

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 813 410**

51 Int. Cl.:

<b>B21K 5/02</b>	(2006.01)	<b>C21D 1/58</b>	(2006.01)
<b>B27G 15/00</b>	(2006.01)	<b>C21D 9/22</b>	(2006.01)
<b>B21C 47/00</b>	(2006.01)	<b>E21B 17/22</b>	(2006.01)
<b>E21B 10/44</b>	(2006.01)	<b>B23K 101/08</b>	(2006.01)
<b>B21C 37/26</b>	(2006.01)		
<b>B21F 3/10</b>	(2006.01)		
<b>B23K 101/00</b>	(2006.01)		
<b>B23K 31/02</b>	(2006.01)		
<b>C21D 1/06</b>	(2006.01)		
<b>C21D 1/18</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.04.2015 PCT/AU2015/000206**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **15.10.2015 WO15154130**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.04.2015 E 15777385 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 3129172**

54 Título: **Barrena para suelo y método de fabricación**

30 Prioridad:

**10.04.2014 AU 2014901321**

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

**23.03.2021**

73 Titular/es:

**SENTEK PTY LTD. (100.0%)  
77 Magill Road  
Stepney S.A. 5069, AU**

72 Inventor/es:

**TUCKER, PETER**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 813 410 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**

Barrena para suelo y método de fabricación

**Documentos de prioridad**

5 La presente solicitud reivindica prioridad de la solicitud de patente provisional australiana n.º 2014901321, titulada "Soil Auger and Method of Manufacture" (Barrena para suelo y método de fabricación).

**Campo técnico**

El campo lo constituyen aparatos para instalar sensores alargados en el terreno, y en particular la fabricación de aparatos para crear la abertura en el terreno en la cual se coloca un sensor para suelo alargado ahusado.

**Antecedentes**

10 El campo de los aparatos para instalar sensores para suelo alargados depende en gran medida de la forma de los muchos tipos de sensores para suelo que están disponibles y del tipo de material o suelo en donde se ha de colocar el sensor. El solicitante es el inventor y diseñador de muchos sensores para suelo, tal como se describe en los documentos US5418466, titulado "For indicating complex dielectric constant/conductivity of a medium" (Para indicar la constante dieléctrica compleja o la conductividad de un medio) y presentado el 11 de octubre de 1991; AU760525, titulado "Automatic depth sensing detection for portable soil moisture probes" (Detección automática de profundidad para sondas portátiles de humedad del suelo) y presentado el 12 de julio de 1999; AU2002331464, titulado "Soil probe insertion arrangement and method of use" (Disposición para inserción de sonda para suelo y método de uso) y presentado el 4 de octubre de 2002; US7042234, titulado "Soil matric potential and salinity measurement apparatus and method of use" (Aparato para medida del potencial matricial y la salinidad del suelo y método de uso) y presentado el 16 de diciembre de 2003; US7240743, titulado "Soil probe insertion arrangement and method of use" (Disposición para inserción de sonda para suelo y método de uso) y presentado el 4 de octubre de 2002; y PCT/AU2014/000383, titulado "Disposición de sensor ahusado de humedad del suelo y método de instalación" y presentado el 10 de abril de 2014. La información descrita en todas las patentes y solicitudes de patente mencionadas en lo que antecede se incorpora por referencia en la presente memoria descriptiva.

25 Todas las carcasas de sensor descritas en las patentes y solicitudes de patente mencionadas en lo que antecede son alargadas para permitir colocar múltiples sensores a distintas profundidades en el suelo o en el material donde se ha de realizar la detección, y cabe señalar en particular que las carcasas (salvo en el documento PCT/AU2014/000383 y en la solicitud de prioridad) son en su totalidad cilíndricas y tienen un diámetro constante a lo largo de todo el tramo insertado.

30 Al aparato del tipo que está diseñado para crear un orificio cilíndrico en el terreno, dentro del cual se va a colocar una carcasa de sensor alargada, se le denomina típicamente una barrena.

