

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 769**

51 Int. Cl.:

**E02D 1/02** (2006.01)

**E02D 7/06** (2006.01)

**G01N 3/34** (2006.01)

**G01N 3/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2015 E 15175196 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2017 EP 2963184**

54 Título: **Penetrómetro dinámico pesado y procedimiento para determinar la altura de caída de un martillo que pertenece a dicho penetrómetro**

30 Prioridad:

**04.07.2014 FR 1456438**

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

**12.07.2017**

73 Titular/es:

**SOL SOLUTION (100.0%)**

**ZA des Portes de Riom Nord 23 avenue Georges Gershwin**

**63200 Riom, FR**

72 Inventor/es:

**BENZ NAVARRETE, MIGUEL y**

**GOURVES, ROLAND**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

**ES 2 623 769 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

**PENETRÓMETRO DINÁMICO PESADO Y PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA ALTURA DE CAÍDA DE UN MARTILLO QUE PERTENECE A DICHO PENETRÓMETRO**

- 5 [0001] La invención se refiere a un penetrómetro dinámico pesado y a un procedimiento para determinar, durante un ensayo, la altura de caída que hay que aplicar a un martillo que pertenece a dicho penetrómetro en función de la compacidad del suelo.
- 10 [0002] Los penetrómetros dinámicos pesados se usan habitualmente en los trabajos de reconocimiento geotécnico de los suelos. Más particularmente, estos penetrómetros se usan generalmente para medir la compacidad de los suelos duros, como los suelos de fundación.
- 15 [0003] FR-A-2 987 444 divulga en concreto un tipo de penetrómetro dinámico pesado, que está comercializado por la sociedad SOL SOLUTION. Este penetrómetro comprende un chasis equipado de orugas de desplazamiento sobre la superficie del suelo. Un mástil está montado sobre el chasis. Este mástil está posicionado sensiblemente en la vertical durante un ensayo y está generalmente articulado sobre el chasis. El penetrómetro comporta asimismo un tren de varillas, en el extremo del cual está instalada una punta de penetración en el suelo. Un yunque se apoya contra el tren de varillas, en el extremo opuesto a la punta y un martillo está previsto para golpear el yunque. Este martillo tiene por ejemplo una masa de 64 kg aproximadamente y se suelta, durante un ensayo, a una altura constante de 75 cm aproximadamente, para producir el hundimiento del tren de varillas en el suelo. La masa se eleva a su altura de caída mediante un cilindro y un sensor de medida está integrado en el penetrómetro para medir el hundimiento de la punta en el suelo.
- 20 [0004] Dicho penetrómetro se llama de energía de golpeo constante porque la altura de caída y la masa del martillo no pueden ser modificadas por el usuario.
- 25 [0005] El inconveniente de un penetrómetro de energía de golpeo constante es que no es capaz de detectar las capas de suelo «blando», que concretamente crean problemas a los ingenieros geotécnicos. De hecho, una importante cantidad de energía liberada durante el impacto del martillo sobre el yunque genera un hundimiento muy importante de la punta en el suelo, tanto que las capas localizadas de suelo «blando» no son detectadas durante un ensayo.
- 30 [0006] Para paliar este inconveniente, ciertos penetrómetros están equipados con un martillo de masa modulable, es decir, que el usuario puede añadir o quitar porciones del martillo para hacer variar la energía de golpeo del martillo sobre el yunque.
- 35 [0007] Además, otros modelos de penetrómetros ofrecen la posibilidad de hacer variar la altura de caída del martillo añadiendo o retirando arandelas encima del yunque.
- 40 [0008] Sin embargo, las operaciones que consisten en hacer variar manualmente la masa del martillo o la altura de caída del martillo obligan a detener el sondeo porque conviene en concreto abrir la jaula de seguridad en el interior de la cual se desliza el martillo. Esto tiene como consecuencia el aumento del tiempo de sondeo y un riesgo de lesionar al operador durante la intervención. Además, el hecho de retirar o de añadir módulos al martillo para modificar su masa cambia la geometría del martillo y puede perturbar la medida del hundimiento de la punta en el suelo. Entonces conviene volver a calibrar los sensores después de cada cambio de geometría del martillo.
- 45 [0009] Estos son los inconvenientes que pretende remediar más particularmente la invención proponiendo un penetrómetro dinámico pesado en el que la energía de golpeo del martillo sobre el yunque se ajusta automáticamente en cada ensayo en función de la naturaleza del suelo sondeado.
- 50 [0010] Con ese fin, la invención se refiere a un penetrómetro dinámico pesado, que comprende un chasis, un mástil montado sobre el chasis y posicionado sensiblemente en la vertical durante un ensayo, un tren de varillas, que comporta una punta de penetración en el suelo, que está dispuesta en un extremo del tren de varillas, un yunque, que está en apoyo contra el tren de varillas, en un extremo opuesto a la punta, un martillo de golpeo del yunque, medios de elevación del martillo a lo largo del mástil hasta una altura de caída, en la que el martillo es soltado y medios de medición del hundimiento de la punta en el suelo. De conformidad con la invención, el penetrómetro comprende además una unidad electrónica de control de la altura de caída del martillo, que está configurada para seleccionar, entre varios valores predeterminados, la altura de caída que hay que adoptar para el ensayo en función del hundimiento de la punta medido por los medios de medición durante uno o varios ensayos anteriores, y de medios mecánicos de activación de la caída del martillo, que están pilotados por la unidad electrónica para que el martillo sea soltado a la altura seleccionada por la unidad electrónica de control.
- 55
- 60

**[0011]** Gracias a la invención, la altura de caída del martillo puede ser ajustada automáticamente por los medios mecánicos de activación de la caída del martillo, bajo el control de la unidad electrónica. Además, la altura de caída se selecciona en función del hundimiento de la punta medida durante el o los ensayos anteriores. La altura de caída se elige entre varios valores determinados, para obtener un valor de hundimiento óptimo, o al menos situado en un intervalo de confianza, es decir, en un intervalo en el cual el ensayo penetrométrico es fiable.

