(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 995 857**

(51) Int. Cl.:

G01N 3/08 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.08.2018 PCT/FR2018/052063**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **21.02.2019 WO19034823**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.08.2018 E 18765957 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2024 EP 3669164**

(54) Título: **Penetrómetro estático de inyección**

(30) Prioridad:

18.08.2017 FR 1757733

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.02.2025

(73) Titular/es:

EQUATECH.R&D (100.00%)
6 Rue De L'Euro Pae Actigone 4Meythet
74960 Annecy, FR

(72) Inventor/es:

RIEGEL, PIERRE

(74) Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Penetrómetro estático de inyección

Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de la geotecnia y de la geología. Particularmente, se refiere a un dispositivo de medición de la resistencia a la penetración de un suelo, comúnmente denominado penetrómetro.

Antecedentes tecnológicos de la invención

La compacidad de los suelos se mide habitualmente, o bien en modo estático, o bien en modo dinámico, mediante un dispositivo de medición denominado penetrómetro. Un penetrómetro comprende habitualmente vástagos conectados extremo con extremo para formar un tren de vástagos en cuyo extremo está fijada una punta de medición, destinada a insertarse en el suelo a lo largo de profundidades que pueden alcanzar varias decenas de metros.

En modo estático, el tren de vástagos se empuja mediante cilindros, provocando la inserción progresiva de la punta de medición; esta última mide la resistencia de punta y eventualmente el rozamiento lateral con un manguito cilíndrico situado por encima de la punta. Estas medidas se registran de manera continua o discontinua según un paso regular. La medición estática de la resistencia a la penetración del suelo es sin duda la más precisa ya que se realiza directamente en la punta de medición, en el fondo del sondeo.

No obstante, este modo de medición estática se enfrenta a algunas dificultades. Cuando la resistencia del suelo es importante (suelos muy compactos), se vuelve muy complejo aplicar un empuje suficiente para generar la inserción de la punta. Por otro lado, cuando la punta de medición y el tren de vástagos se insertan varios metros, también debe vencerse el rozamiento ejercido por el suelo sobre el tren de vástagos por un fuerte empuje para continuar la inserción. Se produce como resultado que el peso, la potencia y la calidad del anclaje de las máquinas que accionan los cilindros algunas veces no son suficientes para garantizar en todas las circunstancias una medición en modo estático.

Por otro, lado, existe otro modo de medición denominado modo dinámico, basado en la inserción de la punta mediante batido del tren de vástagos. El batido se realiza haciendo caer una masa o martillo sobre un yunque insertando el tren de vástagos mediante sacudidas. Conociendo la energía liberada por la caída de la masa y conociendo la inserción por sacudida, se calcula la resistencia a la penetración del suelo, teniendo en cuenta diversos coeficientes de pérdida de energía. Este modo dinámico presenta una capacidad de penetración mayor que el modo estático, en particular en los suelos de alta compacidad. No obstante, sucede que la energía de golpe del batido es insuficiente para superar el rozamiento lateral del suelo sobre los vástagos.

El inconveniente principal de una medición en modo dinámico sigue siendo su gran imprecisión con respecto a una medición en modo estático; en efecto, una medición en modo dinámico sólo proporciona una información parcial de la resistencia del suelo en función de la profundidad, debido a la inserción por sacudida y, en general, la falta de disociación de la resistencia de la punta con respecto a los rozamientos laterales parásitos.

Algunos penetrómetros denominados estáticos dinámicos pueden trabajar en modo mixto dinámico y estático, cuando el modo completamente estático ya no es posible, normalmente en presencia de capas de suelo que presentan una alta compacidad, volviéndose la resistencia a la penetración demasiado importante.

Se conoce concretamente el documento EP2535460, que describe un dispositivo que comprende un vástago de medición terminado por una punta de medición, un tubo de protección dispuesto alrededor del vástago de medición, medios de descenso y de subida para realizar la inserción en el suelo en modo estático, medios de golpeo para realizar la inserción en el suelo en modo dinámico y medios de medición para determinar la resistencia a la penetración del suelo. La construcción particular de este dispositivo permite aislar la inserción dinámica del tubo de protección exterior, de la toma de medición estática de la resistencia en la punta y del rozamiento lateral a través del vástago de medición interior. Por tanto, el vástago de medición no experimenta los esfuerzos mecánicos ejercidos por los medios de golpe y la toma de medición puede realizarse en modo estático.

