad en cada perfil de tomografía, localizado el primero de ellos en el centro del perfil, el segundo y tercer sondeo se localizaron a izquierda y derecha del primer sondeo respectivamente y distanciados 120 cm de este, en cada una de las cuales se toman tres muestras (6) a  
20 tres profundidades: 0-30 cm; 30-60 cm y 60-90 cm (Fig. 2). Además, se tomaron tres muestras control (7) por perfil, de 0-30 cm a 120 cm a la izquierda del segundo sondeo, de 30-60 cm a 240 cm a la izquierda de este mismo sondeo y de 60-90 cm a 120 cm a la derecha del tercer sondeo, las cuales se usaron para validar las ecuaciones obtenidas del tratamiento estadístico de los datos.

25 La extracción de las muestras se realizó de forma manual con una barrena (8) para suelos de 123 cm de longitud, cuyo extremo final (9) de 23 cm de longitud (Fig. 3) permite la extracción de la muestra, la cual es guardada en una bolsa de polietileno para su transporte al laboratorio. El proceso se repitió para cada uno de los 3 perfiles de tomografía, tomando un total de 36 muestras.

30 En la tercera etapa del proceso, las muestras se llevaron al laboratorio donde fueron analizadas para los siguientes parámetros: pH, salinidad, humedad, carbono orgánico, carbono inorgánico, azufre total, nitrógeno total, arcilla, limo, arena, plomo total, cinc

total, cobre total, cadmio total, níquel total, aluminio total, manganeso total, hierro total, arsénico total y selenio total.

Una vez obtenidos los resultados analíticos de la etapa anterior, se comenzó con la cuarta etapa de tratamiento estadístico de los datos y la obtención de las ecuaciones que relacionarán las propiedades fisicoquímicas de los residuos con los valores de resistividad. Para ello se calculó el coeficiente de correlación de Spearman (r), el cual indica la existencia de correlación entre dos variables, en este caso la resistividad y cualquiera de los parámetros anteriormente mencionados (Tabla 1).

Tabla 1. Coeficientes de correlación de Spearman entre los valores de resistividad y las propiedades físico-químicas de los residuos

Humedad	pH	Salinidad	Carbono inorgánico	Carbono orgánico	Azufre total	Nitrógeno total	Arcilla	Limo	Arena
-0,779**	0,312	-0,937**	0,542*	-0,129	-0,417*	-0,417*	-0,768**	-0,594**	0,709**

Cinc total	Plomo total	Cobre total	Cadmio total	Cromo total	Níquel total	Aluminio total	Manganeso total	Hierro total	Arsénico total	Selenio total
-0,513**	-0,480**	-0,488**	-0,436*	-0,201	-0,002	-0,501*	0,308	0,172	0,227	-0,026

\* correlación significativa al 95%

\*\* correlación significativa al 99%

Cuando el valor de correlación es significativo al 99%, se calcularon las ecuaciones que mejor rigen dichas correlaciones, lo que permitió estimar las propiedades fisicoquímicas en función de los valores de resistividad (Tabla 2).

Tabla 2. Ecuaciones que relacionan la resistividad (x) con los parámetros físico-químicos de los residuos (y), indicando el coeficiente de correlación y la desviación respecto a los valores reales

Parámetro (Y)	Ecuación (X: resistividad)	Coficiente (R <sup>2</sup> )	Desviación (%)
Humedad	$Y = 21,716 X^{-0,3012}$	0,7710	28
Salinidad	$Y = 6,6568 X^{-0,2448}$	0,7530	24



ES 2 474 919 B1

Arcilla	$Y = 9,6683 e^{-0,0058x}$	0,4462	27
Limo	$Y = -5,3853 \ln(X) + 32,245$	0,5736	18
Arena	$Y = 6,4424 \ln(X) + 56548$	0,7019	5
Plomo total	$Y = -703,27 \ln(X) + 5158$	0,4823	25
Cobre total	$Y = -23,264 \ln(X) + 181,79$	0,5095	22
Zinc total	$Y = -1409,2 \ln(X) + 11853$	0,4326	20

5 Finalmente se procedió a la validación de las ecuaciones obtenidas mediante la utilización de los resultados geoquímicos de las muestras control y sus correspondientes valores de resistividad, para ello sustituimos la resistividad medida en las muestras tomadas bajo los electrodos control en las ecuaciones y calculamos así un valor estimado de cada uno de los parámetros geoquímicos medidos. Este valor fue comparado con el valor determinado en el laboratorio (Tabla 3), y de este modo calculado la desviación que ofrecen las ecuaciones (Tabla 2).

