

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 177**

51 Int. Cl.:

**G01N 33/24** (2006.01)

**E02D 1/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.04.2016 PCT/FR2016/050860**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016 WO16166477**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.04.2016 E 16733129 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 3283878**

54 Título: **Procedimiento de determinación de la presión intersticial en el sedimento marino y dispositivo correspondiente**

30 Prioridad:

**15.04.2015 FR 1553355**

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

**24.07.2020**

73 Titular/es:

**INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR  
L'EXPLOITATION DE LA MER (IFREMER)  
(100.0%)**

**155, rue Jean-Jacques Rousseau  
92138 Issy-les-Moulineaux Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**WOERTHER, PATRICE;  
JEGOU, PAUL;  
GUILLEMOT, ANNE;  
LE VOUREC'H, DAMIEN;  
LE PIVER, DAVID;  
FERRANT, ANTONY;  
COAIL, JEAN-YVES y  
ROUDAUT, MICKAEL**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 775 177 T3

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**

Procedimiento de determinación de la presión intersticial en el sedimento marino y dispositivo correspondiente

5 Campo técnico

La presente invención está relacionada con el campo de la geotécnica para la medición de la presión intersticial en el sedimento marino. La invención se refiere a un procedimiento de determinación de la presión intersticial en el sedimento marino a diferentes niveles de profundidad y a un dispositivo para implementar dicho procedimiento.

10

Estado de la técnica

Actualmente, existen unos dispositivos de medición de presión intersticial *in situ* en el sedimento marino. Se conoce, en concreto, el dispositivo, llamado piezómetro V2, desarrollado por el IFREMER para medir la presión intersticial y la temperatura en el sedimento marino a unas profundidades que van hasta 6.000 metros. Un dispositivo de este tipo se representa esquemáticamente en las figuras 1 a 3. Siendo las figuras unas representaciones esquemáticas, las proporciones de los elementos del dispositivo no se respetan necesariamente.

15

Con referencia a las figuras 1 y 2, este dispositivo, con referencia 1 en la figura 1, comprende sustancialmente una varilla instrumentada que se puede perder 2 y un lastre 3 y un módulo electrónico 4 ambos dos recuperables. El módulo electrónico y el lastre están dispuestos en el extremo superior de la varilla. La varilla 2 está equipada con una pluralidad de sensores de presión asociados a unas tarjetas electrónicas de adquisición de las mediciones y está destinada a estar hundida en el sedimento S de forma gravitacional por medio del lastre 3.

20

El módulo electrónico 4 comprende unos medios de almacenamiento para almacenar las mediciones de presión, unos medios de alimentación para alimentar de energía las tarjetas electrónicas asociadas a los sensores de presión, un ancho acústico para liberar el módulo electrónico y unos medios para hacerlo volver a subir a la superficie después de la fase de medición.

25

Igualmente, están previstos unos medios de desprendimiento (no representados) al nivel del lastre 3 para desconectarlo de la varilla después de la "plantación" de esta última en el sedimento.

30

La varilla 2 que se puede perder comprende una pluralidad de tramos de tubo 20 unidos entre sí por unos elementos de unión 21, un cono de penetración 22 en su extremo inferior para facilitar el hundimiento de la varilla en el sedimento y una falda 23 en su parte superior para evitar que la varilla se hunda completamente en el sedimento.

35

La varilla 2 está equipada, por otra parte, con sensores de presión 24 dispuestos al nivel de los elementos de unión 21, con tarjetas electrónicas asociadas 25 para la adquisición de los resultados de medición procedentes de los sensores de presión, con un bus digital de comunicación 26 para unir las tarjetas electrónicas 25 al módulo electrónico 4. Los tramos de tubo y los elementos de unión están conectados entre sí por atornillado o cualquier otro medio de unión.

40

La varilla está realizada de un material rígido para evitar que se deforme en el momento de su hundimiento en el sedimento. Los sensores de presión 24 están colocados a intervalos predefinidos, al nivel de los elementos de unión 21, a lo largo de la varilla. Estos son unos sensores diferenciales que miden la diferencia entre la presión hidrostática de una columna de agua unida a la interfaz agua/sedimento y la presión en el sedimento al nivel del sensor. A estos efectos, el extremo superior de la varilla 2 está abierto sobre el medio exterior, a saber, el medio marino, para que el agua pueda llegar hasta los sensores de presión.

45

En la figura 3 se muestra una vista esquemática parcial en corte de la varilla al nivel de un elemento de unión 21. El elemento de unión 21 se representa en trazo sombreado. Comprende una cavidad que desemboca sobre el medio exterior para recibir el sensor de presión 24. Este sensor comprende dos elementos sensibles 24a y 24b a la presión en sus dos extremos. Cuando la varilla está hundida en el sedimento, el elemento sensible 24a está en contacto con el sedimento mediante una piedra porosa 27. El otro elemento sensible, 24b, está en contacto con una columna de agua unida a la interfaz agua/sedimento (extremo superior abierto de la varilla). Para asegurar la continuidad de la columna de agua entre el extremo abierto de la varilla (presente al nivel de la interfaz agua/sedimento) y el elemento sensible 24b, el elemento de unión 21 está provisto de un canal interno 21a que atraviesa de parte a parte en el sentido vertical el elemento de unión. El elemento sensible 24b está en contacto con el agua presente en este canal interno.

