

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 736**

21 Número de solicitud: 201430234

51 Int. Cl.:

G01V 1/20 (2006.01)

G01V 1/147 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

21.02.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.12.2014

Fecha de la concesión:

10.03.2015

45 Fecha de publicación de la concesión:

17.03.2015

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:

**ALHAMA MANTECA, Iván;
MARTÍNEZ PAGÁN, Pedro;
PÉREZ CUEVAS, Jaruselsky y
SANDOVAL CASTAÑO, Senén**

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

54 Título: **Sistema combinado para la adquisición de las velocidades de ondas de compresión y de ondas Rayleigh y para la generación de secciones Vs, Vp y de parámetros geomecánicos del subsuelo**

57 Resumen:

Sistema combinado para la adquisición de las velocidades de ondas de compresión y de ondas Rayleigh y para la generación de secciones Vs, Vp y de parámetros geomecánicos del subsuelo.

La invención se refiere a un sistema para la adquisición de datos sísmicos producidos por ondas superficiales, u ondas Rayleigh, y ondas de compresión, u ondas P, de forma rápida y efectiva en zonas urbanas de alto tráfico vehicular, por ejemplo zonas donde existen cruces, rotondas, o pasos peatonales. Dicho sistema comprende, preferentemente, una manguera (1) conectada a un dispositivo de arrastre (2), y equipada con una pluralidad de geófonos (5) conectados mediante un cable principal (9) a una unidad de medida y registro (4). Asimismo, el sistema comprende una pluralidad de placas de golpeo (7) dispuestas e intercaladas entre los geófonos (5) para la generación de las ondas de compresión u ondas P.

Figura 1



ES 2 524 736 B2

DESCRIPCIÓN

SISTEMA COMBINADO PARA LA ADQUISICIÓN DE LAS VELOCIDADES DE ONDAS DE COMPRESIÓN Y DE ONDAS RAYLEIGH Y PARA LA GENERACIÓN DE SECCIONES V_s , V_p Y DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS DEL SUBSUELO

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se enmarca en el sector de la exploración geofísica, más concretamente se refiere a sistemas para la obtención efectiva de las ondas superficiales o Rayleigh y ondas de compresión u ondas P del terreno, enfocados a zonas urbanas con tráfico vehicular.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Cuando ocurre un sismo se producen dos tipos importantes de ondas elásticas que se propagan por el medio: las ondas de volumen y las ondas superficiales.

En cuanto a las ondas de volumen, éstas viajan por el interior de la tierra, poseen poco poder destructivo y son las que transmiten los movimientos o temblores preliminares del terremoto. Las ondas de volumen están compuestas por las ondas P o primarias y las ondas S o secundarias.

Las ondas P, primarias, longitudinales o compresionales, se definen como vibraciones donde las partículas sólidas se mueven en el mismo sentido en que se propagan las ondas con velocidades de entre 3 y 13,6 km/s (en función del medio). Éstas son de mayor velocidad y se propagan en cualquier medio.

Las ondas S, secundarias, transversales o de cizalla presentan una velocidad menor que las de las ondas P. Producen un movimiento de las partículas del terreno perpendicular a la dirección de propagación de la onda, con velocidades comprendidas entre 3,7 y 7,2 km/s. Éstas no alteran el volumen ni se propagan a través de fluidos.

En el momento en que las ondas sísmicas internas llegan a la superficie, se produce interferencia de las ondas P y las ondas S, produciéndose las ondas superficiales. Estas ondas son más lentas que las ondas de volumen, pero su amplitud es mayor, siendo estas ondas las que causan mayores daños a las estructuras. Se distinguen dos tipos:

- Ondas Love, o "L": que al propagarse producen un movimiento horizontal de corte o cizalla. Su velocidad de propagación es del orden de un 90% de la velocidad de las ondas S.

5 - Ondas Rayleigh: producen un movimiento elíptico retrógrado (en sentido contrario a la propagación) en el terreno. La velocidad de propagación es casi un 70% de la velocidad de las ondas S. Estas ondas presentan varias características principales, especialmente en la aportación de información relevante en el estudio sísmico de una zona. A continuación se describen algunas de las más importantes:

- 10
1. Las ondas Rayleigh se transmiten por la superficie del terreno, afectando así a un rango de profundidad que es proporcional a su longitud de onda.
 2. Su amplitud vertical disminuye con la profundidad, y el movimiento de la partícula asociado a ellas es de tipo elipsoidal, con el eje mayor en disposición vertical y en el
 - 15 sentido de avance del frente de ondas.
 3. Son más fáciles de generar y registrar que las ondas Love.
 4. Más de 2/3 de la energía sísmica generada es impartida en forma de ondas Rayleigh.

Estas ondas sísmicas superficiales pueden ser generadas de muy diferentes maneras:

20 terremotos, explosiones, golpeo del suelo con una fuente de impacto, ruido ambiental, etc.