10 Tabla 3. Valores reales y estimados con las ecuaciones de la tabla 2 de las muestras control

M	Humedad		Salinidad		Arcilla		Limo		Arena		Cinc Total		Cobre Total		Plomo Total	
	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E
a	15,2	16,8	7,3	5,4	12,5	9,5	21,9	27,7	65,6	62,0	11040	10660	138	162	5181	4589
b	21,8	15,3	7,3	5,0	8,5	9,5	31,6	26,0	59,9	64,0	13280	10215	193	155	4809	4368
c	25,3	32,2	5,1	9,2	6,5	9,7	43,6	39,3	49,9	48,1	11968	13694	214	212	4885	6104
d	6,2	5,9	2,2	2,3	5,9	6,2	9,9	9,0	84,2	84,3	4414	5783	68	82	1513	2155
e	6,9	10,2	3,1	3,6	6,0	9,0	13,9	18,8	80,1	72,6	6219	8332	62	124	2000	3428
f	5,7	7,8	2,5	2,9	6,0	8,1	10,0	13,9	84,0	78,5	4474	7058	99	103	2377	2792
g	8,1	5,5	2,8	2,2	8,0	5,5	10,0	7,7	82,0	85,9	6944	5432	82	76	2131	1980
h	6,4	9,9	3,6	3,5	6,0	8,9	18,0	18,2	76,0	73,4	4587	8174	75	121	2137	3349

M: muestra; E: valor estimado con las ecuaciones; R: real

15 En base a los resultados obtenidos a partir de los muestreos geofísicos y geoquímicos y del análisis estadístico de los mismos, se determinó que los parámetros que afectan

directamente a la resistividad eléctrica de los residuos mineros son principalmente la humedad, la salinidad, la arena, el limo, la arcilla, el zinc, el plomo y el cobre.

Los resultados obtenidos indicaron que la invención descrita permite determinar de forma cuantitativa propiedades físico-químicas de suelos o residuos de grandes  
5 extensiones y profundidades sin necesidad de muestrearlos, ni analizarlos en el laboratorio.

Por otro lado, la aplicación de esta invención permite la localización de las diferentes capas que componen el suelo o residuos sólidos objeto de estudio e identificación de posibles materiales enterrados mediante el registro de diferentes resistividades, en  
10 concreto la cuantificación de la extensión, profundidad y composición físico-química aproximada de dichas capas.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la determinación cuantitativa de propiedades físico-químicas de suelos o residuos sólidos, caracterizado por que comprende las siguientes etapas:
  - 5 – determinación de la resistividad del suelo o residuo sólido a evaluar mediante tomografía eléctrica, en al menos tres emplazamientos, que comprende el uso de electrodos metálicos (4), separados entre ellos por una distancia comprendida de 25-35 cm e insertados en una cavidad circular para cada electrodo de 4-7 cm de profundidad y de 8-12 cm de diámetro;
  - 10 – toma de muestras de suelo o residuo, que comprende al menos tres perforaciones o sondeos sobre cada uno de los perfiles de tomografía donde se toman al menos tres muestras (6) en cada uno de los sondeos, así como la toma de al menos tres muestras control (7) por perfil;
  - 15 – determinación y cuantificación de las propiedades físico-químicas de las muestras obtenidas en la etapa anterior,
  - obtención de la relación de las propiedades físico-químicas del suelo o residuo con los valores de resistividad obtenidos mediante tratamiento estadístico de los datos.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que cada electrodo es de 40-50 cm de longitud y se introduce en el suelo/residuo a 15-25 cm de profundidad.
- 20 3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 – 2, donde la resistividad se determina con una humedad del suelo o residuo inferior al 15%.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la resistividad se determina al menos tres veces en cada uno de los perfiles de tomografía.
- 25 5. Procedimiento según las reivindicaciones anteriores, donde las perforaciones o sondeos se realizan a una profundidad de entre 80-100 cm
6. Procedimiento según las reivindicaciones anteriores donde las muestras se obtienen a unas profundidades de 0-30 cm, 30-60 cm y 60-90 cm.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el  
30 tratamiento estadístico de los datos incluye el coeficiente de correlación de Spearman.