50

Por otra parte, todos los circuitos electrónicos en el interior de la varilla, a saber, las tarjetas electrónicas 25, la parte electrónica de los sensores 24 y el bus digital de comunicación 26, están aislados de la parte de la varilla llena de agua y están dispuestos en una parte llena de aceite. A estos efectos, el elemento de unión 21 incluye otro canal interno, con referencia 21b, que atraviesa de parte a parte el elemento de unión y en el que están dispuestos la parte electrónica del sensor de presión 24, la tarjeta electrónica 25 asociada al sensor y el bus digital de comunicación 26.

60

Los canales internos 21b de los elementos de unión 21 sucesivos están conectados entre sí por unas tuberías flexibles 28 llenas de aceite. Están previstas unas juntas tóricas 29 en diversas ubicaciones del elemento de unión 21 para

65

asegurar la estanquidad entre el sedimento y el interior de la varilla, así como la estanquidad entre la parte de aceite y la parte de agua.

5 Con este dispositivo, el sensor de presión mide la diferencia entre la presión hidrostática de una columna de agua unida a la interfaz agua/sedimento (presión detectada por el elemento sensible 24b) y la presión en el sedimento al nivel del sensor (presión detectada por el elemento sensible 24a). Esta medición se transmite al módulo electrónico 4 mediante la tarjeta electrónica 25 y el bus digital de comunicación 26.

10 Este dispositivo presenta los siguientes inconvenientes. La longitud de la varilla de este dispositivo está actualmente limitada a 15 metros, debido a unas restricciones de tamaño de los aparatos de puesta en el agua y de recuperación del dispositivo. Por lo tanto, se está limitado a 6 o 10 sensores dispuestos a lo largo de la varilla.

15 Por otra parte, este dispositivo necesita un diámetro de varilla lo suficientemente grande como para recibir los sensores de presión diferencial, las tarjetas electrónicas, el bus digital de comunicación y las dos redes de líquido, a saber, la red de agua que encierra la columna de agua necesaria para la medición de presión diferencial y una red de aceite para la electrónica del sistema.

#### Resumen de la invención

20 Un objeto de la invención es proponer un procedimiento y un dispositivo de medición de presión intersticial que permite efectuar unas mediciones de presión a unas mayores profundidades en el sedimento teniendo al mismo tiempo un volumen reducido en el momento de su puesta en el agua.

25 A estos efectos, la invención se refiere a un procedimiento de determinación de la presión intersticial en el sedimento marino a diferentes profundidades, incluyendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

- hundir en el sedimento marino una varilla hueca equipada con una pluralidad de sensores de presión y de sensores de temperatura dispuestos a lo largo de la varilla, estando dicha varilla llena de líquido dieléctrico,
- 30 - medir por medio de los sensores de presión la presión en el sedimento con respecto a la presión del líquido dieléctrico en la varilla para una pluralidad de niveles de profundidad,
- determinar por medio de los sensores de temperatura la temperatura en la proximidad de los sensores de presión y
- 35 - determinar un valor real de presión intersticial para cada uno de los niveles de profundidad a partir de las mediciones de presión proporcionadas por los sensores de presión y las mediciones de temperatura proporcionadas por los sensores de temperatura.

40 De este modo, según la invención, la varilla está llena de líquido dieléctrico que puede ser aceite, los sensores de presión son unos sensores relativos adecuados para medir cada uno la presión en el sedimento con respecto a la presión del líquido dieléctrico en la varilla para un nivel de profundidad dado y los sensores de temperatura son adecuados para medir la temperatura del líquido dieléctrico en la proximidad de los sensores de presión. Esto permite utilizar unos sensores con un volumen reducido y suprimir la parte llena de agua (red de agua) de los dispositivos de la técnica anterior. La medición de presión ya no se realiza por una medición diferencial entre la presión en el sedimento y la presión de una columna de agua, como en los dispositivos de la técnica anterior. La supresión de la parte de agua (o red de agua) en la varilla y la utilización de sensores de presión relativos permite reducir el diámetro de la varilla y facilitar su combadura y su no combadura. La medición de temperatura permite corregir la medición de presión relativa o calcular los flujos de calor.

50 Según un modo de realización particular, los sensores de temperatura están presentes en el interior de la varilla para medir la temperatura del líquido dieléctrico al nivel de cada sensor de presión.

55 Según un modo de realización particular, la varilla está hundida en el sedimento marino con la ayuda de un penetrómetro de tambor, estando dicha varilla enrollada por combadura alrededor del tambor antes de hundimiento. Una vez puesto sobre el fondo marino, la varilla se desenrolla, luego, se endereza mecánicamente por el penetrómetro antes de estar hundida en el sedimento.

Según un modo de realización particular, el líquido dieléctrico es aceite.

60 La invención se refiere, igualmente, a un dispositivo de medición de presión intersticial en el sedimento marino que comprende:

- una varilla hueca llena de líquido dieléctrico y destinada a estar hundida en el sedimento marino,
- una pluralidad de sensores de presión dispuestos a lo largo de la varilla para medir la presión intersticial en el sedimento marino a diferentes profundidades,
- 65 - una pluralidad de sensores de temperatura dispuestos en la proximidad de los sensores de presión para medir la temperatura en la proximidad de los sensores de presión,

- una pluralidad de tarjetas de adquisición de las mediciones conectadas cada una a un sensor de presión y a un sensor de temperatura y un bus digital de comunicación para transmitir los datos de medición hacia el exterior de la varilla, estando dicha pluralidad de tarjetas de adquisición de medición y el bus digital de comunicación dispuestos en el interior de la varilla llena de líquido dieléctrico,

5 en el que los sensores de presión son unos sensores relativos y están dispuestos en la varilla para medir cada uno, para una profundidad dada, la presión en el sedimento con respecto a la presión del líquido dieléctrico en la varilla.