No obstante, este dispositivo no aporta una solución al problema de los rozamientos entre el suelo y el tubo dispuesto alrededor del vástago de medición, que pueden alcanzar varias toneladas por metro cuadrado en el caso de terrenos “pegajosos”. Los medios de descenso, de subida y de batido en este dispositivo deben dimensionarse para desarrollar fuerzas superiores a la resistencia del suelo y a estos rozamientos parásitos.

El documento FR2650011 propone un penetrómetro que puede usarse durante operaciones de sondeo y un procedimiento para la liberación de dicho penetrómetro cuando se bloquea a lo largo de estas operaciones.

Objeto de la invención

Un objetivo de la presente invención es proponer una solución a los inconvenientes del estado de la técnica, en particular un penetrómetro estático de inyección, de puesta en práctica sencilla, que permita mediciones precisas y continuas de la compacidad de un suelo, y liberándose de las fuerzas de rozamientos laterales en el tren de tubos/vástagos.

Breve descripción de la invención

La invención se refiere a un penetrómetro para la medición en modo estático de la resistencia a la penetración de un suelo que comprende al menos un vástago central terminado en un primer extremo por una punta de medición y al menos un tubo hueco que rodea el vástago central y en cuyo interior está adaptado para deslizarse este último.

El tubo hueco del penetrómetro según la invención comprende:

- una primera parte que comprende al menos una junta de estanqueidad entre su pared interna y el vástago central,
- una segunda parte que presenta un diámetro inferior al de la primera parte, y en cuyo interior está destinado a inyectarse un fluido;
- al menos un orificio de expulsión situado entre la primera y la segunda parte, estando dicho fluido destinado a salir por el orificio de expulsión.

Según otras características ventajosas y no limitativas de la invención, tomadas solas o según cualquier combinación técnicamente realizable:

- el penetrómetro comprende un sistema de inyección para la introducción del fluido en el interior de la segunda parte del tubo hueco;
- el fluido comprende agua pura o una mezcla de agua y de un bajo porcentaje de plastificante biodegradable de tipo polímero o de arcilla en suspensión;
- el eje central del orificio de expulsión forma un ángulo comprendido entre 30 y 60° con el eje del tubo hueco;
- el orificio de expulsión está constituido por una boquilla que permite regular el caudal del fluido;
- la junta de estanqueidad está constituida por una junta de labio;
- el vástago central y la primera parte del tubo hueco se han rectificado, de manera que presentan respectivamente diámetros exterior e interior con una precisión de +/- 50 micrómetros;
- la primera parte del tubo hueco se extiende a lo largo de al menos 2 metros por encima de la punta de medición del vástago central.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la siguiente descripción detallada haciendo referencia a las figuras adjuntas, en las que:

- la figura 1 presenta un esquema de principio de la porción aguas abajo de un penetrómetro según la invención;
- la figura 2 presenta un esquema de principio de la porción aguas arriba de un penetrómetro según la invención.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere a un penetrómetro estático 100 para la medición en modo estático de la resistencia a la penetración de un suelo.

El penetrómetro estático 100 comprende un vástago central 1 terminado en un primer extremo por una punta de medición 11. A modo de ejemplo, podrá montarse una punta de medición bien conocida de tipo “Gouda” a nivel del primer extremo de dicho vástago central 1.

También comprende un tubo hueco 2 que rodea el vástago central 1. El diámetro interior del tubo hueco 2 y el diámetro exterior del vástago central 1 están adaptados para que este último pueda deslizarse libremente en el interior del tubo hueco 2.