35 Una barrena es un dispositivo de perforación, o broca taladradora, que generalmente incluye una cuchilla de tornillo helicoidal giratoria, denominada "aleta", que actúa como un transportador de tornillo sinfín para extraer de la abertura, a medida que se forma, el material excavado al perforar. La rotación de la cuchilla de tornillo produce el corte del material, y la aleta transporta el material cortado fuera de la abertura que está siendo perforada.

Se denomina "barrena para tierra", "taladro para tierra portátil con motor", "barrena para suelo" o "excavadora de postes mecanizada" a una barrena que se utiliza para excavar aberturas cilíndricas en el terreno. Este tipo de barrena puede ser un dispositivo portátil al que se hace girar manualmente o, como alternativa, puede ser accionado por un motor eléctrico o de combustión interna, o incluso ser conectado a la toma de fuerza de un tractor.

40 Una barrena adecuada para preparar una abertura en el terreno apta para insertar una carcasa cilíndrica de sensor para suelo tiene una construcción que incluye: una aleta helicoidal continua que se extiende a lo largo de una caña de diámetro constante desde un extremo de inserción hasta un extremo de cabeza de la caña. Las barrenas de accionamiento manual se manipulan utilizando un miembro de manubrio que se extiende en ángulo recto con respecto a la caña y se extiende alejado de la caña una distancia lo suficientemente grande como para que una persona aplique un movimiento de torsión a la caña empleando el manubrio para hacer girar la barrena en el terreno y, al mismo tiempo, el usuario aplica una presión hacia abajo sobre la barrena para forzar al extremo de inserción de la barrena a que avance dentro del terreno. Un borde afilado en el extremo libre de la aleta en el extremo de inserción o una cuchilla preformada fijada al extremo de inserción de la barrena ayuda a la barrena a penetrar en el terreno.

50 Los sensores a los que se ha hecho referencia (salvo en el documento PCT/AU2014/000383 y en la solicitud de prioridad) se alojan en su totalidad en carcasas cilíndricas alargadas, y las razones para crear minuciosamente una abertura cilíndrica en el material, típicamente el terreno, donde se realizará la detección incluyen las siguientes:

- a. garantizar que el terreno en las inmediaciones de la carcasa de sensor, y por ende de los sensores contenidos en la misma, permanezca lo más inalterado posible.

- b. que el ajuste físico entre la carcasa de sensor y el terreno circundante sea tal que no exista hueco alguno entre el suelo circundante y la superficie externa de la carcasa alargada de sensor para suelo a lo largo de sustancialmente toda su longitud. Los huecos, si existieran, posibilitarían la creación de canales preferenciales de infiltración de agua al terreno desde la superficie del suelo, o bien huecos con aire, en la vecindad inmediata del sensor, que sesgarían o invalidarían las lecturas de humedad del suelo y de otras características del suelo circundante detectadas por el sensor o los sensores situados dentro de la carcasa de sensor.

Estas razones no llegan a convertirse en un problema cuando no existe ningún hueco, pero para lograr ese resultado utilizando las disposiciones de barrena anteriores, es necesario asegurarse de que la pared interna de la abertura creada por la barrena sea relativamente lisa y de diámetro interno constante en toda su profundidad. Esto se ha logrado, tal como se describe en al menos uno de los documentos citados, infradimensionando ligeramente la abertura creada por la barrena con respecto al diámetro externo constante de la carcasa de sensor insertada y, mediante el extremo de inserción de la carcasa de sensor, adaptado para realizar ese corte mientras se inserta en la abertura preparada, cortando o rebajando una parte de la pared interna de la abertura preparada.