10 Según un modo de realización particular, los sensores de temperatura están presentes en el interior de la varilla para medir la temperatura del líquido dieléctrico al nivel de cada sensor de presión.

Según un modo de realización particular, la varilla incluye una pluralidad de tramos (120) ensamblados entre sí por unos elementos de unión (121) estancos.

15 Según un modo de realización particular, los tramos de tubo y los elementos de unión están realizados de un material dúctil, tal como acero inoxidable X2CrNiMo 17-12-2.

20 Según un modo de realización particular, la varilla incluye un sensor de presión y un sensor de temperatura por tramo de tubo o por elemento de unión.

25 Según un modo de realización particular, el líquido dieléctrico en el interior de la varilla es aceite. La invención se refiere, igualmente, a un sistema de medición de presión intersticial en el sedimento marino a diferentes niveles de profundidad, que comprende un dispositivo tal como se ha definido anteriormente y un penetrómetro para hundir la varilla en el sedimento marino, comprendiendo dicho penetrómetro un tambor alrededor del que está enrollada la varilla antes de hundimiento y unos medios de hundimiento de la varilla en el sedimento marino, siendo la varilla adecuada para enrollarse al menos una vez por combadura alrededor del tambor y desenrollarse del tambor y siendo dichos medios de hundimiento adecuados para desenrollar y enderezar mecánicamente la varilla del tambor, luego, hundirla en el sedimento marino.

30 La utilización de un penetrómetro de tambor y de una varilla adecuada para enrollarse por combadura alrededor de este tambor, luego, desenrollarse por no combadura permite alcanzar unas profundidades muy grandes en el sedimento teniendo al mismo tiempo un volumen reducido en el momento de la puesta en el agua del sistema.

35 Otras ventajas también podrán ponerse de manifiesto para el experto en la materia a la lectura de los ejemplos de más abajo, ilustrados por las figuras adjuntas, dados a título ilustrativo.

#### Breve descripción de las figuras

40 - La figura 1, ya descrita, es una vista de conjunto de un sistema de medición de presión intersticial en el sedimento marino según la técnica anterior;

- La figura 2, ya descrita, es una vista esquemática en corte de la varilla equipada con sensores de presión del sistema de la figura 1;

45 - La figura 3, ya descrita, es una vista en corte detallada de la varilla del sistema de las figuras 1 y 2 al nivel de un elemento de unión de la varilla;

- La figura 4 es una vista de conjunto de un sistema de medición de presión intersticial en el sedimento marino según la invención, antes de hundimiento de la varilla en el sedimento;

50 - La figura 5 es una vista de conjunto del sistema de la figura 4 después de hundimiento de la varilla en el sedimento;

- La figura 6 es una vista esquemática en corte de la varilla equipada con sensores de presión del sistema de las figuras 4 y 5; y

55 - La figura 7 es una vista en corte detallada de la varilla del sistema de las figuras 4 y 5 al nivel de un elemento de unión de la varilla.

#### Descripción detallada de la invención

60 Según la invención, la varilla instrumentada del sistema de medición de presión intersticial está diseñada para estar hundida en el sedimento con la ayuda de un penetrómetro de tambor, tal como el penetrómetro PENFELD. A estos efectos, los tramos de tubo y los elementos de unión de la varilla están realizados de un material dúctil para que la varilla se pueda combar, luego, enrollar alrededor del tambor del penetrómetro. Por otra parte, los sensores de presión empleados son unos sensores de medición relativa adecuados para medir la presión en el sedimento con respecto a la presión en una parte de la varilla llena de un líquido dieléctrico, tal como aceite.

En primer lugar, vamos a describir lo que es un penetrómetro de tambor y, más particularmente, el penetrómetro Penfeld. Un penetrómetro de este tipo se describe, por ejemplo, en el artículo titulado "Le pénétrètre Penfeld" ("El penetrómetro Penfeld") de J. Meunier, N. Sultan, P. Jégou, F. Harmegnies, SeatechWeek 2004, caracterización de los fondos, 21-22 de octubre de 2004.

El penetrómetro Penfeld es un equipo pesado desarrollado a principios de los años 2000 por Ifremer para efectuar unas mediciones geotécnicas sobre los fondos sedimentarios sumergidos que van de las zonas costeras poco profundas a las llanuras abisales de 6.000 metros de fondo. Es un artefacto operativo de investigación geotécnica de los suelos submarinos capaz de hundir a una velocidad constante una varilla continua de 36 mm de diámetro exterior.

El penetrómetro se deposita sobre el fondo marino con la ayuda de un cable de un barco y permanece ahí durante toda la duración de las operaciones de medición geotécnica o de despliegue de la varilla instrumentada. Habitualmente, se utiliza para hundir en el sedimento una varilla, de una sola pieza, provisto al nivel de su extremo inferior (o punta) de uno o varios sensores. La varilla está almacenada enrollada sobre un tambor de 2,25 m de diámetro, lo que permite obtener un artefacto cuyo volumen es reducido y está adaptado a las condiciones de transporte terrestre y marítimo. La varilla está enrollada alrededor del tambor según el método del "coiled tubing" ("tubería enrollada") que consiste en combar la varilla por deformación plástica. Para su hundimiento en el sedimento, la varilla se endereza plásticamente, luego, se empuja en el suelo.