**[0012]** Según unos aspectos ventajosos pero no obligatorios de la invención, un penetrómetro dinámico pesado puede incorporar una o varias de las características siguientes, tomadas en cualquier combinación técnicamente admisible:

- Los medios de elevación del martillo comprenden un tope de soporte del martillo y los medios mecánicos de activación comprenden ventanas de liberación del tope, que están repartidas en la altura del mástil y que están respectivamente situadas a diferentes alturas correspondientes a dichos valores predeterminados, y en que la unidad electrónica controla la apertura de las ventanas.
- Las ventanas comprenden cada una una hoja batiente articulada sobre el mástil y en que los medios mecánicos de activación comprenden, además, pasadores de bloqueo selectivo de la apertura de la hoja batiente de las ventanas, que están pilotados por la unidad electrónica de control.
- Los pasadores comprenden cada uno un dedo móvil en traslación para de forma selectiva bloquear el movimiento de apertura de la hoja batiente de la ventana.
- Los pasadores comprenden cada uno un muelle, configurado para empujar el dedo contra una superficie de la hoja, controlado por la unidad electrónica.
- Los medios de elevación del martillo comprenden, además, dos cadenas de tracción del tope y en que el tope está unido de forma basculante a las cadenas y bascula bajo el peso del martillo en una ventana abierta cuando llega a la altura de esta.
- El mástil comprende medios de regreso automático de la hoja batiente de las ventanas a una posición cerrada.
- Los medios de regreso automático incluyen una bisagra de basculación de la hoja batiente y un muelle de regreso de la hoja batiente a posición cerrada, que se enrolla alrededor de la bisagra.
- El tope comprende unos rodamientos de apoyo sobre el mástil, para elevarse a lo largo de este.

**[0013]** La invención se refiere igualmente a un procedimiento para determinar, durante un ensayo, la altura de caída de un martillo que pertenece a un penetrómetro como el descrito anteriormente. De conformidad con la invención, este procedimiento comprende unas etapas que consisten en:

- a) medir el hundimiento de la punta en el suelo durante uno o varios ensayos en los que la altura de caída del martillo es constante;
- b) en función del hundimiento medido en la etapa a), seleccionar una nueva altura de caída del martillo entre los valores predeterminados.

**[0014]** La invención y otras ventajas de la misma se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la siguiente descripción de un modo de realización de un penetrómetro dinámico pesado conforme a su principio, dado únicamente a título de ejemplo y que se refiere a los dibujos en los que:

- la figura 1 es una vista en perspectiva de un penetrómetro dinámico pesado según la invención;
- la figura 2 es una vista en perspectiva de un tope de soporte de un martillo que pertenece al penetrómetro de la figura 1;
- la figura 3 es un corte parcial que ilustra la subida del martillo a lo largo de un mástil, en el que el tope soporta el martillo y rueda a lo largo del mástil;
- la figura 4 es un corte análogo a la figura 3 en la que el tope bascula en una ventana del mástil bajo el peso del martillo;
- la figura 5 es una vista parcial y lateral del mástil, que ilustra una ventana cerrada, que está bloqueada por pasadores;
- la figura 6 es un corte de un pasador en configuración retractada;
- la figura 7 es un corte análogo a la figura 6 de un pasador en configuración extendida; y
- la figura 8 es un esquema que ilustra un algoritmo que permite determinar, durante un ensayo, la altura de caída que hay que aplicar al martillo.

**[0015]** En la figura 1 se representa un penetrómetro dinámico pesado 1. Este penetrómetro 1 comprende un chasis 2 que está equipado con orugas 4 que le permiten desplazarse en la superficie del suelo. En una variante no representada, el penetrómetro 1 también puede ser instalado en el remolque de un vehículo.

**[0016]** Un mástil M está articulado sobre el chasis 2. Este mástil M está posicionado sensiblemente en la vertical durante un ensayo de sondeo. De hecho, ciertos ensayos requieren una ligera inclinación del mástil respecto de la dirección vertical. En este documento, la dirección vertical se define como una dirección paralela al campo de

gravedad g y las direcciones «arriba» y «abajo» deben interpretarse respecto de esta dirección vertical. El mástil M es generalmente retractable y bascula en un alojamiento 14 del chasis 2 cuando el penetrómetro 1 no se utiliza. De esta forma, es posible recoger el penetrómetro 1 para colocarlo, por ejemplo, en la parte de un camión o de un utilitario.

5 **[0017]** El mástil M comprende una parte inferior 15 y una parte superior 16. La parte superior 16 está hueca y se extiende según un eje X16. Delimita varias ventanas rectangulares 160, repartidas sobre la altura del mástil. Más precisamente, las ventanas 160 están alineadas en el sentido de la altura y están delimitados sobre una pared S16 de la parte 16. Durante un sondeo, el eje X16 es sensiblemente vertical. En el ejemplo, la parte 16 del mástil M delimita tres ventanas 160, que están respectivamente dispuestas a alturas h1, h2 y h3 medidas a partir del bajo de la parte 16, paralelamente al eje X16. Sin embargo, a título de variantes no representadas, la parte 16 puede comportar perfectamente dos ventanas o más de tres ventanas.

10 **[0018]** Como se ve en la figura 3, las ventanas 160 comprenden cada una una hoja batiente 161. En adelante se describe una sola ventana porque las ventanas 160 son todas idénticas.