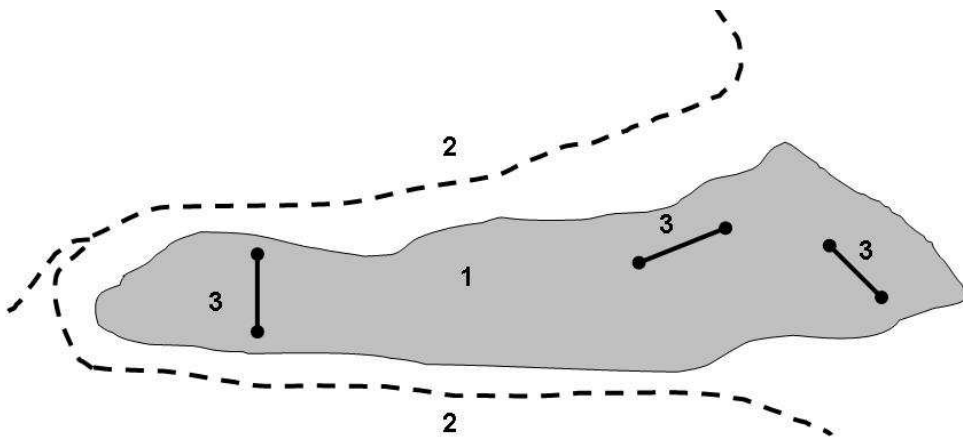


FIG. 1

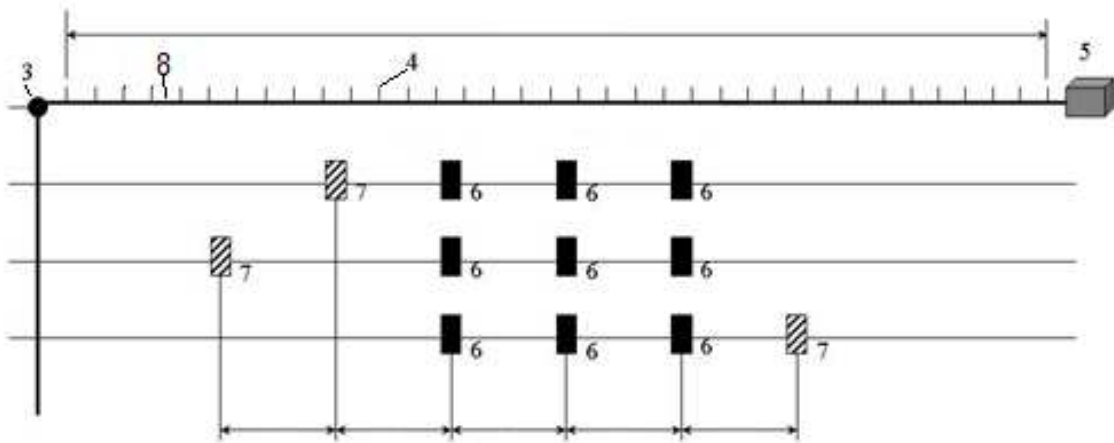


FIG. 2

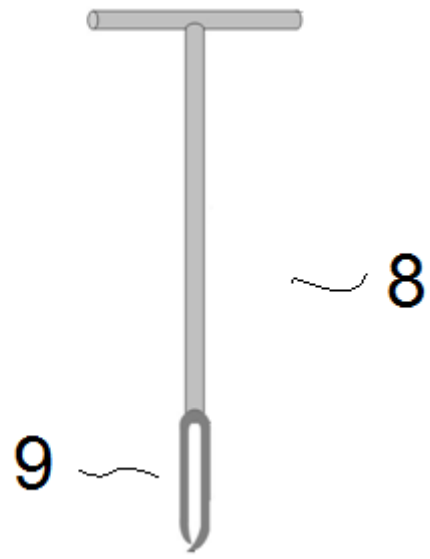


FIG. 3



- ②① N.º solicitud: 201430291  
②② Fecha de presentación de la solicitud: 04.03.2014  
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01N27/18** (2006.01)  
**G01V3/02** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 6295512 B1 (BRYANT JOHN) 25.09.2001, resumen; figuras 1A,1B,2A-C,3,6; columna 3, línea 36 – columna 4, línea 18; columna 4, línea 67.	1-7
A	US 2011037474 A1 (DASHEVSKY YULIY A et al.) 17.02.2011, resumen; figuras; columna 2, líneas 9-34; columna 3, línea 57 – columna 4, línea 15.	1-7
A	US 4219776 A (ARULANANDAN KANDIAH) 26.08.1980, resumen; figuras; columna 1, líneas 14-31; columna 3, líneas 20-56; reivindicación 1.	1-7
A	US 2004201380 A1 (ZIMMERMANN EGON et al.) 14.10.2004, resumen; figuras; párrafos 2,14-25,30,31,40.	1-7
A	ES 2393716 A1 (UNIV CARTAGENA POLITECNICA) 27.12.2012, resumen; figuras, página 3, líneas 35-37,50-55; página 4, líneas 20-58; reivindicación 1.	1-7
A	Environmental Monitoring Using Electrical Resistivity Tomography (ERT) in the Subsoil of Three Former Petrol Stations in SE of Spain, (UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, ROSALES, R. Ma. et. al.); Water, Air and Soil Pollution; 28.03.2012, Vol. 223, No. 7, páginas 3757-3773. Isbn: ISSN 0049-6979 (print). <doi:10.1007/s11270-012-1146-0>, todo el documento.	1-7

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
02.07.2014

Examinador  
A. López Ramiro

Página  
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01N, G01V

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 02.07.2014

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-7	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-7	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.



**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 6295512 B1 (BRYANT JOHN)	25.09.2001
D02	US 2011037474 A1 (DASHEVSKY YULIY A et al.)	17.02.2011
D03	US 4219776 A (ARULANANDAN KANDIAH)	26.08.1980
D04	US 2004201380 A1 (ZIMMERMANN EGON et al.)	14.10.2004