Con referencia a la figura 4, el penetrómetro, con referencia 100, incluye someramente un marco 101 que soporta los diferentes elementos del penetrómetro y destinado a estar puesto sobre en el fondo marino, un tambor 104 que comprende un eje cilíndrico alrededor del que está enrollada la varilla 102 por combadura y un medio de hundimiento 105 de la varilla, llamado "inyector", que ciñe la varilla entre dos cadenas arrastradas por un motor, la desenrolla del tambor, la endereza por medio de rodillos y la hunde en el sedimento marino.

El peso del artefacto en el aire es de 93 kN. Su peso en el agua es de 65 kN. La reacción del suelo está limitada a 50 kN.

Según la invención, este penetrómetro se utiliza para hundir una varilla formada por una pluralidad de tramos de tubo ensamblados entre sí por unos elementos de unión y equipada con una pluralidad de sensores de presión y de temperatura dispuestos a lo largo de esta. Conociéndose que el penetrómetro hunde una varilla de una sola pieza que tiene unos sensores únicamente al nivel de su punta, la invención ha consistido en realizar una varilla tal como se ha citado anteriormente (formada por varios tramos de tubo) que pueda soportar al menos una operación de combadura y una operación de no combadura sin dañar los sensores y sin degradar la resistencia mecánica y la estanquidad de la varilla. La invención ha consistido, igualmente, en realizar una varilla que tiene un diámetro idéntico al de las varillas hundidas habitualmente por el penetrómetro Penfeld, a saber, un diámetro del orden de 36 mm, para no tener que modificar este último. Esta reducción de diámetro de la varilla se ha obtenido, en concreto, por la utilización de sensores de medición de presión relativa más compactos que los sensores de medición de presión diferencial habitualmente empleados.

Se describe un sistema de medición de presión intersticial de acuerdo con la invención con referencia a las figuras 4 a 7.

La figura 4, ya descrita parcialmente más arriba, es una vista de conjunto de un sistema de medición de presión intersticial de acuerdo con la invención antes de hundimiento de la varilla 102 en el sedimento. La varilla está enrollada, entonces, alrededor del tambor 103 del penetrómetro. La figura 5 representa la misma vista después de hundimiento de la varilla 102 en el sedimento marino.

La varilla 102 está compuesta por una pluralidad de tramos de tubo 120 ensamblados entre sí por unos elementos de unión 121 visibles en las figuras 4 y 5. Incluye una punta 122 en su extremo inferior. Los tramos de tubo 120 están conectados a los elementos de unión 121 por atornillado. A estos efectos, los extremos de tramo de tubo a ensamblar incluyen una rosca interior y los extremos de los elementos de unión una rosca exterior (roscas visibles en la figura 7).

La varilla está equipada con sensores de presión 124 distribuidos a lo largo de la varilla. En el ejemplo presentado, los sensores 124 están presentes al nivel de los elementos de unión 121. Según una variante, los sensores pueden estar dispuestos al nivel de tramos de tubo. La varilla incluye, igualmente, unos sensores de temperatura 129, estando un sensor de temperatura 129 dispuesto en la proximidad de cada uno de los sensores de presión 124.

La figura 6 es una vista esquemática en corte de la varilla 102 según la invención y la figura 7 es una vista parcial más detallada de esta varilla. La varilla hueca está llena de un líquido dieléctrico, tal como aceite H. Cada sensor de presión 124 y cada sensor de temperatura 129 está unido a una tarjeta electrónica de adquisición de las mediciones 125. En las figuras 6 y 7, estando la tarjeta electrónica 125 dispuesta en la proximidad del sensor de presión 124, el sensor de temperatura 126 está montado directamente sobre la tarjeta electrónica 125.

Las tarjetas electrónicas 125 están unidas a un módulo de almacenamiento de los datos (exterior a la varilla) por un bus digital de comunicación 126.

Las tarjetas electrónicas 125 y el bus digital de comunicación están presentes en la parte de aceite de la varilla.

Según un primer aspecto importante de la invención, los tramos de tubo 120 y los elementos de unión 121 están realizados de un material dúctil para que la varilla pueda enrollarse alrededor del tambor del penetrómetro y pueda desenrollarse durante la fase de penetración en el sedimento S. Durante las operaciones de combadura y de no combadura, la rosca de los tramos y de los elementos de unión puede deformarse. Sin embargo, la utilización de un material dúctil permite que la varilla conserve una buena resistencia mecánica y una estanquidad perfecta. Según un modo de realización particular, los tramos de tubo 120 y los elementos de unión 121 están realizados de acero inoxidable X2CrNiMo 17-12-2 (316L).

Según otro aspecto importante de la invención, los sensores 124 son unos sensores de medición de presión relativa adecuados para medir, para un nivel de profundidad dado, la presión en el sedimento con respecto a la presión del aceite en la varilla. Cada uno de los sensores está dispuesto en una cavidad transversal del elemento de unión 121 para poder estar en contacto, de un lado, con el sedimento S a través de una piedra porosa 127 y, del otro lado, con el aceite H presente en la varilla. A estos efectos, el elemento de unión incluye un canal interno, con referencia 121a, que atraviesa verticalmente y de parte a parte el elemento de unión y en el que están dispuestos la parte electrónica del sensor de presión 124, la tarjeta electrónica 125, el sensor de temperatura 129 y el bus digital de comunicación 126.