Se apreciará en los documentos de patente mencionados que se identifica como requisito para el funcionamiento adecuado del sensor para suelo *in situ* la eliminación de todo hueco entre la carcasa de sensor y el suelo circundante. Sin embargo, el proceso de instalación descrito en esos documentos no garantiza tal resultado. Un problema que se ha encontrado radica en que cualquier oscilación de la barrena que el operador provoque durante la creación de la abertura puede dar lugar a desviaciones más importantes en lo que respecta al volumen cizallado que se origina cuando se inserta la carcasa de sensor con una disposición cortante, de modo que se dejan huecos en uno o más lugares a lo largo de la carcasa de sensor insertada. En caso de que el hueco sea lo suficientemente grande, cuando está ocupado por aire, o si el hueco está lleno de agua, las mediciones de un sensor en las zonas de hueco no serán indicativas de las características del suelo dentro del campo de influencia del sensor en las proximidades de dichas zonas de hueco, o en ellas mismas.

Otras soluciones de la técnica anterior se encuentran en el documento EP0588143, que describe un taladro para tierra concebido para colocar *in situ* un pilote de hormigón, y en el documento US5353883, que describe una herramienta de perforación de un tipo con desplazamiento.

#### Breve descripción de aspectos

Ninguna de las disposiciones de sensor para suelo descritas en los documentos citados (salvo el documento PCT/AU2014/000383 y la solicitud de prioridad) o conocidas para el inventor por cualquier otro medio tiene una superficie externa ahusada, en donde una carcasa incluye un cuerpo alargado con un extremo de cabeza, un extremo de inserción y una superficie externa que se estrecha continuamente desde el extremo de cabeza hacia el extremo de inserción, y al menos un sensor de humedad del suelo colocado dentro de la carcasa, en donde, durante el uso, la carcasa está situada dentro de la abertura preparada y la superficie externa de la carcasa se adapta a la superficie de la abertura preparada, sustancialmente a lo largo de toda la longitud de la carcasa, y el sensor, o cada uno de ellos, proporciona la medida de al menos la humedad del suelo en el cual está insertada la disposición de sensor.

Por lo tanto, el tipo de barrena utilizado con anterioridad y descrito en lo que antecede no es adecuado para crear una abertura para una carcasa de sensor que tenga una superficie externa ahusada.

Un motivo para utilizar un sensor ahusado en una abertura ahusada se basa en la constatación de que se asegura la eliminación de los huecos debido a que el movimiento hacia abajo del sensor dentro de una abertura con forma complementaria asegura que la superficie externa del sensor aplique presión sobre el conjunto de la superficie externa, contra la superficie del suelo que forma la abertura, en todo el tramo insertado de la carcasa de sensor. Cuanto mayor sea la fuerza hacia abajo sobre la carcasa de sensor, mayor será la presión y mayor será la probabilidad de que no queden huecos entre la parte externa de la carcasa de sensor y la superficie del suelo que forma la abertura. Por grande que sea la fuerza aplicada hacia abajo a una carcasa de sensor para suelo tal como se describe en las patentes mencionadas, no tendrá el efecto que se describe en este párrafo y que está asociado con el uso de un sensor de humedad del suelo, y otros sensores, dotados de una carcasa ahusada.

Por lo tanto, existe la necesidad de una barrena que pueda crear una abertura ahusada internamente, destinada a una carcasa de sensor ahusada que posea una forma complementaria.

En un aspecto amplio, se proporciona un método para conformar una barrena que se puede utilizar para crear una abertura en el terreno, que incluye: conformar mediante torneado de metal un eje que presenta una superficie externa dotada de sección transversal circular que presenta un diámetro externo mayor en un extremo que en el otro extremo, en donde el ritmo de reducción del diámetro externo desde el extremo con mayor diámetro externo hasta el extremo con menor diámetro externo es constante; conformar un material en banda para que adquiera una forma helicoidal, con una pared interna de diámetro interno mayor en un extremo que en el otro extremo; hacer pasar el material conformado helicoidalmente sobre el diámetro externo del eje hasta que una parte de la pared interna del material conformado helicoidalmente llega a hacer tope contra la superficie externa del eje; y fijar el material conformado helicoidalmente al eje para formar una barrena ahusada con aleta helicoidal ahusada.

En un aspecto, el método incluye el material conformado helicoidalmente que tiene un avance que aumenta desde el que tiene en el diámetro externo menor del eje hacia el diámetro externo mayor del eje.