La evaluación de la rigidez de los materiales superficiales ha sido una de las tareas de importancia crítica en muchas obras de ingeniería civil. Éste es el objetivo principal de la caracterización geotécnica. En el método de propagación de ondas, las medidas de la

25 velocidad sísmica a diferentes profundidades y el perfil de rigidez (cambios de rigidez con la profundidad) se pueden obtener a partir de los datos de velocidad medidos. Los perfiles de rigidez se expresan a menudo por la velocidad de ondas que cambian con la profundidad debido a que éstas son proporcionales al módulo de cizalla que es un indicador directo de la rigidez.

30 En cuanto a la densidad de los suelos superficiales, éstos cambian un poco con la profundidad por lo que, generalmente, se asume como hipótesis inicial que la densidad sea constante en las diferentes capas del terreno. La velocidad de fase no solo está en función de la velocidad de las ondas S, sino también que depende de la velocidad de las ondas P, aunque su

35 contribución es menor. Con las velocidades de onda S y P disponibles, se pueden conseguir todos los módulos de elasticidad y los parámetros que caracterizan el subsuelo. La velocidad

de fase de las ondas Rayleigh están en función de la frecuencia y de los siguientes cuatro parámetros: La velocidad de ondas S, la velocidad de ondas P, la densidad y el espesor de las capas.

5 En general, los métodos geofísicos consisten en pruebas realizadas a una determinada zona para la caracterización geotécnica del terreno. Estos pueden ser considerados como métodos complementarios de reconocimiento, debiendo estar acompañados por prospecciones directas como sondeos y de esa manera comprobar los resultados. Debido a su rapidez y economía se utilizan para la investigación de grandes áreas.

10 El método MASW (“Multichannel Analysis of Surface Waves”) puede encontrar varios tipos de aplicaciones en la ingeniería civil, ya que es un método rápido para evaluar sistemas de pavimentos en forma continua y para determinar anomalías en zonas subterráneas, tales como huecos o zonas débiles en donde se pretende construir.

15 Una de las aplicaciones más importante del método MASW es la adquisición del coeficiente de Poisson (σ) para zonas superficiales, el cual representa uno de los parámetros claves en la mayoría de los proyectos geotécnicos. Éste está usualmente asociado con la integridad de los materiales. Sísmicamente, el valor de σ puede ser determinado si la velocidad de las ondas P, (llamada V_p) y la velocidad de onda S, (V_s) son conocidas. La expresión matemática que define este concepto es la siguiente:

$$\sigma = (V_p/V_s)^2 - \frac{2}{2(V_p/V_s)^2 - 2}$$

25 Los estudios de ondas P y ondas S para obtener V_p y V_s resultan, por lo general, costosos en términos de equipo, procesamiento de datos y tiempo de ejecución. Hay que destacar que, en el estudio de las ondas S, es generalmente más difícil de adquirir datos de buena calidad que en el estudio de las ondas P.

30 A continuación, se presentan diversos módulos y constantes del terreno, que es posible determinar a partir del conocimiento de las velocidades V_p , V_s y la densidad volumétrica ρ del terreno:

| Fórmula | Módulos y Constantes |
|---|------------------------------|
| $\sigma = (v_p/v_s)^2 - \frac{2}{2(v_p/v_s)^2 - 2}$ | Relación de Poisson |
| $G = \rho v_s^2$ | Módulo cortante o de cizalla |
| $E = \frac{[3v_p^2 - 4v_s^2]}{(v_p/v_s)^2 - 1}$ | Módulo de Young |
| $K = \rho \left[v_p^2 - \left(\frac{4}{3}\right)v_s^2 \right]$ | Módulo de compresibilidad |
| $\lambda = \rho [v_p^3 - 2v_s^3]$ | Constante de Lamé |

La obtención de V_p a través del método de tomografía sísmica presenta múltiples ventajas, relacionadas con en el grado de detalle que es posible obtener mediante su aplicación. Además, dicho método no está limitado ante la presencia de capas de baja velocidad, fuertes gradientes laterales o elevados buzamientos en el terreno analizado.

La tomografía sísmica se basa en la inversión de residuos (diferencia entre tiempos de recorridos de ondas P observados y teóricos). El proceso de inversión es un proceso iterativo, en el que un modelo inicial se actualiza hasta dar lugar al modelo final.

Otra ventaja de la tomografía sísmica es la posibilidad de determinar, de forma cuantitativa (valor del mínimo de los residuos) y cualitativa (a través de la distribución espacial de los rayos dentro del modelo), el grado de certeza de las soluciones alcanzadas, lo cual es muy útil a la hora de realizar la interpretación del modelo.