Están previstas unas juntas tóricas 128 en diversas ubicaciones del elemento de unión 121 para asegurar la estanquidad entre el sedimento y el interior de la varilla.

Los sensores 124 miden la presión en el sedimento con respecto a la ejercida por el aceite H sobre el sensor. El aceite utilizado es, por ejemplo, un aceite mineral.

Una vez efectuada esta medición, hay que aportar ahí una corrección para obtener el valor real de la presión intersticial en el sedimento. Esta corrección es función de la temperatura del medio al nivel del sensor. Según un modo de realización particular de la invención, se mide la temperatura del aceite en el interior de la varilla al nivel del sensor. A estos efectos, la tarjeta electrónica 125 está equipada con una sonda de temperatura 129 para medir la temperatura del medio en la proximidad del sensor. Como variante, se mide la temperatura del sedimento al nivel del sensor para determinar la corrección a aportar. En la práctica, la temperatura en el interior de la varilla y en el exterior de la varilla tiende a equilibrarse, lo que hace que la medición de la temperatura del aceite equivale a medir la temperatura del sedimento.

La corrección  $\Delta P$  a aportar a la medición de presión es la siguiente:

$$\Delta P = \rho_{\text{agua}} * g * h - \rho_{\text{aceite}} * g * h = (\rho_{\text{agua}} - \rho_{\text{aceite}}) * g * h$$

Donde

- $\rho_{\text{aceite}}$  designa la densidad del aceite para una temperatura y una presión dadas;
- $\rho_{\text{agua}}$  designa la densidad del agua de mar para una temperatura y una presión dadas;
- h designa la distancia entre el sensor y la interfaz agua / sedimento.

Para una medición efectuada a 50 metros debajo de la interfaz agua/sedimento a 15 °C, a escasa profundidad, la corrección  $\Delta P$  a aportar es igual a:

$$\Delta P = *g*h* (\rho_{\text{agua}} - \rho_{\text{aceite}}) = 9,81*50* (1,029-0,851) = 87,3 \text{ kPa.}$$

Este valor  $\Delta P$  debe agregarse al valor medido por el sensor.

Un sensor de medición de presión relativa presenta un volumen reducido con respecto a un sensor de medición diferencial. La utilización de un sensor de este tipo permite a la vez suprimir la parte de agua presente en los sistemas de la técnica anterior y reducir el diámetro de la varilla para que esté cerca de los diámetros de varilla con las que puede operar el penetrómetro Penfeld.

El modo de realización descrito más arriba se da a título de ejemplo. Es evidente para el experto en la técnica que se puede modificar, en concreto, en cuanto a la posición de los sensores de presión, de los sensores de temperatura y de las tarjetas electrónicas asociadas. Estos elementos pueden, por ejemplo, estar desplazados en los tramos de tubo 120.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de determinación de la presión intersticial en el sedimento marino a diferentes profundidades, incluyendo dicho procedimiento la siguiente etapa:
- hundir en el sedimento marino una varilla (102) hueca equipada con una pluralidad de sensores de presión (124) y de sensores de temperatura (129) dispuestos a lo largo de la varilla,
- 10 caracterizado por que, estando dicha varilla llena de un líquido dieléctrico, dicho procedimiento incluye, además, las siguientes etapas:
- medir por medio de los sensores de presión la presión en el sedimento con respecto a la presión del líquido dieléctrico en la varilla para una pluralidad de niveles de profundidad,
  - determinar por medio de los sensores de temperatura la temperatura en la proximidad de los sensores de presión
  - y
  - determinar un valor real de presión intersticial para cada uno de los niveles de profundidad a partir de las mediciones de presión proporcionadas por los sensores de presión y las mediciones de temperatura proporcionadas por los sensores de temperatura.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que los sensores de temperatura están presentes en el interior de la varilla para medir la temperatura del líquido dieléctrico al nivel de cada sensor de presión.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la varilla está hundida en el sedimento marino con la ayuda de un penetrómetro de tambor, estando dicha varilla enrollada alrededor del tambor antes de hundimiento.
- 25 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el líquido dieléctrico es aceite.
- 30 5. Dispositivo de medición de presión intersticial en el sedimento marino, comprendiendo dicho dispositivo:
- una varilla (102) hueca destinada a estar hundida en el sedimento marino,
  - una pluralidad de sensores de presión (124) dispuestos a lo largo de la varilla para medir la presión intersticial en el sedimento marino a diferentes profundidades,
  - una pluralidad de sensores de temperatura (129) dispuestos en la proximidad de los sensores de presión para medir la temperatura en la proximidad de los sensores de presión,
  - una pluralidad de tarjetas (125) de adquisición de las mediciones conectadas cada una a un sensor de presión y a un sensor de temperatura y un bus digital de comunicación (126) para transmitir los datos de medición hacia el exterior de la varilla,
- 35 caracterizado por que la varilla (102) está llena de líquido dieléctrico (H) y los sensores de presión son unos sensores relativos dispuestos en la varilla para medir cada uno, para una profundidad dada, la presión en el sedimento con respecto a la presión de del líquido dieléctrico en la varilla y por que dicha pluralidad de tarjetas de adquisición de medición y el bus digital de comunicación están dispuestos en el interior de la varilla llena de líquido dieléctrico.
- 40 6. Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado por que los sensores de temperatura están presentes en el interior de la varilla para medir la temperatura del líquido dieléctrico al nivel de cada sensor de presión.
7. Dispositivo según la reivindicación 5 o 6, caracterizado por que la varilla incluye una pluralidad de tramos (120) ensamblados entre sí por unos elementos de unión (121) estancos.
- 50 8. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado por que los tramos de tubo y los elementos de unión están realizados de un material dúctil, tal como acero inoxidable X2CrNiMo 17-12-2.
9. Dispositivo según la reivindicación 7 u 8, caracterizado por que la varilla incluye un sensor de presión y un sensor de temperatura por tramo de tubo o por elemento de unión.
- 55 10. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, caracterizado por que el líquido dieléctrico es aceite.
- 60 11. Sistema de medición de presión intersticial en el sedimento marino a diferentes niveles de profundidad, que comprende un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, caracterizado por que incluye, además, un penetrómetro (101) para hundir la varilla en el sedimento marino (S), comprendiendo dicho penetrómetro un tambor (104) alrededor del que está enrollada la varilla antes de hundimiento y unos medios de hundimiento (105) de la varilla en el sedimento marino, siendo la varilla adecuada para enrollarse al menos una vez por combadura alrededor del tambor y desenrollarse del tambor y siendo dichos medios de hundimiento adecuados para desenrollar y enderezar mecánicamente la varilla del tambor, luego, hundirla en el sedimento marino.
- 65