El par formado por el vástago central 1 y el tubo hueco 2 está destinado a insertarse en el suelo, teniendo la punta 11 del extremo la función de medir la resistencia a la penetración del suelo. Para someter a prueba la resistencia del suelo a diversas profundidades, el par de vástago 1 y tubo 2 puede estar compuesto por varios segmentos de vástago y segmentos de tubo conectados extremo con extremo, para formar un tren de vástago 1/tubo 2, que puede insertarse en el suelo a lo largo de profundidades de varias decenas de metros.

A continuación en la descripción, se considerará que el penetrómetro está en situación de ensayo, es decir con el tren de vástago/tubo insertado en el suelo, la punta de medición 11 en el fondo.

Cualquier penetrómetro estático que comprenda medios mecánicos de inserción configurados para insertar el tren de vástago/tubo en el suelo, en este caso no se describirá un tipo particular de configuración para estos medios mecánicos. Permiten ejercer un empuje suficiente para insertar el tren de vástago/tubo y, cuando se termina el ensayo, ejercer una tracción para volver a subir dicho tren a la superficie. En general, un penetrómetro comprende una célula conectada al tren de vástago 1/tubo 2, destinada a permanecer por encima de la superficie y por medio de la cual va a aplicarse el empuje para la inserción por los medios mecánicos.

Para limitar la potencia requerida para la inserción y la subida del tren de vástago/tubo, el penetrómetro estático 100 según la invención presenta características particulares que van a describirse haciendo referencia a la figura 1 que presenta una porción aguas abajo del penetrómetro (es decir, la porción del lado de la punta de medición 11) y a la figura 2 que presenta una porción aguas arriba del penetrómetro (es decir, la porción del lado de la célula, por encima de la superficie).

En primer lugar, el tubo hueco 2 comprende una primera parte 21 de diámetro exterior d1 y una segunda parte 22 de diámetro exterior d2. El diámetro d2 de la segunda parte 22 es inferior al diámetro d1 de la primera parte 21.

La primera parte 21 del tubo hueco 2 constituye un “tubo de masa”, destinado a mantener un rozamiento lateral con el suelo a lo largo de la inserción. En efecto, en el caso de penetrómetros potentes, destinados a sondear profundidades importantes, el par de vástago/tubo puede alcanzar una masa del orden de 10 kg por metro lineal. Por tanto, según el tipo de suelo atravesado, el peso de un tren de vástago/tubo es susceptible de superar la resistencia de penetración de dicho suelo y, si no hay nada o hay muy poco rozamiento lateral contra el tubo hueco 2, generar una inserción “libre” y no controlada del tren de vástago/tubo, sin medición posible y con pérdida eventual de la totalidad o parte del tren de vástago 1/tubo 2.

Por tanto, en el penetrómetro estático 100 según la invención, una primera parte 21 del tubo hueco 2 (de diámetro d1), que actúa como tubo de masa, está prevista para mantener un rozamiento lateral con el suelo a lo largo de la inserción. La longitud de esta primera parte 21 se elige de manera que los rozamientos laterales entre la primera parte 21 y el suelo sean superiores al peso del tren de vástago/tubo previsto para el ensayo (dependiendo del número de segmentos puestos extremo con extremo y, por tanto, de la profundidad que va a investigarse). Por ejemplo, la primera parte 21 del tubo hueco 2 podrá extenderse a lo largo de 2 a 3 metros por encima de la punta de medición 11 del vástago central 1. Esta primera parte 21 del tubo hueco 2 puede estar compuesta por varios segmentos de tubo hueco 2, en función de la longitud de un segmento; cada segmento presenta un diámetro d1 y está enroscado en el segmento de tubo adyacente. De la misma manera, el vástago 1 en el interior de dichos segmentos de tubo 2 puede estar constituido por varios segmentos de vástago enroscados unos a continuación de otros.

La segunda parte 22 presenta un diámetro inferior al diámetro de la primera parte 21. A modo de ejemplo, la primera parte 21 del tubo hueco 2 presenta un diámetro exterior de 39 mm, es decir muy ligeramente superior al diámetro de la punta (38 mm), y la segunda parte 22 del tubo hueco 2 presenta un diámetro exterior de 32 mm.