D05	ES 2393716 A1 (UNIV CARTAGENA POLITECNICA)	27.12.2012
D06	Environmental Monitoring Using Electrical Resistivity Tomography (ERT) in the Subsoil of Three Former Petrol Stations in SE of Spain, (UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, ROSALES, R. Ma. et. al.)	28.03.2012

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

## Reivindicación 1

El documento D01 divulga (resumen, figuras 1A, 1B, 2A-C, 3 y 6; y columna 3, línea 36 a columna 4, línea 18) un procedimiento para la determinación cuantitativa de propiedades físico-químicas de suelos o residuos sólidos, con las siguientes etapas: determinación de las resistividades de los suelos o residuos sólidos a evaluar mediante tomografía eléctrica, usando electrodos metálicos (101), separados entre ellos e insertados en una cavidad circular de pequeño diámetro (columna 4, línea 67); toma de muestras de suelo o residuo; determinación y cuantificación de las propiedades físico-químicas de las muestras obtenidas en la etapa anterior; y obtención de la relación de las propiedades físico-químicas del suelo o residuo con los valores de resistividad obtenidos mediante el tratamiento estadístico de los datos.

Las diferencias entre el objeto de la presente solicitud y D01 se basan en que el número de emplazamientos seleccionados no es tres; la separación entre electrodos no se indica que sea 25-35 cm y el tamaño de la cavidad excavada circular, no se indica que sea 4-7cm de profundidad y 8-12 cm de diámetro; y por último, el número de toma de muestras no comprende tanto tres perforaciones o sondeos sobre cada uno de los perfiles de tomografía donde se toman tres muestras en cada uno de los sondeos, como la toma de tres muestras control por perfil. Por lo tanto el objeto de la solicitud es nuevo.

En el documento D01 se indica que se hace uso de cuatro electrodos (columna 5, línea 47) y además, en una realización preferida (columna 9, reivindicación 36) se indica que se hace uso de tres electrodos de superficie y luego otro electrodo bajo superficie y no parece que usar en concreto tres presente un efecto técnico adicional.