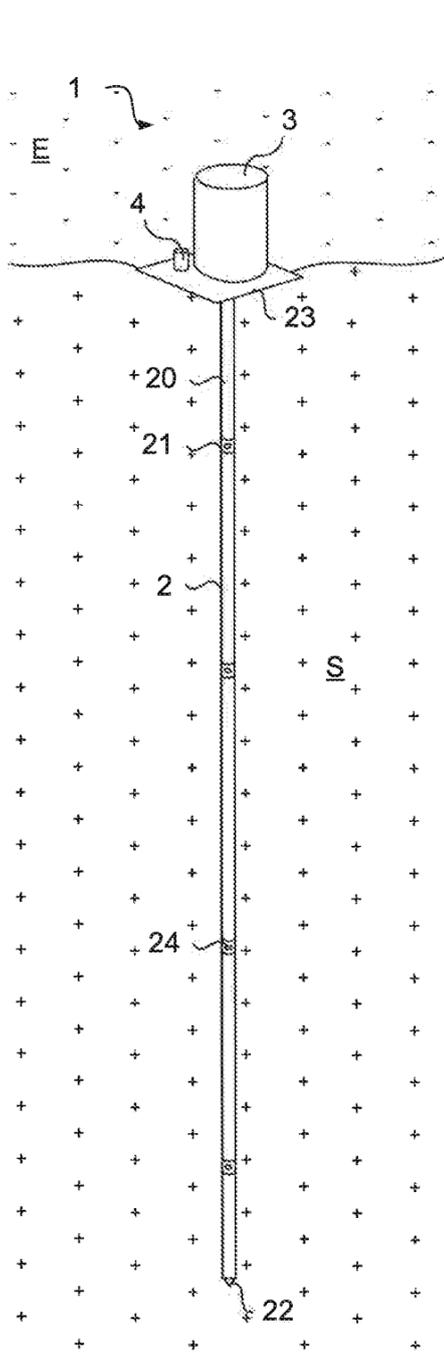


FIG.1  
(Técnica anterior)