Al medir las ondas superficiales tipo Rayleigh se puede describir la variación de la velocidad de cizalla (V_s) con respecto a la profundidad, obteniendo un perfil de V_s . Las ondas Rayleigh son del tipo de ondas superficiales generadas con más eficacia en todo tipo de levantamientos sísmicos de superficie y se generan cuando una fuente de impacto (un martillo por ejemplo) golpea el suelo. Generalmente estas ondas toman alrededor del 70% de la energía sísmica total. Las ondas Rayleigh presentan una propiedad importante llamada propiedad de dispersión, la cual muestra los diferentes módulos de elasticidad de los materiales superficiales del terreno. Basado en esto conceptos, se establece que las diferentes longitudes de ondas tienen diferentes velocidades de propagación y diferente profundidad de penetración. Concretamente, es conocido que las longitudes de ondas cortas tienen poca profundidad de penetración, mientras que las más largas tienen mayores profundidades de penetración. En cuanto a la velocidad de propagación para cada longitud de onda, llamada velocidad de fase, esta viene dada principalmente por el promedio de la velocidad de onda de cizalla sobre la profundidad de penetración del terreno. Es decir, que las ondas se atenúan con la profundidad

y se propagan dispersivamente cuando hay variación de la velocidad en los medios de propagación. Ello permite deducir que, efectivamente, las pequeñas longitudes de ondas están influenciadas por las características sísmicas (principalmente la velocidad de la onda de cizalla, V_s) de las zonas más superficiales.

5

En los estudios de microzonificación sísmica, la velocidad de cizalla a 30 m de profundidad (V_{s30}) representa el parámetro fundamental en la clasificación de los suelos, permitiendo caracterizar de manera confiable sus propiedades dinámicas. Con la microzonificación se persigue caracterizar la amenaza sísmica a la que una zona está expuesta. Es por esto que surge la necesidad de establecer un sistema metodológico que permita la adquisición de las ondas superficiales en avenidas con alto tráfico vehicular, densidad de cruces, calzadas peatonales, etc., con el menor impacto y agresión a la integridad de la calzada y asfalto permitiendo así la obtención de los perfiles de velocidades de cizalla y velocidades de ondas principales mediante la aplicación de técnicas geofísicas, especialmente en los métodos de prospección sísmica (REMI, MASW, etc.). A estos datos sísmicos se les exige que sean obtenidos con alto rendimiento y alta calidad (cociente señal/ruido alto). Para la aplicación de estas técnicas es necesario invertir mucho tiempo, donde la mayor parte se consume en el replanteo de los geófonos, protección de los cables y el desplazamiento de la instrumentación asociada a la técnica. Además del tiempo, otro problema son los costes asociados a la generación de mapas regionales de V_p , V_s y V_{s30} . Estos parámetros resultan especialmente relevantes para el control de regiones con alto riesgo sísmico.

10
15
20

Para la obtención de las ondas superficiales, usualmente se utiliza un dispositivo conocido en el estado de la técnica como "Land Streamer", el cual surge de la idea de la industria sísmica marina con los sistemas "Marine Streamer", que consisten en hilos de hidrófonos remolcados detrás de los barcos. El Land Streamer podría describirse de la misma manera que el Marine Streamer, pero con aplicación directa en el terreno, es decir, que el Land Streamer consiste en un conjunto o arreglo de geófonos, dispuesto de forma tal que se acoplan al suelo o pavimento.

25

En la actualidad, la construcción de los sistemas Land Streamer varía según las necesidades funcionales de los mismos, en algunos casos algunos se destacan por la robustez de la capa protectora de los cables sísmicos, mientras que otros se caracterizan por poder cambiar fácilmente la separación entre geófonos.

30

A continuación se definen algunos Land Streamer que se utilizan actualmente:

35

a) El instituto de geofísica de la Escuela Federal de Tecnología de Zúrich (ETHZ) en Suiza cuenta con un Land Streamer con características de auto orientación para los geófonos y robustos cables sísmicos.

5 b) La empresa Cowi en Dinamarca, cuentan con un Land Streamer de longitud de 200 m de largo y está equipado con 95 geófonos, este presenta el inconveniente de que es muy largo para trabajar en zonas urbanas muy congestionadas y con rotondas, cruces, pasos peatonales, etc.

10 c) El Servicio geológico de Kansas (KGS) en Estados Unidos cuenta con un Land Streamer en el cual los geófonos están montados dentro de un trozo de manguera de incendios, en el cual los geófonos se atornillan a una base de tres puntas que facilita que el Land Streamer se arrastre por la superficie. La manguera protege el cable, reduce el ruido de remolque, aísla cada receptor, y además es lo suficiente fuerte como para ser tirada por un tractor.

15 d) La empresa Tyrens en Suecia, cuenta con un Land Streamer formado por 24 canales con un simple diseño, el cual consiste en un conjunto de geófonos estándar de 4,5Hz, estos van montados sobre una placa de metal (peso aproximado de 4kg) con espaciamiento de 1m, conectado a una banda de fibra sintética. Nuestro sistema de adquisición presenta la ventaja de que podrían utilizarse geófonos de 28Hz los cuales son de menor coste, por lo tanto más asequible en el mercado.

20

Los Land Streamer descritos anteriormente presentan diferentes inconvenientes, tales como:

25 - Dificultad en la utilización de estos sistemas en zonas de alto tráfico vehicular, áreas donde las avenidas no pueden ser cortadas debido al impacto negativo que ocasionaría en la economía diaria de esta zona.

- Algunos de estos Land Streamer no se han diseñado para trabajar en zonas urbanas de tráfico denso y multitud de cruces y rotondas, y el diseño del patín al disponer de cuchillas podría dañar el tipo de pavimento, ya que están pensados para clavarse en terreno blando.