15 **[0019]** La hoja batiente 161 está articulada sobre la parte 16 alrededor de una bisagra 28. La bisagra 28 tiene un eje de rotación X28 que es perpendicular al eje X16. Durante un ensayo, los ejes de rotación X28 son horizontales. La hoja 161 está articulada con la parte 16 a la altura de un borde superior de la ventana 160 y la bisagra 28 está dispuesta sobre una pared interna de la parte 16, es decir del lado opuesto a la pared S16. Así, la basculación de la hoja batiente 161 se hace hacia el interior de la parte 16 del mástil M.

20 **[0020]** Además, la bisagra 28 está unida a la hoja 161 mediante un remache 34 fijado en la hoja, perpendicularmente al grosor de la hoja. Este remache 34 está unido a la bisagra 28 mediante una lengüeta 32 y un muelle no representado está enrollado alrededor de la bisagra 28, para ejercer un par elástico de cierre de la hoja 161. En otras palabras, el muelle se opone a la apertura de la hoja 161.

25 **[0021]** Además, dos pasadores 35 están previstos a la altura de cada ventana 160 para bloquear el movimiento de apertura de la hoja batiente 161. Como se ve en la figura 5, estos dos pasadores están dispuestos cada uno sobre una pared lateral de la parte 16, es decir, sobre una pared que tiene su mayor arista común con la de la pared S16. En configuración bloqueada, los pasadores 35 se oponen a la rotación de la hoja batiente 161 y en configuración desbloqueada, los pasadores 35 no se oponen a la rotación de la hoja batiente 161. Como se ve en las figuras 5 a 7, los pasadores 35 comportan cada uno una caja 38, que está fijada sobre la parte 16 y un dedo 36 de bloqueo de la apertura de la hoja batiente 161. El dedo 36 de cada pasador 38 está sometido a la acción de carga elástica de un muelle 40. La parte 16 está provista de aperturas de paso para los dedos 36. En configuración bloqueada de los pasadores 35, los dedos 36 están desplegados a través de las aperturas de la parte 16 en el interior de esta para venir al contacto de la superficie interior de la hoja batiente 161. Los dedos 36 forman entonces un obstáculo a la basculación de la hoja batiente 161 de la ventana 160.

30 **[0022]** El penetrómetro 1 comprende igualmente un tren de varillas 12 que está alojado en una carcasa protectora. Este tren de varillas 12 comprende varias varillas, o barras rectilíneas que están dispuestas de forma axial unas con otras, paralelamente al mástil M. El tren de varillas 12 comprende, en un extremo inferior 12a, una punta cónica de penetración en el suelo. Esta punta no es visible en la figura 1. Un extremo superior 12b del tren de varillas 12 forma una cabeza de golpeo, que está dispuesta debajo de un yunque 13 en configuración de ensayo.

35 **[0023]** Un martillo 22 está previsto para caer sobre el yunque 13 de forma que transmita, mediante la cabeza de golpeo, una energía de golpeo al tren de varillas 12. Esta energía de golpeo es proporcional a la masa del martillo 22 y a la altura de caída de este último. El martillo 22 se eleva mediante un tope 24, que se apoya en una corona superior 220 del martillo 22. En la práctica, el martillo 22 tiene una masa igual a 63,5 kg. El martillo 22 es móvil alrededor y a lo largo de una barra guía 20 que, en servicio, está sensiblemente vertical. El desplazamiento del martillo 22 se efectúa en una jaula de seguridad 18.

40 **[0024]** El tope 24 es arrastrado en traslación según una dirección vertical mediante un sistema de poleas que comprende dos cadenas 26, una polea motriz 162, que está dispuesta en la parte alta del mástil 16 y una polea impulsada 164, que está dispuesta en la parte baja del mástil 16. Para la claridad del dibujo, las dos cadenas están representadas simbólicamente mediante una línea discontinua en la figura 1. Las dos cadenas 26 se extienden paralelamente la una a la otra entre la polea motriz 162 y la polea impulsada 164. El tope 24 es arrastrado en desplazamiento por las cadenas 26 a lo largo de la superficie S16.

45 **[0025]** Como se ve en la figura 2, el tope 24 comprende una base superior 240 con una superficie superior S240 del soporte del martillo 22. En la práctica, la superficie S240 está en contacto con una superficie inferior de la corona 220 del martillo 22. El tope 24 comprende dos paredes 242 que se extienden hacia abajo a partir de la base 240, perpendicularmente a esta última. Estas dos paredes 242 son paralelas la una a la otra y están cada una

provista de un rodamiento 240 para rodar al entrar en contacto con la superficie S16 de la parte 16. Los rodamientos 240 son preferentemente rodamientos de bolas. El tope 24 está unido a las cadenas 26 mediante dos extremos de árbol 244a y 244b, que están cada uno insertados en un alojamiento lateral 024 del tope 24. Los extremos de árbol 244a y 244b están, por una parte, inmovilizados en los alojamientos 024 y están, por otra parte, insertados cada uno en un ojal de una cadena 26. Por ejemplo, los extremos de árbol 244a y 244b pueden estar atornillados en filetes del tope 24, dispuestos de forma análoga a los alojamientos 024.

**[0026]** Además, los extremos de árbol 244a y 244b forman juntos un árbol 244 de basculación del tope 24 respecto de las cadenas 26. Se define un eje X244 de basculación del tope 24 alrededor del árbol 244. El eje X244 es un eje horizontal en configuración de ensayo del penetrómetro 1, que es paralelo a los ejes X28 de basculación de las hojas batientes 161 de las ventanas 160.