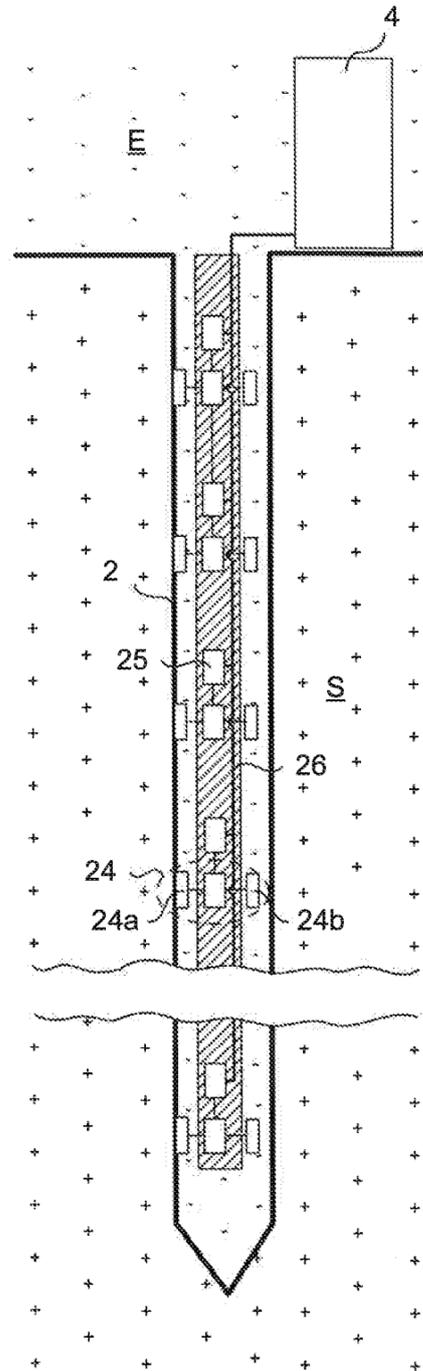
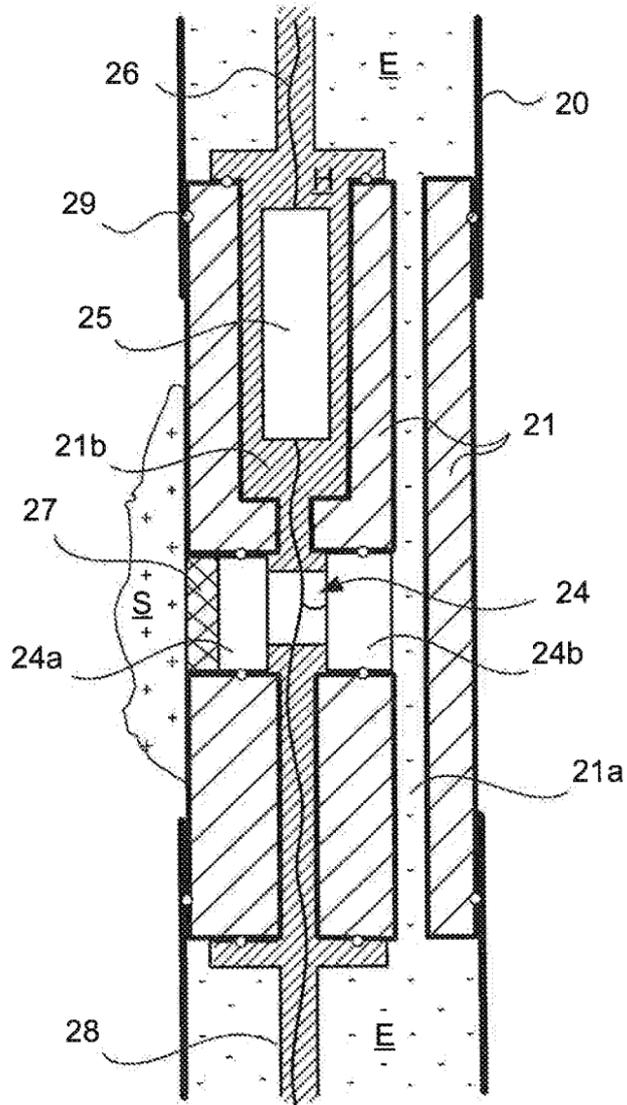


FIG.2  
(Técnica anterior)