30

- La mayor parte de los sistemas descritos anteriormente, son sistemas compuestos por equipos caros que impiden el acceso a dichos sistemas a empresas de consultoría geofísica.

35 - Las fuentes sísmicas han sido desarrolladas para casos o situaciones particulares, siendo fuentes que no se disponen habitualmente de ellas, salvo encargo, para su fabricación, además también son caras y por ello de difícil acceso a las mismas.

- El proceso de adquisición de V_P y V_S debe hacerse por separado, lo que supone mayor inversión de tiempo y dinero.

5 Para ello, la presente invención se centra en una propuesta de un sistema metodológico integral, viable económica y técnicamente, basado en la adquisición de ondas superficiales, u ondas Rayleigh, y ondas de compresión, u ondas P, en zonas urbanas que permite solucionar los problemas técnicos antes citados, y que presenta una alta rapidez en la adquisición de datos sísmicos, llegando a doblar la cantidad de perfiles realizados frente a otros dispositivos
10 conocidos.

BREVE EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

Un objeto de la presente invención es la obtención de soluciones técnicas integrales para la adquisición de datos sísmicos producidos por ondas superficiales tipo Rayleigh y ondas de compresión u ondas P de forma rápida y efectiva en zonas urbanas de alto tráfico vehicular (por ejemplo zonas donde existen cruces, rotondas, pasos peatonales, etc.). Dicho objeto de la invención se obtiene mediante un sistema, basado en medios para: a) la adquisición de ondas superficiales tipo Rayleigh con la aplicación de métodos sísmicos para la adquisición de perfiles V_S mediante el método MASW y adquisición de ondas de compresión u ondas P para la adquisición de perfiles V_P mediante el método de tomografía eléctrica todo ello combinado en un Land Streamer de nuevo diseño; y b) la adquisición de ondas superficiales, u ondas Rayleigh, y ondas de compresión, u ondas P, con la aplicación de métodos sísmicos utilizando un Land Streamer con placas metálicas ajustadas a intervalos espaciales, permitiendo que el desplazamiento de los geófonos sobre la calzada se deslice fácilmente, evitándose la fuerza de fricción.
15
20
25

Para la consecución del objeto de la invención, se plantea, preferentemente, el uso de un carro penetrómetro movido por orugas como fuente sísmica para geófonos estándar, por ejemplo geófonos de 28Hz.
30

Esta opción metodológica convierte el sistema Land Streamer de la invención en un método fiable para la obtención de datos sísmicos de calidad en ausencia de ruido, lo que mejora la calidad de la interpretación y permite el registro de datos sísmicos de profundidades superiores a los 30m (requisito imprescindible para obtener valores V_{S30}). Estas profundidades no podrían alcanzarse utilizando geófonos de 28Hz y una fuente sísmica convencional como es el uso de
35

la maza sísmica. El sistema de la invención comprende, preferentemente, una disposición de 24 geófonos, separados 2 metros entre sí, con una longitud total de 46 metros que la hacen apta para abordar zonas urbanas. Este sistema se considera no invasivo al no dañar la calzada, pavimentos o mobiliario urbano, y no provoca ruidos o molestias sonoras a las personas próximas al área de estudio.

En una realización preferente del sistema para la adquisición de ondas superficiales y de compresión de la invención, el sismógrafo se ubica, disponiendo 12 canales a su derecha y 12 a su izquierda. Esta ubicación central del sismógrafo permite, además, colocar la fuente de alimentación para el sismógrafo y el ordenador que guarda la información de las ondas. Además, la invención cuenta con el uso de un motocultor, cuya función principal es tirar de la manguera en cuanto se haya realizado un perfil. La inclusión de este motocultor u otro dispositivo de arrastre en el sistema resulta de suma importancia, ya que permite el arrastre efectivo de las mangueras (las cuales tienen un peso considerable). Además, el uso de un motocultor como cabeza tractora es ventajoso entre otros sistemas de arrastre implementados y probados, por el hecho de que le imprime al sistema una velocidad adecuada para pararlo de forma efectiva sobre los puntos de estación, además de disponer de un par de arrastre suficiente para trasladar el sistema completo.

En una realización más en particular, se hace uso de un penetrómetro, para mejorar la profundidad, el cual tiene un peso de masa de 63,5kg y una altura de caída de la masa de 760mm, permitiendo generar ondas superficiales que serán recogidas con el sismógrafo. Además se cuenta con el desarrollo de una placa de ajuste para la parte inferior de la masa del penetrómetro que evita que, al momento de generar las ondas mediante golpeo del suelo, se dañe el pavimento. Esta placa de ajuste permite que el golpeo puntual que produce el penetrómetro se distribuya sobre dicha placa de ajuste y, de esa manera, que se distribuya al pavimento.