La segunda parte 22 del tubo hueco 2 está configurada de manera que puede inyectarse un fluido 41 en su espacio hueco interior.

El tubo hueco 2 también comprende al menos un orificio de expulsión 23 situado entre la primera 21 y la segunda 22 parte. El orificio de expulsión 23 permite poner en comunicación el interior de la segunda parte 22 del tubo hueco 2 y el exterior. Por tanto, el fluido, inyectado en la segunda parte 22 del tubo hueco 2, está destinado a salir por dicho orificio 23. Ventajosamente, varios orificios de expulsión 23 están dispuestos en el tubo hueco 2 y distribuidos de manera regular a lo largo de su contorno exterior.

El fluido 41 que sale del (o de los) orificio(s) de expulsión 23 va a subir a lo largo de las paredes exteriores de la segunda parte 22 del tubo hueco 2: genera entonces un espacio anular exterior 50 entre dichas paredes exteriores y el suelo, lo cual va a limitar los rozamientos laterales entre la segunda parte 22 del tubo hueco 2 y el suelo a lo largo de la inserción.

La primera parte 21 y la segunda parte 22 del tubo hueco 2 se vuelven solidarias mediante enroscado. Las eventuales fugas de fluido 41 a nivel de la rosca pueden participar a la lubricación general del penetrómetro 100; y en la práctica, la presión de inyección aplicada para introducir el fluido 41 en el espacio hueco interior de la segunda parte 22 del tubo 2 presenta un flujo preponderante hacia los orificios de expulsión 23, manteniendo de ese modo la continuidad

del proceso de inyección. Según una variante, la unión entre las dos partes 21, 22 se vuelve estanca mediante interposición de una junta tórica, que permite limitar las fugas de fluido 41 a nivel de la rosca.

Ventajosamente, los orificios de expulsión 23 están constituidos por boquillas que permiten regular el caudal del fluido 41.

Preferiblemente, para favorecer la subida del fluido 41 hacia la superficie durante su salida del (o de los) orificio(s) de expulsión 23, el eje central del orificio 23, que se extiende a través de la pared del tubo hueco 2, forma un ángulo α comprendido entre 30 y 60° con el eje del tubo hueco 2 (figura 1).

Además, el tubo hueco 2 comprende al menos una junta de estanqueidad 24 entre la pared interna de la primera parte 21 del tubo hueco 2 y el vástago central 1. Esta junta de estanqueidad 24 tiene como función impedir el paso del fluido 41 en el interior de la primera parte 21 del tubo hueco 2 y evitar de ese modo que el fluido alcance el primer extremo del vástago central 1 y la punta de medición 11. La inyección de fluido 41 en las inmediaciones de la punta de medición 11 falsificará las mediciones de resistencia del suelo, concretamente modificando los rozamientos a nivel del manguito de dicha punta 11.

Preferiblemente, se colocan al menos dos juntas de estanqueidad 24 entre la pared interna de la primera parte 21 del tubo hueco 2 y el vástago central 1.

Según una realización ventajosa, el vástago central 1 y la primera parte 21 del tubo hueco 2 están rectificados, de manera que presentan respectivamente diámetros exterior e interior con una precisión de +/- 50 micrómetros, con el fin de limitar los rozamientos internos y mejorar la estanqueidad de la junta de estanqueidad 24. De este modo, puede(n) usarse eficazmente una (o varias) junta(s) de labio para evitar el paso del fluido 41 en el interior de la primera parte 21 del tubo hueco 2. En el caso de un vástago rectificado, los rozamientos entre la junta de labio 24 y el vástago central 1 son del orden del kilogramo, es decir, inferiores a los umbrales de precisión de la medición de resistencia a la penetración del suelo. Por tanto, la presencia de una o dos juntas de labio no modifica el deslizamiento del vástago central 1 hasta el punto de afectar a la precisión de la medición del penetrómetro estático 100.