**FIG.3**  
(Técnica anterior)

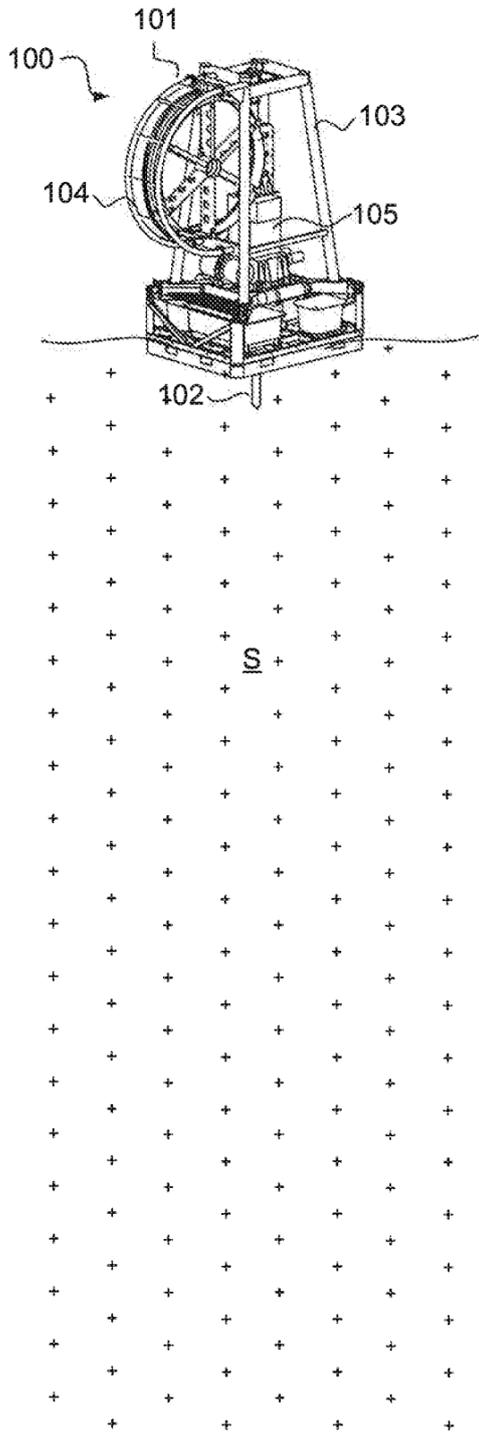


FIG. 4

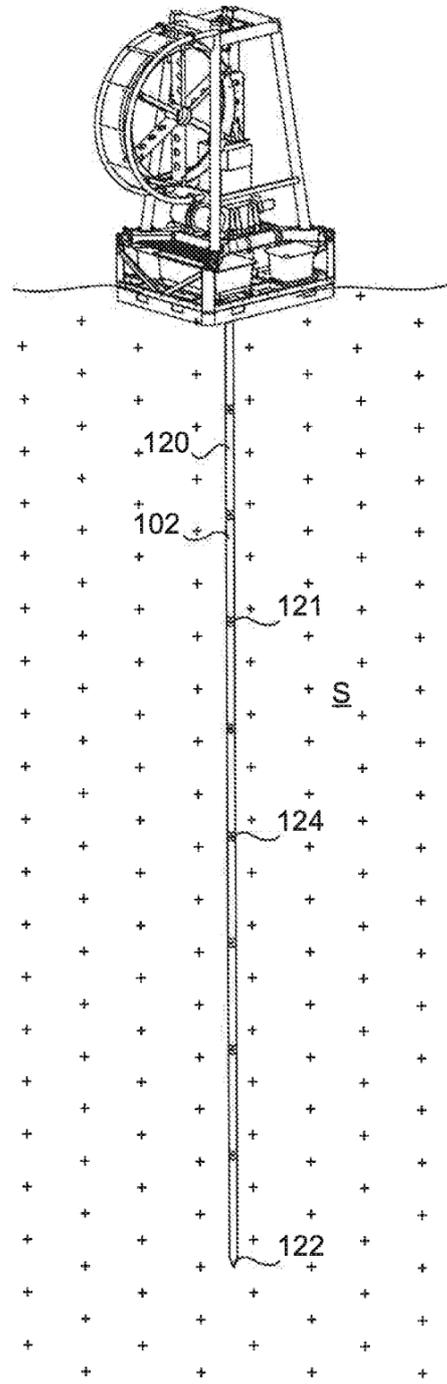


FIG. 5

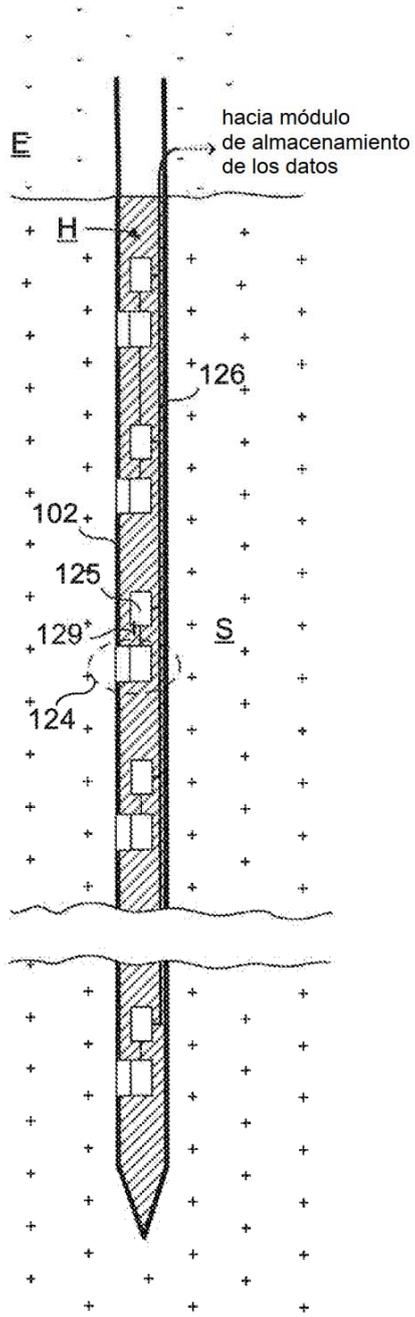


FIG.6

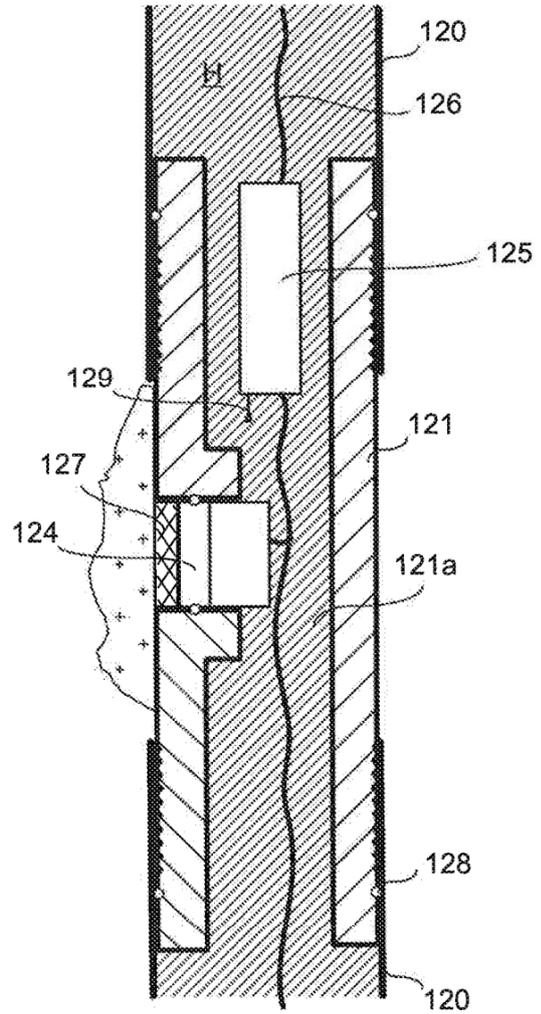


FIG.7