En una realización preferente de la invención, el sistema Land Streamer está compuesto preferentemente por una manguera de caucho, con un geófono dispuesto cada dos metros, montado en una placa de acoplamiento al terreno, la cual tiene dos bases cilíndricas a sus lados, pulidas en ambos extremos para que ésta pueda ser desplazada con facilidad, además de poseer anillas para que el cable sobrante de los geófonos sea atado en caso de ser necesario. Este diseño es importante porque permite el avance del Land Streamer en cualquier tipo de superficie, permitiendo un buen contacto con el subsuelo y no daña el pavimento.

El Land Streamer se enrolla en unos tambores, estos tambores han sido diseñados para un rápido y cómodo despliegue del sistema sin que sufran daños en las uniones de los cables al no obligar al cable a realizar curvados importantes durante el enrollamiento. Estos tambores son fácilmente desmontables, mejorando así el desplazamiento de éstos.

5

Adicionalmente, el sistema de la invención comprende, preferentemente, un carro especialmente diseñado de forma ergonómica para transportar toda la unidad de medida y registro, que el operador necesitará tener cerca y manejar durante la operación de adquisición de datos y avance: batería, sismógrafo, portátil, cables, conexiones, etc. Este carro, también
10 desmontable, se ha diseñado en base a las experiencias obtenidas durante las campañas de medidas, donde se ha buscado un sistema portable idóneo para cualquier superficie, ergonómico, accesible desde el punto de vista económico y desmontable para su fácil transporte.

15 Otras variantes de realización y ventajas de la invención, se reseñan en la descripción de los modos de realización de la misma, a continuación.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

20 Para una mejor comprensión de la invención, se incluyen las siguientes figuras:

En la figura 1 se aprecia una vista general de la invención.

25 En la figura 2 se muestra una vista de detalle de la zona de unión entre dos mangueras y una placa de golpeo.

En la figura 3 se representa una sección longitudinal de la manguera y placa de acoplamiento a la altura de un geófono.

30 Finalmente, la figura 4 muestra una vista lateral de un penetrómetro.

MODOS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

35 A continuación se pasa a describir de manera breve un modo de realización de la invención, como ejemplo ilustrativo y no limitativo de ésta.

La realización de la invención que se describe con apoyo de las figuras 1 a 4 consta de una manguera (1) arrastrada por un dispositivo de arrastre (2) (por ejemplo, un motocultor), a través de una cabeza de arrastre (3). La manguera (1) puede estar dividida en dos secciones (1a, 1b), con una unidad de medida y registro (4) en paralelo con ella y sustancialmente en su centro, para recibir las señales de ambas secciones (1a, 1b), o disponerse en una única sección, con la unidad de medida y registro (4) en uno de los extremos.

La manguera (1) puede ser del tipo utilizado en extinción de incendios, que resulta robusto y flexible a la vez. Así, en la figura 3 se muestra cómo la manguera (1) se aplana por su propio peso y tiene una altura mucho menor que su anchura, lo cual ayuda a evitar que se retuerza durante el desplazamiento.

Cada sección de la manguera (1) posee una serie de geófonos (5), normalmente hasta un total de 24 geófonos separados preferentemente 2 metros entre sí. Cada geófono (5) está montado en una placa de acoplamiento (6) al terreno que se describirá más adelante, formando grupos de geófonos (5), generalmente tres geófonos (5) por grupo.

Cada grupo de geófonos (5) está separado del contiguo por un corte en la manguera (1) en el que se fija una placa de golpeo (7), de caucho o metal normalmente, que será donde se generen las ondas P. Las placas de golpeo (7) se unirán a los tramos de manguera (1) contiguos por cadenas de unión (8)

Un cable principal (9) recorrerá cada sección (1a, 1b) de manguera (1) para llevar los datos de los geófonos (5) a la unidad de medida y registro (4). Como medida de protección, se dispondrá por dentro de la manguera (1), y en los tramos de corte (por ejemplo, a la altura de la placa de golpeo (7)) por dentro de un tubo de protección (10), que puede ser de media caña.

La placa de acoplamiento (6) del geófono (5) consta de una placa superior (6a) situada dentro de la manguera (1) y una placa inferior (6b) situada debajo, unidas entre sí por tornillos o pernos. Una de las dos placas dispondrá de un casquillo (11) con un roscado hembra correspondiente a un roscado macho en la base del geófono (5). Cuando el casquillo (11) se disponga en la placa inferior (6b), la placa superior (6a) poseerá un orificio pasante para el casquillo (11).

La placa inferior (6b) dispone igualmente dos bases cilíndricas (12), paralelas y pulidas en ambos extremos para formar un patín de deslizamiento de la placa de acoplamiento (6) sobre el terreno.

5 Para su montaje, se realiza un corte (13) de acceso en la parte superior de la manguera (1), para la introducción de la placa superior (6a) y el atornillado de la fijación a la correspondiente placa inferior (6b), apretando entre ambas la parte inferior de la manguera (1). Posteriormente se atornilla el geófono (5) en el casquillo (11) y finalmente se realiza una derivación del cable principal (9) al geófono (5).