En un aspecto, el método incluye el paso adicional de fijar un miembro de borde cortante al extremo del eje con menor diámetro externo.

- 5 En un aspecto adicional más, también se fija el miembro de borde cortante al extremo adyacente del material conformado helicoidalmente.

En un aspecto, el método para conformar el material en banda rectangular para dar una hélice incluye el siguiente paso de fijar un extremo de la banda al husillo y hacer girar el husillo mientras se arrastra la banda sobre un mandril.

- 10 En un aspecto, el método para conformar la barrena incluye además el siguiente paso de endurecer superficialmente la barrena formada.

En un aspecto, el paso de endurecimiento se efectúa por inmersión en solución de cianuro calentada, seguida de un enfriamiento rápido con aceite.

En un aspecto, el paso de endurecimiento se efectúa mediante endurecimiento por inducción de una banda recocida de material conformada y fijada a un eje.

- 15 En un aspecto adicional, el eje tiene una conicidad media de 5 mm por metro lineal.

En un aspecto adicional, el eje tiene una longitud de 1200 mm con una diferencia de 6 mm entre el extremo del eje con mayor diámetro externo y el extremo con menor diámetro externo.

En un aspecto, el material en banda tiene sección transversal rectangular.

En un aspecto adicional, el material en banda tiene una proporción 5 a 7 entre grosor y anchura.

- 20 En un aspecto adicional, el material de la banda tiene una longitud de 2500 mm antes de ser conformado en una figura helicoidal.

Aunque se ha descrito con cierto detalle lo que antecede con el fin de aclarar su comprensión, resultará evidente que se pueden realizar determinados cambios y modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Debe señalarse que existen muchas maneras alternativas de implementar el proceso.

- 25 A lo largo de la presente memoria descriptiva y en las reivindicaciones que siguen se entenderá que, salvo que el contexto requiera otra cosa, las palabras "comprender" e "incluir", y variaciones tales como "que comprende" y "que incluye", implican la inclusión del número entero o grupo de números enteros que se menciona, pero no la exclusión de ningún otro número entero o grupo de números enteros.

- 30 La referencia dentro de la presente memoria descriptiva a cualquier antecedente o técnica anterior no constituye, ni debe tomarse como tal, un reconocimiento ni ninguna otra forma de sugerir que dicho antecedente o técnica anterior forma parte del conocimiento general común, en particular la referencia a solicitudes de patente que describen una carcasa de sensor para suelo ahusada.

#### **Descripción detallada de los dibujos**

La Figura 1 representa una realización de un eje;

- 35 la Figura 2 representa una realización de una banda de material de base para una aleta;

la Figura 3A representa una realización de una disposición para conformar una aleta formada a partir del material de base representado en la Figura 2;

la Figura 3B representa una realización de una disposición para colocar la aleta conformada, tal como la representada en la Figura 3A, sobre un eje tal como el representado en la Figura 1 para formar una barrena;

- 40 la Figura 3C representa una realización de una aleta formada a partir del material de base representado en la Figura 2 que está adaptada para ser montada en una realización de un eje tal como el representado en la Figura 1;

la Figura 4 representa una realización de una aleta montada en un eje (nótese la representación incompleta de la longitud, indicada por las líneas discontinuas);

- 45 las Figuras 5A y 5B representan la posición y el uso de un aparato estabilizador durante la formación de una abertura en terreno con surcos, utilizando una barrena tal como la representada en la Figura 4;

la Figura 6 representa el comienzo de la formación de una abertura en el terreno utilizando una barrena y aparato estabilizador tales como los representados en la Figura 4 y las Figuras 5A y 5B, respectivamente;

la Figura 7 representa la introducción completa de la barrena ahusada representada en la Figura 4 en el terreno, para formar una abertura en el terreno;

la Figura 8 representa la inserción parcial de una carcasa para sensor de humedad del suelo en la abertura preparada en el terreno; y

- 5 la Figura 9 representa la inserción completa de una carcasa para sensor de humedad del suelo en la abertura preparada en el terreno.