**[0027]** El penetrómetro comprende igualmente una unidad electrónica de control 6, que tiene la forma de una consola montada sobre el chasis 2. La consola de control 6 está equipada con varias palancas y botones de accionamiento, que permiten al usuario activar manualmente las diferentes funcionalidades del penetrómetro 1. En particular, el usuario puede controlar la basculación del mástil 16 o incluso la subida del martillo 22 por medio de la consola 6. Además, la unidad de control 6 incluye un calculador, que resuelve en cada ensayo un algoritmo para determinar una altura de caída apropiada en función de la naturaleza del suelo sondado. Este algoritmo se explica con más detalle más abajo.

**[0028]** Además, el penetrómetro 1 está igualmente equipado con medios de medición del hundimiento del tren de varillas 12 en el suelo. Estos medios de medición incluyen por ejemplo un sensor óptico no representado en las figuras que se describe en FR-A-2 817 344. Este sensor óptico está transportado en el chasis 2. Se coloca en el suelo durante un ensayo y medición del hundimiento del tren de varillas 12 detectando el paso de referencias ópticas marcadas en la superficie de cada una de las varillas del tren de varillas 12. Estos medios de medición son aptos para comunicar, tras cada ensayo, el valor de hundimiento del tren de varillas 12 a la unidad electrónica de control 6. Por ejemplo, la transmisión del valor del hundimiento a la unidad 6 puede hacerse por vía alámbrica.

**[0029]** Por último, el penetrómetro 1 comprende un módulo 8 de recogida y de tratamiento de las señales recogidas por el sensor. Este módulo 8 es una caja de adquisición, que está montada en el chasis 2 para facilitar la lectura de los resultados por el operador. Así, el sensor de medición del hundimiento comunica a la vez con el módulo de recogida 8 y la unidad de control 6.

**[0030]** Durante un ensayo, el martillo 22 se eleva hacia arriba por las cadenas 26 como representa la flecha F1 en la figura 3.

**[0031]** Como se ve en la figura 4, cuando el tope 24 llega al mismo nivel axial que una ventana abierta, es decir una ventana cuya hoja batiente 161 es libre de bascular, el tope 24 bascula según una dirección F3 alrededor del árbol 244 bajo el peso F2 del martillo 22. El tope 24 acarrea entonces la apertura de la ventana 160 por basculación F4 de la hoja batiente 161 alrededor de la bisagra 28. Dicho de otro modo, el tope 24 entra en parte en la ventana 160 y la ventana forma una ventana de liberación del tope 24. La liberación del tope 24 acarrea la caída del martillo 22 porque este ya no está apoyado en el tope 24.

**[0032]** La altura de caída del martillo 22 corresponde entonces a la altura de la ventana abierta, es decir, la ventana por la cual los pasadores 35 están en configuración desbloqueada. Así, tres alturas de caída diferentes para el martillo 22 son posibles para el penetrómetro 1. La energía de golpeo puede adaptarse haciendo variar la altura de caída del martillo 22.

**[0033]** La unidad de control 6 gestiona automáticamente la apertura de las ventanas 160, controlando los pasadores 35. Más precisamente, la unidad de control 6 actúa sobre la extensión de los muelles 40, para desplegar o no los dedos 36 y bloquear o desbloquear la apertura de las ventanas 160. De este modo, la unidad electrónica 6 puede cambiar la altura de caída del martillo 22.

**[0034]** El control selectivo del bloqueo de los pasadores 35 de cada ventana 160 permite por tanto seleccionar precisamente la altura en la cual el martillo 22 se va a soltar. Los pasadores 35 y las ventanas 160 forman entonces medios mecánicos de activación de la caída del martillo 22, estos medios están pilotados por la unidad electrónica de control 6. En la práctica, los pasadores 35 de una sola ventana 160 entre las ventanas del mástil M están desbloqueados.

**[0035]** Cuando el martillo 22 es soltado, la hoja batiente 161 de la ventana regresa a la posición cerrada por regreso elástico del muelle enrollado en la bisagra 28 y el movimiento de cierre de la hoja batiente 161 acarrea la basculación, o recuperación del tope 24. El muelle enrollado en la bisagra 28 y esta última forman entonces medios de regreso automático de la hoja batiente 161 de las ventanas 160 a posición cerrada.

**[0036]** Durante un ensayo, la altura de caída del martillo 22, es decir, la energía de golpeo proporcionada al tren de varillas 12, se determina mediante el procedimiento que se describe a continuación.

5 **[0037]** Durante el sondeo de un suelo, el primer ensayo realizado con el penetrómetro 1 es un ensayo realizado con una energía de golpeo nominal, es decir que el martillo 22 es soltado a una altura nominal predeterminada, como por ejemplo la altura  $h_2$ . Este primer ensayo está representado por una etapa 1000 en la figura 8. Más generalmente, la etapa 1000 representa la realización de un ensayo penetrométrico, es decir no únicamente el primer ensayo sino también los ensayos siguientes. Los medios de medición del hundimiento notifican entonces, durante una etapa 1002, el valor de hundimiento del tren de varillas 12 en el suelo durante el ensayo.

10 **[0038]** Los ensayos penetrométricos se consideran como fiables cuando el valor de hundimiento del tren de varillas 12 en el suelo está comprendido en un cierto intervalo, en concreto entre 2 mm y 20 mm. Se trata entonces de un intervalo objetivo o de confianza. De esta forma, el ensayo realizado permite obtener informaciones muy localizadas sobre la estructura, o la estratificación del suelo y permite en concreto detectar las capas llamadas «blandas», o de compacidad débil.