Con el fin de inyectar el fluido 41, el penetrómetro estático 100 según la invención comprende un sistema de inyección 4 para la introducción del fluido 41 en el interior de la segunda parte 22 del tubo hueco 2 (figura 2). Tal como se mencionó anteriormente, el fluido 41 está destinado a continuación a salir por el o los orificios de expulsión 23.

La figura 2 ilustra una porción aguas arriba del penetrómetro 100 según la invención, destinada a permanecer por encima de la superficie del suelo, a nivel de la cual se inyecta el fluido 41. En particular, el fluido 41 se introduce, a presión, en una subparte 22' del tubo hueco 2 solidaria con la segunda parte 22. La subparte 22' está ventajosamente enroscada en la segunda parte 22, garantizándose la estanqueidad de esta unión 26 por la presencia de una junta tórica. Esta unión permite añadir segmentos de segundas partes 22 de tubo hueco 2 (y, en paralelo, segmentos de vástago central 1) a medida que se inserta el penetrómetro 100 en el suelo.

El sistema de inyección 4 para la introducción del fluido 41 en la subparte 22' comprende, por ejemplo, una pieza roscada, que comprende una tubería de inyección con válvula.

Al menos una junta de estanqueidad aguas arriba 25 está dispuesta entre la pared interna de la subparte 22' y el vástago central 1, para bloquear la circulación del fluido 41 hacia arriba del penetrómetro 100. Según una realización ventajosa, se usan dos juntas de estanqueidad aguas arriba 25 de tipo juntas de labio (figura 2).

Ventajosamente, el espacio anular de inyección interno entre el vástago central 1 y la pared interna de la subparte 22' (y de la segunda parte 22) del tubo hueco 2 es de 2 mm, permitiendo un flujo a presión del fluido 41 a lo largo de toda la longitud de dichas partes 22', 22.

El fluido de inyección 41 podrá consistir en agua pura o, más generalmente, en una mezcla de agua y de un bajo porcentaje de plastificante biodegradable de tipo polímero (Polyfor, Polygum, o equivalente), o de arcilla de bentonita en suspensión.

La viscosidad se mantiene bajo los umbrales necesarios para el correcto flujo a presión del fluido 41 en el espacio hueco interno del tubo 2.

En la práctica, cuando se pone en práctica el penetrómetro 100 según la invención, se realizan las siguientes etapas:

- el vástago 1 (con la punta de medición 11 en el fondo) y alrededor del mismo la primera parte 21 del tubo hueco 2 y después, a continuación, la segunda parte 22 del tubo hueco 2, se insertan en el suelo en modo estático o dinámico según la resistencia del suelo;

- el fluido 41, contenido en un depósito a presión, se introduce entonces mediante el sistema de inyección 4, con un caudal controlado, en el interior de la subparte 22' que se comunica con el interior de la segunda parte 22 del tubo hueco 2;

- la inserción del tren de vástago 1/tubo 2 en el suelo se continúa controlando la subida progresiva del fluido 41 por el espacio anular exterior 50 entre el suelo y la pared exterior de la segunda parte 22 del tubo hueco 2.

- A cada nuevo par de segmentos de vástago 1/tubo 2 añadido al tren (a nivel de la unión 26), se desconecta el sistema de inyección 4, liberando mediante una válvula la sobrepresión interna del tubo hueco 2.

- Al final del ensayo, generalmente se desconecta la inyección y se sube el tren de vástago/tubo por medio de cilindros.

- La presión puede mantenerse en la subida en el caso de suelos muy inestables o fluidos, para evitar los bloqueos y obstrucciones importantes de los espacios internos del tren de vástago/tubo.

El penetrómetro estático 100 de inyección según la invención podrá comprender ventajosamente las características del penetrómetro estático descrito en la solicitud FR1756819 presentada por el solicitante: en efecto, la medición del desplazamiento de la punta de medición 11 a lo largo de la inserción mediante este penetrómetro estático, basándose en principios mecánicos, es totalmente compatible con las características del presente penetrómetro estático 100 de inyección.