### Descripción detallada de realizaciones

10 Una barrena que se puede utilizar para crear una abertura en el terreno adecuada para insertar una carcasa de sensor alargada que presenta una forma externa con sección transversal circular y tiene un diámetro menor en el extremo de inserción con respecto al extremo no insertado (al que a veces se le denomina "extremo de cabeza") de la carcasa de sensor, implica la práctica de un método que, en al menos una realización, conforma una barrena con forma externa similar a la de la carcasa de sensor y que se puede utilizar en el terreno para formar una abertura en la cual se puede colocar la carcasa de sensor y hacer coincidir sustancialmente la superficie interna de la abertura con la superficie externa de la carcasa de sensor.

15 El método para conformar la barrena que se puede utilizar para crear una abertura en el terreno incluye, en una realización, conformar un eje que presenta una superficie externa dotada de sección transversal circular con un diámetro externo mayor en un extremo que en el otro extremo. En una realización, el eje puede ser de metal, en una realización preferiblemente de hierro y en otras realizaciones de acero, pero puede ser de cualquier material adecuadamente resistente y puede ser macizo o hueco. El eje puede haber sido conformado con antelación por otros para su uso posterior o bien se puede conformar como parte del proceso. El método para conformar una  
20 barrena ahusada se puede llevar a cabo en diversos pasos, y se puede realizar con piezas producidas por otros, describiéndose en la presente memoria el paso de combinar esas piezas para formar una barrena ahusada.

25 El método para conformar un eje adecuado puede incluir formar o comenzar con una varilla de diámetro constante (material de partida fácilmente disponible) y modificar el diámetro de la varilla a lo largo de su longitud de forma que la sección transversal circular se reduzca a lo largo de su longitud, lo que se puede lograr mediante un torno.

También se puede formar el eje a partir de más de una pieza, y puede constituir una unidad de dos piezas, por ejemplo, se puede formar el eje con dos piezas ensambladas adecuadamente.

30 La Figura 1 representa un ejemplo de la forma de un eje alargado 10 que mide aproximadamente 1410 mm de longitud, con una parte ahusada de 1200 mm de largo, que tiene sección transversal circular y mide aproximadamente 10 mm de diámetro externo en el extremo más ancho 16 y aproximadamente 10 mm en el extremo más estrecho 14, por lo que el eje tiene un diámetro externo mayor en un extremo que en el otro extremo. El eje conforme a la invención se fabrica mediante torneado de metal, en donde el ritmo de reducción del diámetro externo desde el extremo con mayor diámetro externo hasta el extremo con menor diámetro externo es constante. Preferiblemente, la conicidad del exterior del eje valdrá aproximadamente 5 mm por metro lineal, con una precisión  
35 preferible de 0,1 mm, en toda la longitud del eje.

40 El método de la invención incluye un paso de conformar una banda de material para que adquiera una forma helicoidal, con una pared interna de diámetro interno mayor en un extremo que en el otro extremo. La pared interna es la cara que mira hacia dentro de la banda helicoidal conformada, por lo que la pared interna no es continua si se observa lateralmente con respecto al eje longitudinal coaxial de la forma helicoidal, es decir, en ángulo recto con respecto a la longitud de la hélice. No obstante, aún es posible medir, estimar o concebir que existe un diámetro interno real de la banda conformada helicoidalmente en cualquier tramo particular a lo largo de la forma helicoidal y, más aún, que un eje ahusado con sección transversal circular tiene sin duda un diámetro externo que será complementario, con su forma, a la forma de la pared interna de la banda conformada helicoidalmente.

45 En una realización, la banda de material puede ser de metal, en una realización preferiblemente de hierro. Un material preferido para la banda de material es el acero dulce.