10 La unidad de medida y registro (4), como se ha señalado, puede estar colocada en el centro, cuando el cable sísmico que forma el cable principal (9) así lo requiera, o en un extremo si el cable sísmico está fabricado en un solo tramo. Es de especial interés que esté acoplada a un carro para que posea la misma movilidad que el resto del sistema.

15 El carro se realizará de forma ergonómica, con los elementos del sistema accesibles, en especial el ordenador o sistema de toma de datos que podrán estar en la parte superior, junto al manillar o los medios de guiado. Así las mediciones se realizan más eficazmente, sin paradas superfluas.

20 Por su parte el tambor se diseña para la recogida de la manguera de forma rápida, y con un tamaño adecuado para introducirlo en varios tipos de medios de transporte: furgonetas, pickups, etc. mediante carretillas elevadoras si es necesario, desde donde se desplegará.

25 El tambor podrá comprender elementos radiales a modo de mangos para asistir en el giro de recogida o despliegue, y medios de anclaje para evitar que la manguera se desenrolle accidentalmente.

30 En funcionamiento, el dispositivo de arrastre mueve la manguera a la posición de medida y se procede a la emisión de ondas S y ondas P y la medida de la velocidad de ambas.

35 Como fuente de ondas S se dispone un penetrómetro (14) modificado mediante la adición de una placa de ajuste (14a) que evita el daño al pavimento, mediante la distribución del impacto en una superficie mayor. Normalmente este se situará unos metros tras el extremo final de la manguera (1).

La generación de las ondas P se realiza en la placa de golpeo, mediante un golpe de martillo en cada una de las placas existentes, que será detectado por los geófonos. Se generarían tantos perfiles como golpes diferentes se apliquen.

- 5 Por lo tanto es posible realizar secciones del subsuelo en continuo, mostrando directamente los parámetros geomecánicos, en vez de tener que realizar MASW para las ondas S y tomografía sísmica para las ondas P en dos momentos diferentes.

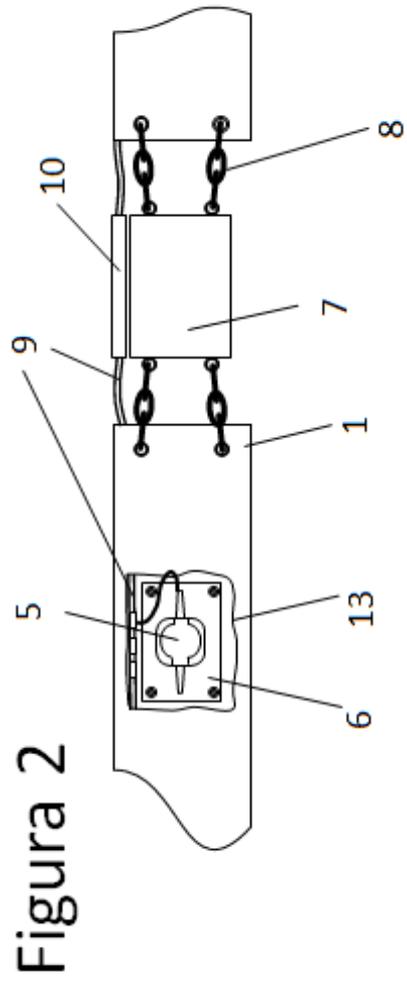
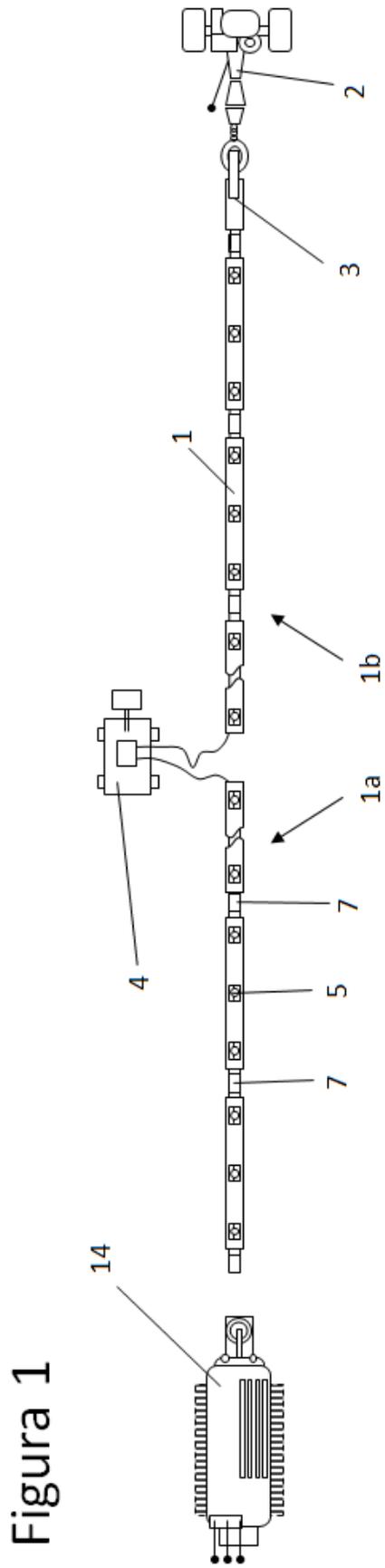
10 La invención propone, pues, un sistema novedoso, donde no solo se integran los dos métodos en uno, sino además con registro en continuo, es decir, la manguera permite ir desplazándose de un punto a otro sin necesidad de clavar los geófonos en el suelo con lo que ello implica de tiempo y de movilidad.