15 **[0039]** La unidad de control 6 recupera en el módulo de recogida 8 o del sensor de hundimiento, el valor de hundimiento del tren de varillas 12 en el suelo en el ensayo precedente y compara, durante una etapa 1004, este valor con el hito superior del intervalo, que es por ejemplo de 20 mm. Si el hundimiento es superior a 20 mm, la unidad de control 6 calcula entonces, durante una etapa 1006, una nueva altura de caída para el martillo 22. Más precisamente, esta nueva altura de caída corresponde a una altura inferior a la altura nominal, en concreto a la altura más cercana. Dicho de otro modo, esta nueva altura corresponde a la altura de la ventana situada directamente debajo de la ventana utilizada para la liberación del tope a la altura nominal. En el ejemplo, partiendo de una altura nominal  $h_2$ , la altura de caída calculada por la unidad de control 6 para el ensayo siguiente es la altura  $h_1$ .

20 **[0040]** En cambio, si el valor de hundimiento de la punta en el ensayo precedente es inferior a 20 mm, la unidad de control 6 efectúa una comparación adicional 1008, que consiste en comparar el valor medido con el hito inferior del intervalo, que es por ejemplo de 3 mm. Si el valor medido es superior a 2 mm, la altura de caída adoptada durante los ensayos anteriores es buena porque se sitúa en el intervalo objetivo y la altura de caída no se modifica para el ensayo siguiente.

25 **[0041]** Sin embargo, si el valor de hundimiento es inferior a 2 mm, la energía de golpeo es insuficiente. Así, la unidad de control 6 calcula entonces, durante una etapa 1010, una nueva altura de caída para el martillo 22. Esta nueva altura de caída es superior a la altura nominal, y corresponde a la altura de la ventana dispuesta encima de la ventana utilizada para dejar caer el martillo 22 a altura nominal. En el ejemplo, la altura pasa de la altura nominal  $h_2$  a la altura  $h_3$ .

30 **[0042]** Por último, la nueva altura seleccionada durante la etapa 1006, 1010 o 1012 se utiliza para realizar el ensayo siguiente, como se representa por el retroceso de las flechas que unen las etapas 1006, 1010 y 1012 con la etapa 1000, que corresponde a la realización de un ensayo. Más precisamente, la unidad electrónica 6 envía una señal de consigna a cada pasador 35 para abrir la ventana que corresponde a la altura de caída seleccionada durante la etapa 1006, 1010 o 1012.

35 **[0043]** En el ensayo siguiente, el valor de hundimiento considerado para la selección de una nueva altura de caída será el valor de hundimiento obtenido con la altura ajustada, es decir, que el procedimiento es iterativo.

40 **[0044]** Este algoritmo de cálculo de la altura de caída del martillo 22 es resuelto por el calculador integrado en la unidad 6 en cada impacto y permite obtener una convergencia rápida del valor de hundimiento de la punta en el intervalo buscado. Así, la mayoría de los ensayos resultan en un hundimiento comprendido en el intervalo buscado y la altura de caída del martillo se adapta en función de las propiedades del suelo sondado. De esta forma, el operador está seguro de que los ensayos realizados muestran la estratificación real del suelo, es decir, que las capas de suelo «blando», o de compacidad débil se detectan correctamente.

45 **[0045]** En una variante no representada, varios ensayos con energía de golpeo constante pueden realizarse para que el módulo 8 pueda recoger una serie de valores de hundimiento. Esta serie puede por ejemplo estar formada por tres o cuatro valores. Después, el valor considerado para el ajuste de la altura de caída del martillo 22 en el ensayo siguiente puede ser la media, el valor máximo o incluso el valor mínimo de la serie.

50 **[0046]** En un variante, los hitos diferentes de 2 mm y 20 mm para el intervalo buscado pueden elegirse e introducirse en el ordenador.

**[0047]** En una variante no representada, la hoja batiente 161 de las ventanas 160 no se abre por basculación del tope 24 sino que se abre directamente por la unidad de control 6.