Respecto al número de muestras a tomar, el propio solicitante (página 6) indica que "la selección de un menor número de emplazamientos no sería representativa de la superficie a estudiar y a efectos estadísticos los resultados obtenidos no tendrían validez, por lo que al menos deben ser tres los emplazamientos a seleccionar. Una vez localizados los perfiles, para cada uno de ellos se excavaron 36 cavidades circulares en el residuo" (27 muestras y 9 muestras control). En el documento D01 se indica que se tomarán una o más muestras (columna 8, reivindicación 12), pero no se hace uso de 36. La toma de muestras de control por cada perfil es una opción habitual en el proceso de toma de muestras y por sí sólo no parece tener un efecto técnico adicional.

Además, las diferencias de utilizar esa separación de electrodos y el tamaño de la cavidad excavada sí tienen un efecto técnico asociado, que es, como se indica en la página 6, garantizar el contacto galvánico residuo-electrodo y una mejor transmisión de corriente eléctrica. También se indica que "mayor profundidad y/o diámetro provocarían una pérdida de los valores de resistividad de las capas más superficiales del suelo; al igual que una menor profundidad y/o diámetro no garantizarían que se eliminará la 30 capa de suelo superficial alterada por dichos factores y, por lo tanto, los valores de resistividad obtenidos no serían representativos de las propiedades físico-químicas del subsuelo".

No se ha encontrado en el estado de la técnica la utilización concreta de esos valores, por lo tanto, se considera que la solicitud sí tiene actividad inventiva.

Se considera que el objeto de la invención recogido en la reivindicación 1 del documento base, ha sido también divulgado en parte, pero no en su totalidad, en los documentos D02 (resumen, figuras; columna 2, líneas 9-34; columna 3, línea 57 a columna 4, línea 15); D03 (resumen, figuras; columna 1, líneas 14-31; columna 3, líneas 20-56; reivindicación 1) y D04 (resumen, figuras; párrafos 2, 14-25, 30, 31 y 40). Todos ellos describen procedimientos para determinar las propiedades del suelo mediante tomografía eléctrica.

Además, en el documento D05 (resumen, figuras, página 3, líneas 35-37 y 50-55; página 4, líneas 20-58; y reivindicación 1) se presentan algunos de los elementos técnicos de la solicitud, como por ejemplo, es un método para determinar las propiedades de suelos (contaminados); se hace uso de tomografía eléctrica. Además se hace uso de resistivímetro con configuración de dipolo-dipolo (página 5, línea 26); también se menciona que se realizan tres perfiles de tomografía eléctrica, asegurando el contacto galvánico subsuelo-electrodo (página 4, líneas 31-45; redacción idéntica a la reivindicación 1); se realiza la toma de muestras y una posterior cuantificación y evaluación de propiedades del suelo, como es la contaminación por hidrocarburos.

Sucede lo mismo con el documento D06 (todo el documento, páginas 3757-3773), donde se indica un método de medida de las propiedades físicas o químicas del suelo. Aquí se hace uso de 18 perfiles en los que se realiza la tomografía eléctrica, usando la configuración dipolo-dipolo, además se toman muestras del suelo sobre las que se realizan las medidas. El espacio entre electrodos es de 2m (frente a los 30cm de la solicitud) y los electrodos son de 50cm de longitud (frente a los 25-35cm de la solicitud) (página 3761), o la profundidad se indica que es de 12m.

Por lo mencionado, la reivindicación 1 presenta novedad (Artículo 6 LP) y actividad inventiva (Artículo 8 LP).

#### Reivindicaciones 2-7

Por su dependencia con la reivindicación 1, las reivindicaciones 2-7 presentan novedad y actividad inventiva. Sin embargo, se considera oportuno resaltar lo siguiente;

No se indica el efecto técnico de que el electrodo tenga una longitud o entre una profundidad concreta (ya que se indica que se hacen uso de electrodos convencionales, página 7) y además longitud y profundidad en esos rangos se consideran meras opciones de diseño.

Que la medida del resistivímetro se realice con una humedad del suelo o residuo inferior al 15% es una mera preferencia.

Para las reivindicaciones 4-6 no se indica el efecto técnico asociado a hacer esa selección de valores por lo que serían opciones de diseño.

Por último, que se calcule en concreto el coeficiente de correlación de Spearman es una de las opciones al realizar análisis de datos, y por ejemplo en D01 se indica que se hace un análisis de geoestadística, por ejemplo este documento hace uso de Kriging.

Por lo mencionado, las reivindicaciones 2-7 presentan novedad (Artículo 6 LP) y actividad inventiva (Artículo 8 LP).