REIVINDICACIONES

- 5 1- Sistema combinado para la adquisición de ondas superficiales, u ondas Rayleigh, y ondas de compresión, u ondas P, y generación de perfiles V_P , V_S , y de factores geomecánicos del subsuelo **caracterizado por que** comprende una manguera (1) conectada a un dispositivo de arrastre (2), y equipada con una pluralidad de geófonos (5) conectados mediante un cable principal (9) a una unidad de medida y registro (4), **y por que** comprende una pluralidad de placas de golpeo (7) dispuestas e intercaladas entre los geófonos para la generación de las ondas de compresión u ondas P (5).
- 10
- 2- Sistema, según la reivindicación anterior, caracterizado por que la manguera (1) está dividida en dos secciones (1a, 1b), cada una con un cable principal (9) conectado a la misma unidad de medida y registro (4) dispuesta centralmente.
- 15 3- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende un tubo de protección (10) del cable principal (9) dispuesto en paralelo con cada placa de golpeo (7).
- 20 4- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el dispositivo de arrastre (2) es un motocultor.
- 5- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada geófono (5) dispone de una placa de acoplamiento (6) al suelo.
- 25 6- Sistema, según la reivindicación 5, caracterizado por que la placa de acoplamiento (6) está formada por una placa superior (6a) y una placa inferior (6b) que aprisionan la manguera (1), y por que la placa inferior (6b) comprende un patín.
- 30 7- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende un tambor de recogida de la manguera (1).
- 8- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el cable principal (9) recorre el interior de la manguera (1), salvo en la zona de los geófonos (5) donde se ha realizado un corte (13) a la manguera (1).

35

9- Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una fuente de ondas S formada por un penetrómetro (14) con una placa de ajuste (14a) en el extremo inferior de su masa.



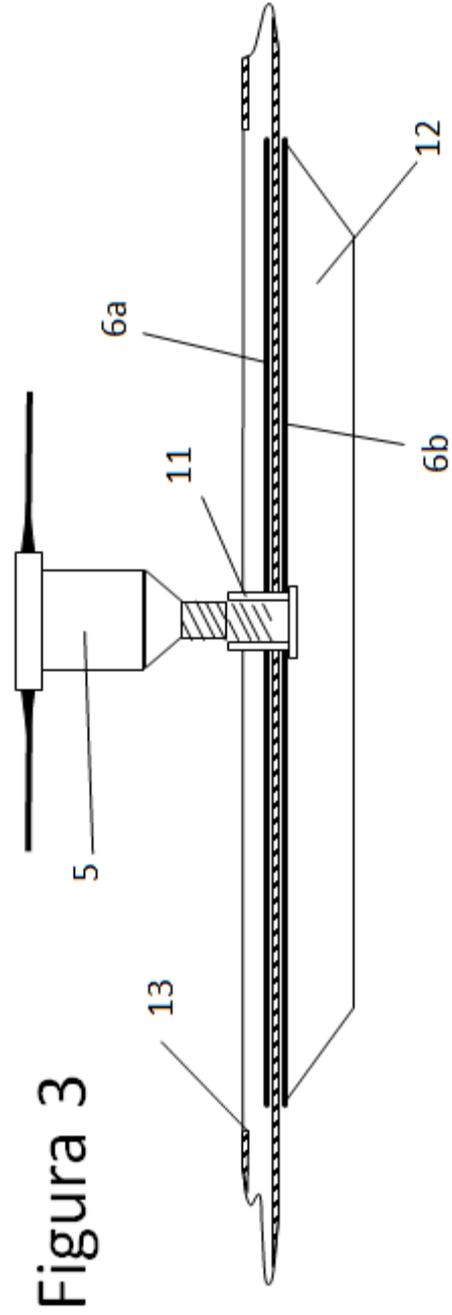
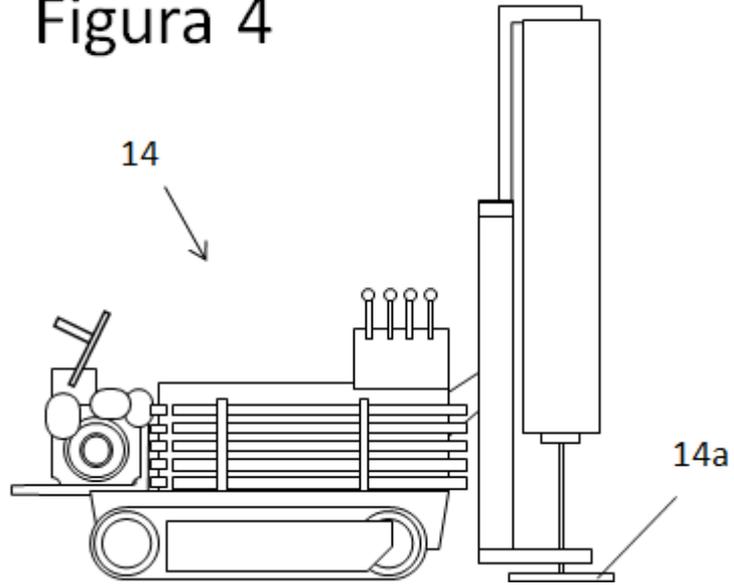