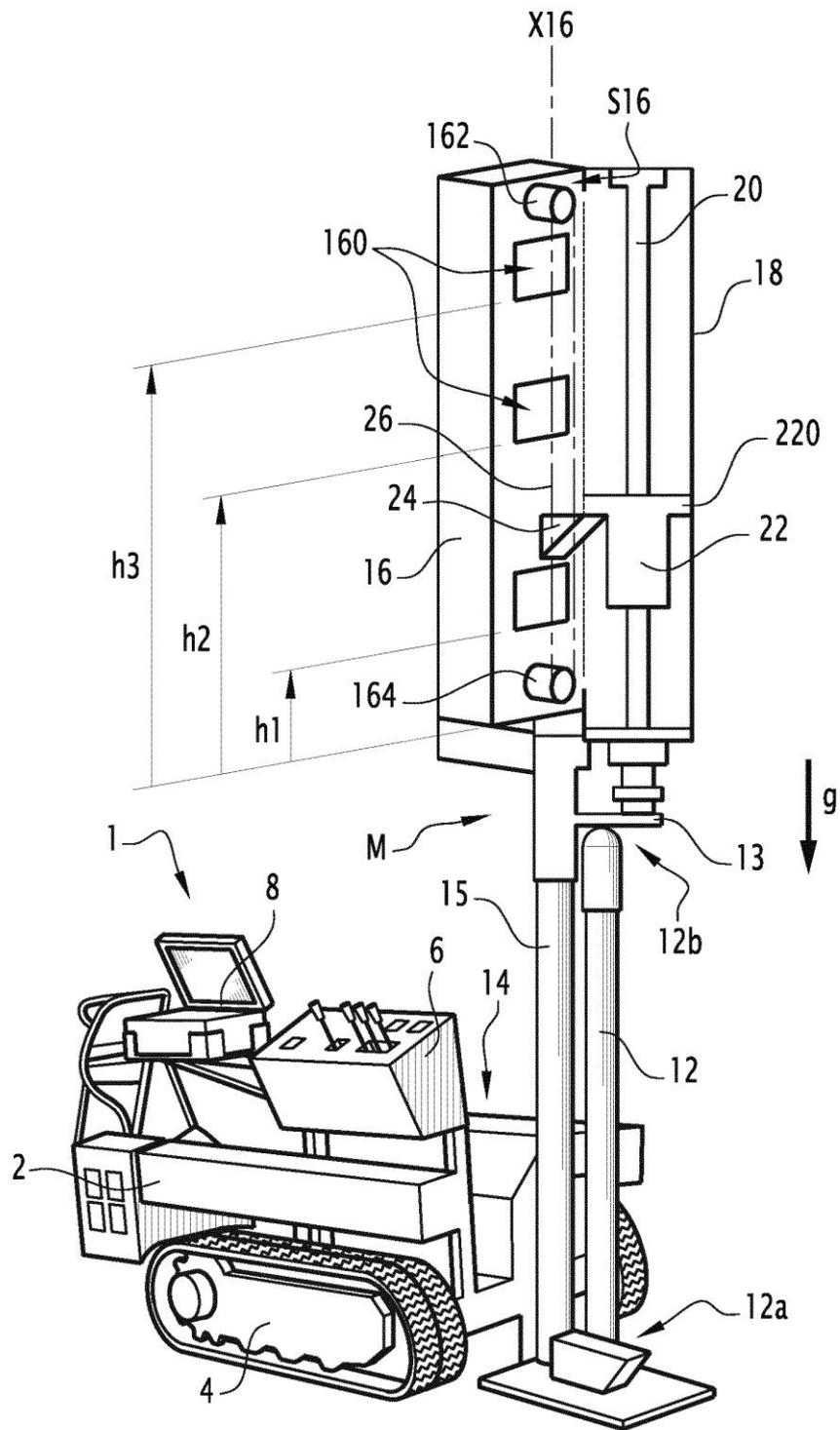
5 **[0048]** En una variante no representada, las ventanas 160 no están alineadas en el sentido de la altura, es decir que están desplazadas las unas respecto de las otras en el sentido horizontal. Por ejemplo, las ventanas 160 pueden estar dispuestas en diagonal. El penetrómetro comporta entonces tantas cadenas de tracción como ventanas 160, cada cadena soporta un tope. Con esta disposición, una sola cadena se activa para dejar caer el martillo a la altura seleccionada.

10 **[0049]** Las características técnicas de las variantes y modos de realización planteados más arriba pueden combinarse entre ellas para dar nuevos modos de realización de la invención.