REIVINDICACIONES

1. Penetrómetro (100) para la medición en modo estático de la resistencia a la penetración de un suelo que comprende un vástago central (1) terminado en un primer extremo por una punta de medición (11) y un tubo hueco (2) que rodea el vástago central (1) y en cuyo interior está adaptado para deslizarse este último, estando el penetrómetro (100) **caracterizado por que** el tubo hueco (2) comprende:

   •una primera parte (21) que comprende al menos una junta de estanqueidad (24) entre su pared interna y el vástago central (1), extendiéndose la primera parte (21) del tubo hueco (2) a lo largo de al menos 2 metros por encima de la punta de medición (11) del vástago central (1),
   •una segunda parte (22), aguas arriba de la primera parte (21), que presenta un diámetro (d2) inferior al (d1) de la primera parte (21), y en cuyo interior está destinado a inyectarse un fluido (41);
   •al menos un orificio de expulsión (23) situado entre la primera (21) y la segunda (22) parte, estando dicho fluido (41) destinado a salir por el orificio de expulsión (23).

2. Penetrómetro (100) según la reivindicación anterior, que comprende un sistema de inyección (4) para la introducción del fluido (41) en el interior de la segunda parte (22) del tubo hueco (2).

3. Penetrómetro (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el fluido (41) comprende agua pura o una mezcla de agua y de un bajo porcentaje de plastificante biodegradable de tipo polímero o de arcilla en suspensión.

4. Penetrómetro (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el eje central del orificio de expulsión (23) forma un ángulo comprendido entre 30 y 60° con el eje del tubo hueco (2).

5. Penetrómetro (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el orificio de expulsión (23) está constituido por una boquilla que permite regular el caudal del fluido.

6. Penetrómetro (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la junta de estanqueidad (24) está constituida por una junta de labio.

7. Penetrómetro (100) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el vástago central (1) y la primera parte (21) del tubo hueco (2) se han rectificado, de manera que presentan respectivamente diámetros exterior e interior con una precisión de +/-50 micrómetros.