Figura 3

Figura 4





- ②① N.º solicitud: 201430234
②② Fecha de presentación de la solicitud: 21.02.2014
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01V1/20** (2006.01)
G01V1/147 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑤⑥ Documentos citados | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|--|----------------------------|
| A | US 3921755 A (THIGPEN BEN B) 25.11.1975, columna 3, línea 35 – columna 5, línea 14; figuras 1-6. | 1-9 |
| A | US 3930219 A (KOSTELNICEK RICHARD J) 30.12.1975, columna 2, línea 52 – columna 4, línea 50; figuras 1-4. | 1-9 |
| A | US 3934218 A (BABB JOHN J) 20.01.1976, columna 2, línea 48 – columna 7, línea 51; figuras 1-5. | 1-9 |
| A | EP 2594963 A1 (CGGVERITAS SERVICES SA) 22.05.2013, página 2, líneas 30-32. | 1-9 |
| A | WO 2009032996 A2 (UNIV CALIFORNIA et al.) 12.03.2009, párrafo [0033]. | 1-9 |
| A | US 2005249039 A1 (MILLER PATRICK F et al.) 10.11.2005, figuras 3-4. | 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
27.11.2014

Examinador
J. Cotillas Castellano

Página
1/4

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

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: 27.11.2014

Declaración

| | | |
|---|----------------------|-----------|
| Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986) | Reivindicaciones 1-9 | SI |
| | Reivindicaciones | NO |
| Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986) | Reivindicaciones 1-9 | SI |
| | Reivindicaciones | NO |

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 3921755 A (THIGPEN BEN B) | 25.11.1975 |
| D02 | US 3930219 A (KOSTELNICEK RICHARD J) | 30.12.1975 |
| D03 | US 3934218 A (BABB JOHN J) | 20.01.1976 |
| D04 | EP 2594963 A1 (CGGVERITAS SERVICES SA) | 22.05.2013 |
| D05 | WO 2009032996 A2 (UNIV CALIFORNIA et al.) | 12.03.2009 |
| D06 | US 2005249039 A1 (MILLER PATRICK F et al.) | 10.11.2005 |

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

Los documentos recuperados en la fase de búsqueda y citados en el Informe sobre el Estado de la Técnica, referidos a sistemas del tipo "land streamer", si bien presentan algunas similitudes con el sistema reivindicado, se diferencian en algunas características que hacen que el dispositivo reivindicado se considere nuevo y con actividad inventiva, según lo establecido en los Art. 6.1 y 8.1 de LP.

El documento D01 describe un sistema combinado para la adquisición de ondas superficiales y ondas de compresión que comprende (las referencias entre paréntesis corresponden a D01):

- Una manguera (10) conectada a un dispositivo de arrastre (14),
- equipada con una pluralidad de geófonos (32),
- conectados mediante un cable (38) a una unidad de medida y registro (39).

Este documento no describe, sin embargo, la utilización de una pluralidad de placas de golpeo dispuestas e intercaladas entre los geófonos para la generación de ondas P. Si bien la utilización de placas de golpeo es una técnica ampliamente conocida, como puede verse en los documentos D04 (página 2, líneas 30-32) o D05 (párrafo [0033]), no se especifica en ninguno de los documentos una configuración en la que dichas placas se dispongan intercaladas entre los geófonos. Esta diferencia comportaría diferentes efectos técnicos que se consideran ventajosos frente a la invención descrita en D01, como que el arrastre de la manguera permite mover a la vez tanto el conjunto de geófonos como las placas de golpeo, así como situar las placas de golpeo en la misma posición relativa respecto a los geófonos para todas las medidas.

Los documentos D02 y D03 también describen sistemas de adquisición de ondas superficiales y de compresión del tipo "land streamer", que cuentan con un dispositivo de arrastre y una manguera en la que se colocan varios geófonos conectados a una unidad de registro. Sin embargo, ninguno de los sistemas descritos en estos documentos comprende la pluralidad de placas de golpeo intercaladas entre los geófonos.

De este modo, en ninguno de los documentos citados se han encontrado presentes todas las características técnicas que se definen en la reivindicación independiente de la solicitud. Asimismo, se considera que las características diferenciales no parecen derivarse de una manera evidente de ninguno de los documentos citados ni de manera individual ni mediante una combinación evidente entre ellos.

Por todo lo anterior, se concluye que la reivindicación independiente 1, y por consiguiente, todas sus dependientes (reivindicaciones 2 a 9) satisfarían los requisitos de patentabilidad establecidos en el Art. 4.1 de la Ley 11/1986 de Patentes.