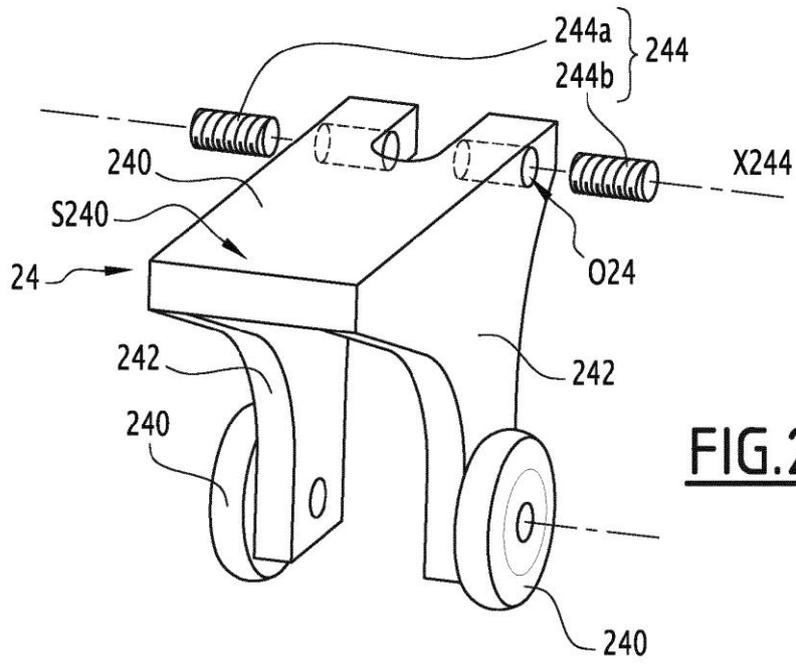
REIVINDICACIONES

1. Penetrómetro dinámico pesado (1), que comprende:
- 5 - un chasis (2),  
- un mástil (M), montado en el chasis y posicionado sensiblemente en la vertical durante un ensayo,  
- un tren de varillas (12), que comporta una punta de penetración en el suelo, que está dispuesto en un extremo (12a) del tren de varillas,  
10 - un yunque (13), que está en apoyo contra el tren de varillas, en un extremo (12b) opuesto a la punta,  
- un martillo (22) de golpeo del yunque,  
- medios (24, 26, 162, 164) de elevación del martillo a lo largo del mástil hasta una altura de caída, en la que el martillo es soltado; y  
- medios de medición del hundimiento de la punta en el suelo;
- 15 **caracterizado porque** el penetrómetro comprende además:
- una unidad electrónica (6) de control de la altura de caída del martillo (22), que está configurada para seleccionar, entre varios valores predeterminados (h1, h2, h3), la altura de caída que hay que adoptar para el ensayo en función del hundimiento de la punta medido por los medios de medición durante uno o varios ensayos anteriores, y  
20 - medios mecánicos (160, 35) de activación de la caída del martillo, que están pilotados por la unidad electrónica (6) para que el martillo sea soltado a la altura seleccionada por la unidad electrónica de control (6).
2. Penetrómetro dinámico según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios de elevación del martillo comprenden un tope (24) de soporte del martillo (22) y los medios mecánicos de activación (160, 35) comprenden ventanas (160) de liberación del tope, que están repartidas en la altura del mástil (16) y que están respectivamente situadas a diferentes alturas (h1, h2, h3) correspondientes a dichos valores predeterminados, **y porque** la unidad electrónica (6) controla la apertura (F4) de las ventanas.
- 25
3. Penetrómetro dinámico según la reivindicación 2, **caracterizado porque** las ventanas (160) comprenden cada una una hoja articulada (161) sobre el mástil **y porque** los medios mecánicos de activación (160, 35) comprenden, además, pasadores (35) de bloqueo selectivo de la apertura (F4) de la hoja batiente de las ventanas, que están pilotadas por la unidad electrónica de control (6).
- 30
4. Penetrómetro dinámico según la reivindicación 3, **caracterizado porque** los pasadores (35) comprenden cada uno un dedo (36) que es móvil en traslación para de forma selectiva bloquear el movimiento de apertura (F4) de la hoja batiente (161) de la ventana (160).
- 35
5. Penetrómetro dinámico según la reivindicación 4, **caracterizado porque** los pasadores (35) comprenden cada uno un muelle (40), configurado para empujar el dedo (36) contra una superficie de la hoja batiente (161), controlado por la unidad electrónica (6).
- 40
6. Penetrómetro dinámico según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizado porque** los medios de elevación del martillo (22) comprenden, además, dos cadenas (26) de tracción del tope **y porque** el tope está unido de forma basculante a las cadenas y bascula (F3) bajo el peso (F2) del martillo en una ventana abierta cuando llega a la altura de esta.
- 45
7. Penetrómetro dinámico según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizado porque** el mástil comporta medios (28) de regreso automático de la hoja batiente (161) de las ventanas (160) a una posición cerrada.
- 50
8. Penetrómetro dinámico según la reivindicación 7, **caracterizado porque** los medios de regreso automático incluyen una bisagra (28) de basculación de la hoja batiente (161) y un muelle de recuperación de la hoja batiente en posición cerrada, que se enrolla alrededor de la bisagra.
- 55
9. Penetrómetro dinámico según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, **caracterizado porque** el tope comprende unos rodamientos (240) de apoyo sobre el mástil, para elevarse a lo largo de este.
- 60
10. Procedimiento para determinar, durante un ensayo, la altura de caída de un martillo que pertenece a un penetrómetro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, este procedimiento estando **caracterizado porque** comprende las etapas que consisten en:
- a) medir (1000) el hundimiento de la punta en el suelo durante uno o varios ensayos en los que la altura de caída del martillo es constante, y

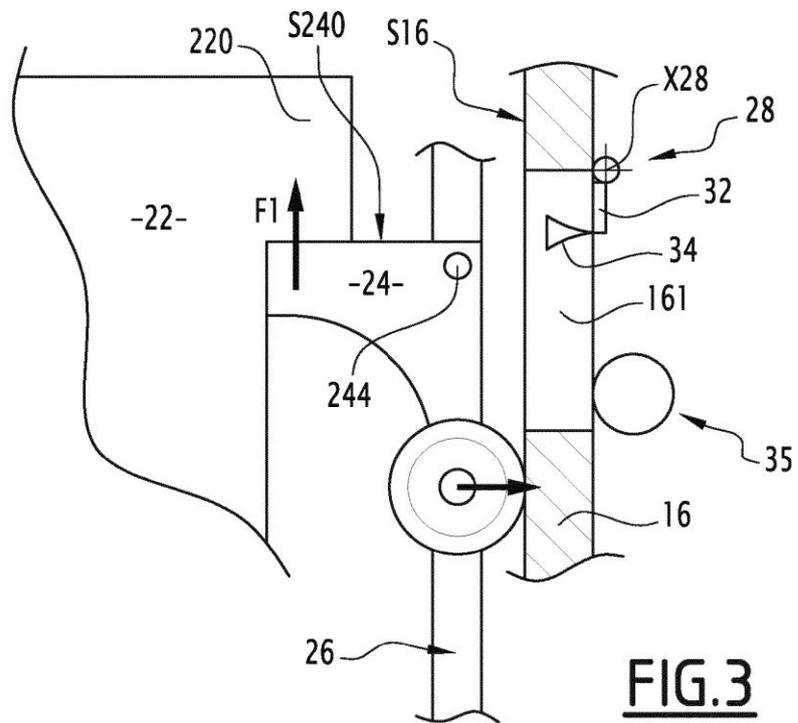
b) en función del hundimiento medido en la etapa a), seleccionar una altura de caída para el martillo entre los valores predeterminados.