50 Preferiblemente, la banda tiene sección transversal rectangular. La Figura 2 representa una barra 20 con sección transversal rectangular que tiene, en una realización, una proporción 5 a 7 entre grueso y fondo, y en una realización tiene dimensiones de 5 mm de grosor por 7 mm de anchura, con una longitud de aproximadamente 2500 mm. El grosor del material de la banda es relativamente pequeño en comparación con el fondo, al objeto de permitir que el grosor de la aleta formada escarie mejor el suelo mientras penetra progresivamente en la abertura creada en el terreno. Un grosor mayor requeriría más fuerza hacia abajo sobre la barrena para desplazar el suelo y avanzar cortando eficazmente el terreno. El fondo del material de la banda es la mitad de la anchura que queda en cualquier punto de la barrena después de restar el tamaño del eje. Una realización de la banda, no representada, incluye un grosor reducido en el lateral de la banda que ha de escariar el suelo, con el fin de reducir aún más la fuerza  
55 necesaria para hacer girar la barrena mientras se crea la abertura en el terreno. El grosor reducido se puede lograr biselando o rebajando la esquina adecuada de la banda por medio de un torno u otra máquina adecuada. En una realización adicional, se conforma la banda para dar un trapecoide que tiene ángulos tales que, cuando ha sido

conformado en una forma helicoidal, se puede montar sobre un eje ahusado o de diámetro constante para proporcionar una aleta que, cuando se fija al eje, crea una barrenada con una forma externa ahusada desde el extremo de cabeza hacia el extremo de inserción.

5 La barra plana descrita en lo que antecede debe ser conformada para que adquiera una forma espiral (espiral helicoidal), y en una realización ello se logra alimentando un extremo de una barra metálica con la forma y longitud representadas en la Figura 2 a una máquina arrolladora de barra plana, siendo un ejemplo de una máquina de este tipo la máquina arrolladora de barra plana R4, disponible de Roundo Hässleholm, Suecia, que puede producir una barra 20' conformada helicoidalmente tal como la representada en la Figura 3A o en la Figura 3C, dependiendo del programa utilizado para controlar la fuerza aplicada a la barra a medida que la máquina la estira para darla forma.

10 En otra disposición adicional más para formar la espiral, sería posible arrollar la espiral por medio de un torno configurado para girar a una velocidad de trabajo determinada por la velocidad a la que debe realizarse la conformación de la espiral con forma helicoidal, mientras que se arrastra en la dirección de la flecha (Figura 3A) el material en banda sobre la longitud de un mandril 38 (arrastrar la banda sobre un mandril) que es hecho girar simultáneamente por el torno, de manera muy similar a como un fabricante resortes fabricaría un resorte.  
 15 La velocidad de trabajo mencionada no es difícil de determinar, ya que se conoce el avance deseado (en una realización, serán suficientes 10 mm por revolución), pero se puede utilizar cualquier avance deseado para calcular hacia atrás al objeto de determinar la velocidad de trabajo. En cualquier caso tampoco es difícil realizar varias pruebas, una vez que un cálculo aproximado proporcione un punto de partida. La Figura 3A ilustra la disposición descrita en lo que antecede, que muestra una ilustración simple del cabezal y husillo del torno 32 al cual está fijado un extremo del material 20' en banda en el extremo 32a del contrapunto y que gira, mostrando además una rueda  
 20 guía 33 y bastidor de soporte para guiar el material en banda sobre el mandril en un ángulo sustancialmente constante de 90° con respecto al eje longitudinal del mandril, que ayuda a lograr el control del avance de la espiral helicoidal. La separación entre las paredes discoidales de la rueda es un poco mayor que el grueso del material en banda y, al ser paralelas las paredes laterales del material en banda, la guía puede asegurar que la pared de la cara inferior del material en banda se mantiene sustancialmente paralela a la superficie del mandril. Puede ser posible  
 25 guiar el material en banda sobre la superficie del mandril sin rueda guía.

La herramienta 36 de alimentación transversal sobre la que está sujeta la rueda se puede mover no solamente a lo largo del mandril 38, sino que también se puede mover acercándose al diámetro variable del mandril, con el fin de  
 30 ayudar a guiar el material en banda sobre la superficie externa del mandril, con estrecha conformidad entre uno y otra.