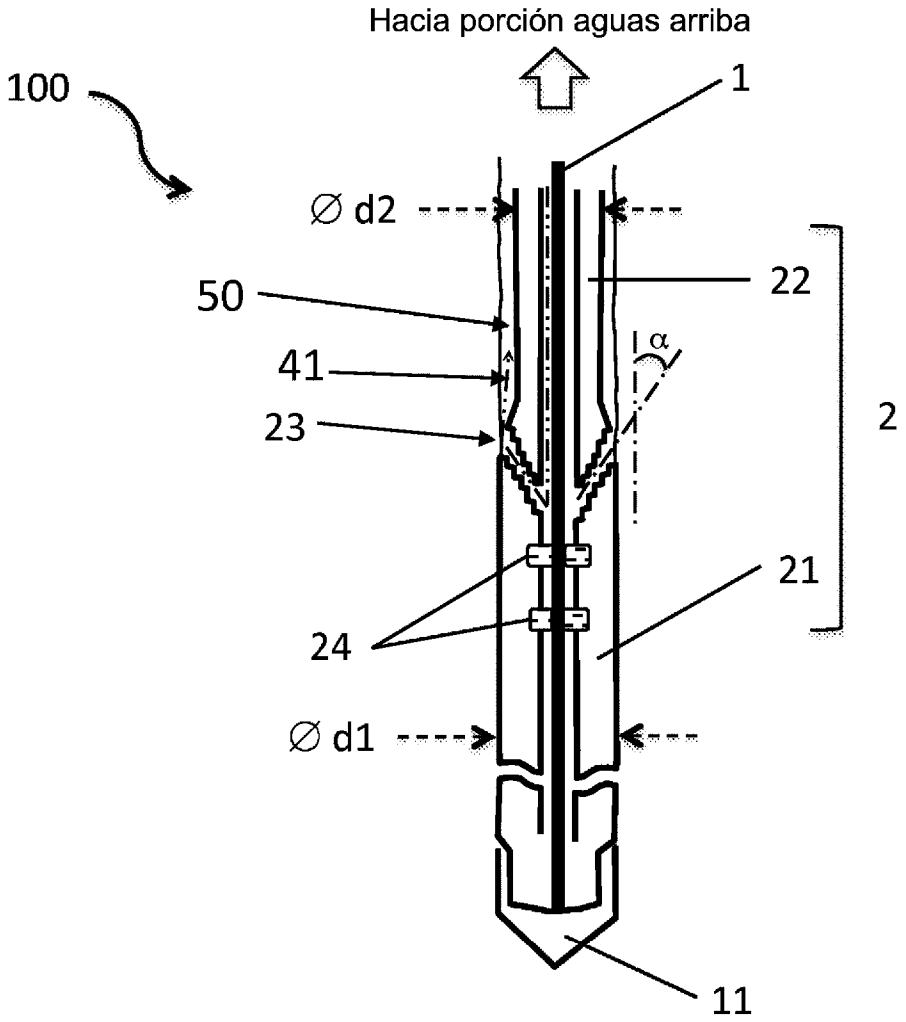

FIGURA 1

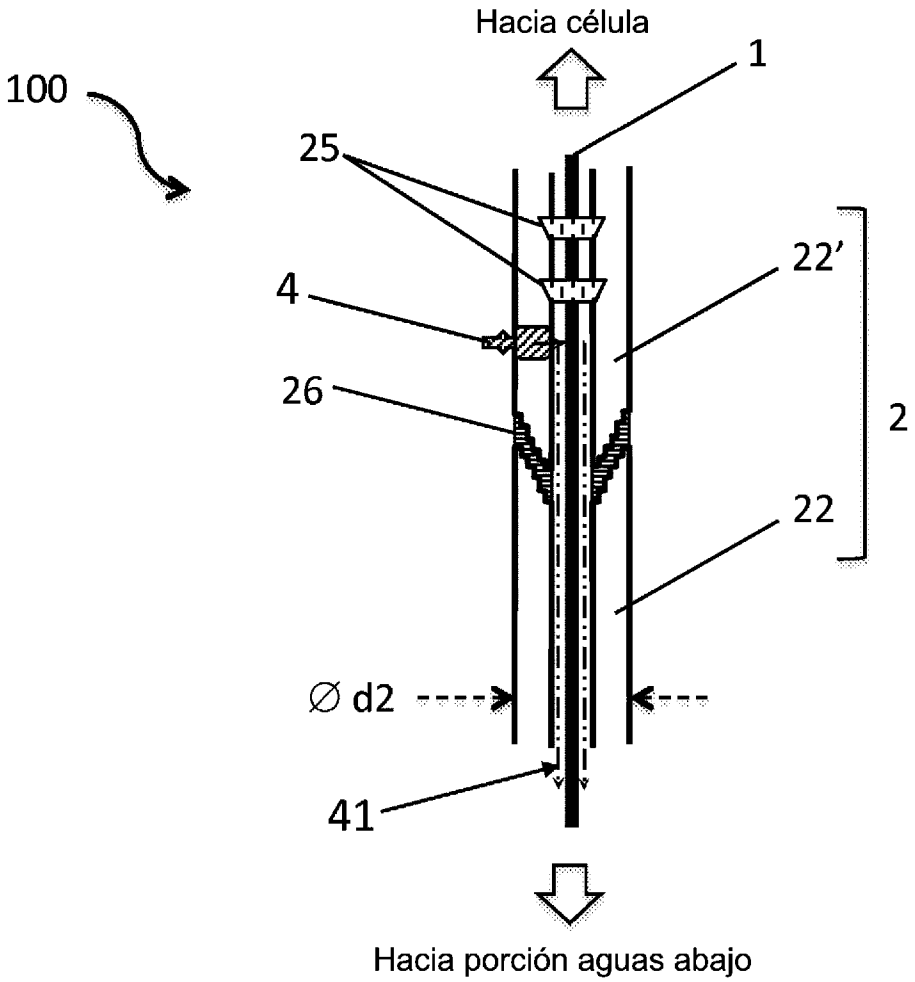
Hacia célula
100
1
25
22'
4
26
2
22
∅ d2
41
Hacia porción aguas abajo

FIGURA 2