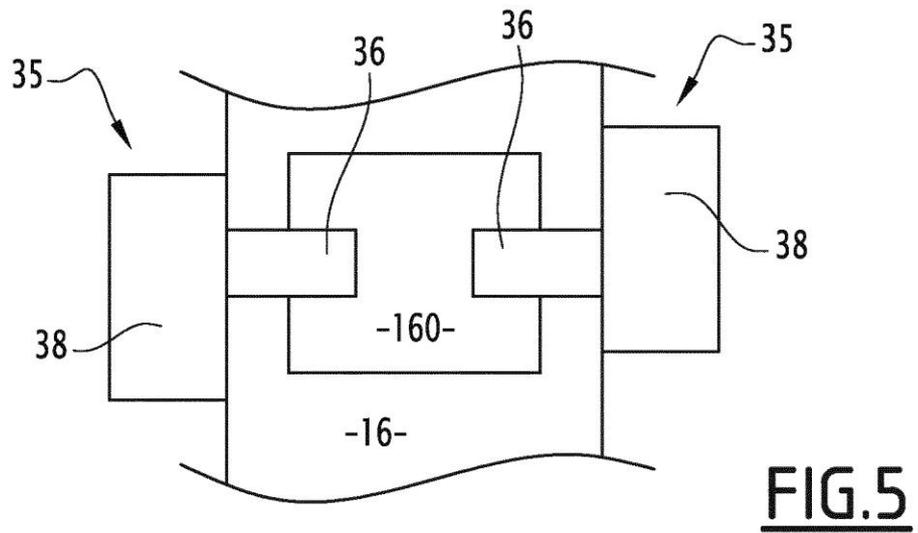
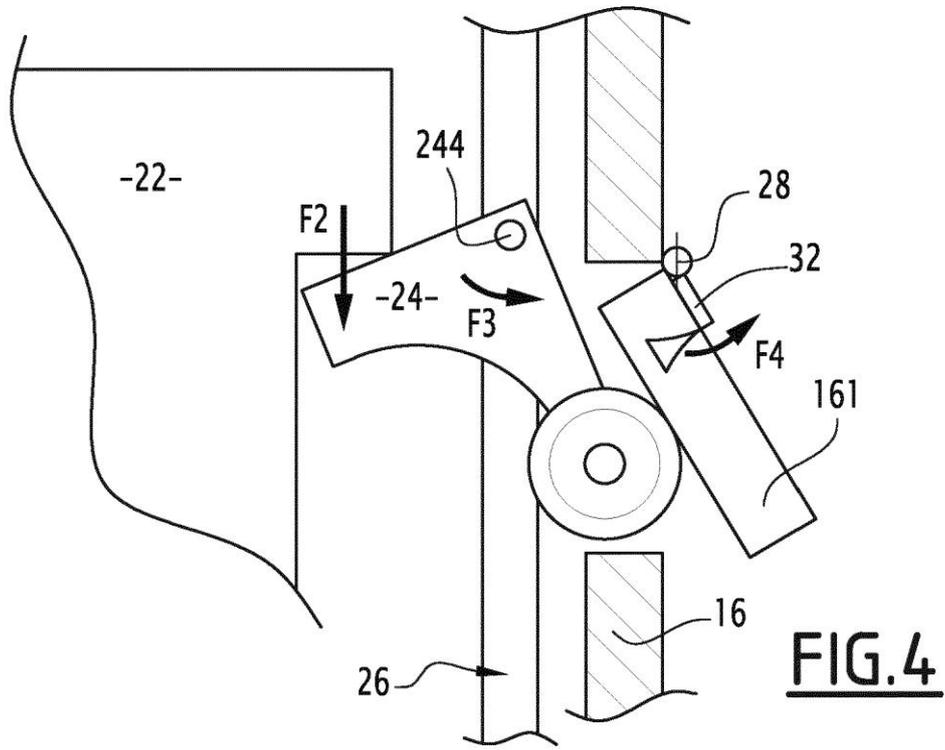
**FIG.1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



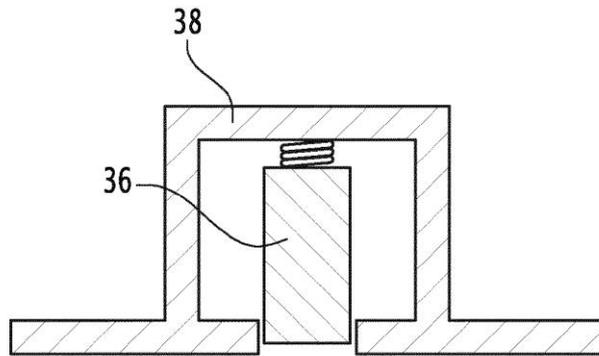


FIG. 6

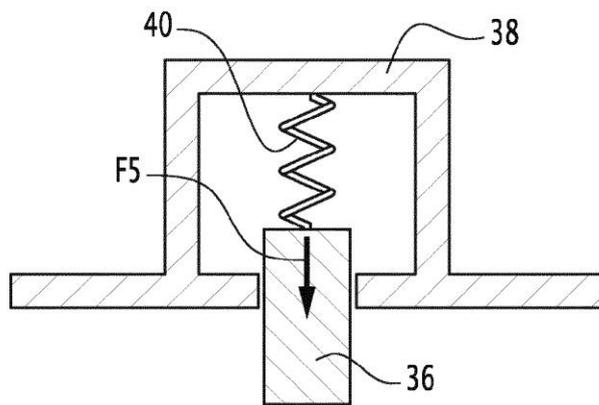


FIG. 7

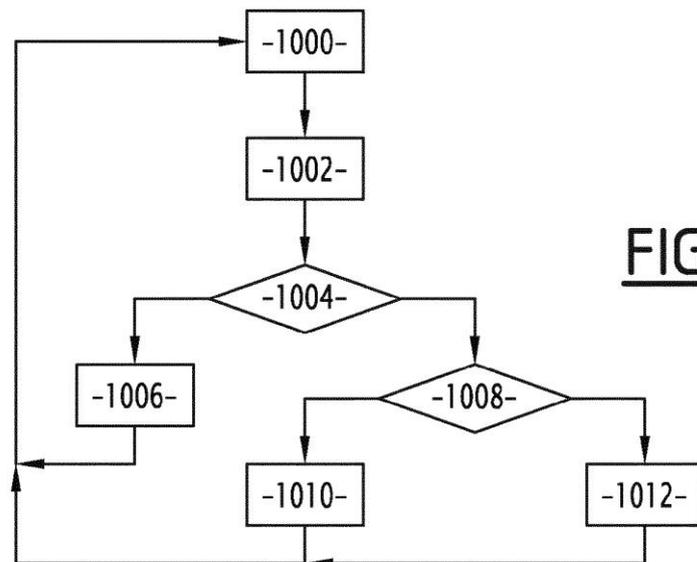


FIG. 8