En la Figura 3A se muestra una representación simple del extremo 32a del contrapunto y el manguito 34 que soporta un extremo del mandril 38 permitiéndole girar, y una representación simple de una herramienta 36 de alimentación transversal para soportar y guiar el material 20' en banda mientras se mueve a lo largo del mandril para arrastrar el material en banda sobre el mandril y que adquiera la forma helicoidal.

35 En una realización el mandril 38 está ahusado, siendo la conicidad del mandril tal que en una realización la proporción entre el diámetro externo del mandril en el extremo de cabeza con respecto al diámetro externo del mandril en el extremo de inserción es 8 a 5. En una realización preferida, el avance de la forma helicoidal es uniforme a lo largo de su longitud de 50 mm, y en otra realización el avance varía según se forma la espiral. La espiral formada mide solamente unos 30 cm de longitud cuando está lista para ser montada en el eje.  
 40 En cualquier caso, en una realización preferida el avance de la aleta montada a lo largo del eje variará, comenzando en 34 mm en el extremo de inserción y aumentando a 37 mm hacia el extremo de cabeza, y en otra realización el avance variará de 42 mm a 45 mm, como se describirá con mayor detalle más adelante en la presente memoria descriptiva cuando se describa el montaje de la aleta en el eje.

Se pueden utilizar al menos dos métodos para montar una espiral conformada helicoidalmente en un eje ahusado.

45 Un primer método incluye soldar una espiral helicoidal al eje mientras la espiral está bajo tensión. Para lograrlo, se estira la espiral sobre el eje hasta que lo toca por completo a lo largo de la mayor parte de la longitud total del eje y luego se suelda al eje solamente en cada extremo de la espiral, en o cerca del extremo de cabeza y en o cerca del extremo de inserción del eje, antes de liberar la tensión aplicada durante el estiramiento. La espiral distribuirá su forma helicoidal entre los puntos fijados y el avance resultará así parejo o bien aumentará uniformemente a lo largo  
 50 del eje. Se pueden utilizar soldaduras adicionales para asegurar la aleta al eje según se considere necesario, pero esto también puede incrementar la posibilidad de originar distorsión en el eje, que es relativamente delgado. La Figura 3B ilustra este método, mostrando un extremo 21 de la espiral 20' formada, unido a un bastidor 18a que resulta ser parte de una disposición de cabrestante, estando el eje ahusado preparado 10 suspendido del bastidor y unido al mismo por el extremo de mayor diámetro externo (en esta realización, el extremo con 16 mm de diámetro externo) y el extremo libre de la espiral 20' preformada está unido a la polea 18b del cabrestante (no mostrado).  
 55 Después se hace funcionar el cabrestante para estirar sobre la longitud del eje 10 la espiral 20' preformada, y se pueden mantener la tensión y la fuerza aplicadas a la espiral hasta que se fija al eje la espiral, típicamente por soldadura de la manera que se ha descrito en lo que antecede.

El segundo método consiste en sobreestirar la espiral para que adquiera un diámetro interno menor que el diámetro

externo del eje, de forma que golpeando ligeramente se pueda insertar la espiral sobre el eje, y después soldarla solamente en cada uno de los extremos, el extremo de cabeza y el de inserción. Cuando se utiliza este método se requiere mucho cuidado para evitar que se dañe la espiral cuando se monta en el eje. Este método es más adecuado cuando se utiliza una aleta preendurecida, ya que el endurecimiento posterior de una barrena completa puede tener el efecto de distorsionar su forma, por ejemplo creando una flexión indeseada, que luego precisa un trabajo adicional para rectificarla. El uso del método que involucra una aleta preendurecida también requerirá el recocido de las soldaduras para evitar fracturas prematuras.

Un detalle preferido de las opciones de aleta disponibles consiste en crear un avance que aumente desde el extremo de inserción (donde valga 34 mm, por ejemplo) hasta el extremo de cabeza (donde valga 37 mm, por ejemplo). Esta disposición asegura que el flujo de suelo no se ve restringido, ya que el suelo cortado (hasta entonces compacto) que entra en la barrena en el extremo de inserción se expande gradualmente a medida que sube por la aleta hacia el nivel del terreno, para ser eventualmente descargado lejos de la abertura que está siendo creada. En una realización, la fijación se puede conseguir mediante soldadura por puntos 42 (Figura 4) del material 20' conformado helicoidalmente, con preferencia dos veces y no más a lo largo del eje. Así, la barrena acabada tiene un diámetro externo de 23 mm en el extremo de cabeza y de 17 mm en el extremo de inserción, entre los cuales se sitúa, a lo largo del eje, la aleta.

En otra realización se endurece la barrena formada, que es enteramente metálica, y esto se consigue, en un ejemplo de endurecimiento, por inmersión en solución de cianuro calentada, seguida de un enfriamiento rápido con aceite (no mostrado). También se puede utilizar la inducción como método de endurecimiento, pero ello requiere una selección adecuada del metal de la barrena. Téngase en cuenta también que el acero con alto contenido de carbono deberá ser recocido antes de arrollarlo para formar la aleta helicoidal.

La barrena 40 que se representa en la Figura 4 parece estar representada a una escala mayor que la empleada en las Figuras 1 a 3, pero debe tenerse en cuenta que ninguna de las figuras está a escala, y son meramente ilustrativas del método y las formas de los artículos representados.

La Figura 4 también representa un borde cortante 44 situado en el extremo de la barrena 40, que tiene un diámetro externo menor que el resto de la barrena que forma el extremo de inserción de la barrena que, durante su uso, crea una abertura en el terreno adecuada para insertar un sensor alargado. El borde cortante 44 también crea un volumen en el suelo por debajo de la abertura destinada a albergar la carcasa de sensor, y este volumen creado se convierte convenientemente en un lugar de destino final para todo fragmento de suelo que caiga desde la barrena cuando se la extrae de la abertura y para cualquier fragmento de suelo que se desprenda de los lados de la abertura formada en el suelo cuando se inserta la carcasa de sensor en la abertura preparada. Así, el suelo acumulado puede depositarse en el volumen creado sin restringir indebidamente la introducción de la carcasa de sensor en la abertura, especialmente al final de su recorrido. Una forma de ayudar a despejar de suelo suelto el fondo de la abertura formada por la barrena consiste en humedecer ligeramente el suelo suelto vertiendo una pequeña cantidad de agua en la abertura cuando se aproximen las etapas finales de la formación de la abertura, lo que permite que el suelo se aglomere y se adhiera al extremo de la barrena, siendo llevado fuera de la abertura cuando se retira la barrena. El agua también es útil cuando el suelo extraído tiene aspecto seco, y el agua ayuda a mantener la integridad del suelo en las paredes de la abertura creada.

Así, el método para conformar una barrena 40 incluye preferiblemente el paso de fijar un miembro 46 de borde cortante al extremo del eje con menor diámetro externo. Cuando se utiliza un miembro separado, la fijación se puede efectuar soldando al eje el miembro 46 de borde cortante y nivelando y alisado cualquier exceso de material de soldadura. Preferiblemente, también se suelda 48 el borde cortante a la aleta 20' montada y fijada, para crear una transición suave entre las superficies en ángulo del borde cortante ascendente y la forma helicoidal de la aleta. Cuanto más suave sea la transición, mejor será el transporte del terreno cortado a lo largo del eje hacia la parte superior del eje. Allí, al menos parte del material del terreno cortado es retirado de la abertura al nivel del terreno. En una realización, el borde cortante de una barrena se forma a partir de una barra o banda plana de 23,5 mm de ancho por 4 mm de fondo, de acero 4140 con alto contenido de carbono, que se retuerce para formar 100 vueltas mientras está a una temperatura de 800 °C (una vuelta incluye ambas caras). La parte cortante tiene 75 mm de largo, formada mediante corte para crear un borde cortante puntiagudo o afilado (si se compara con la dureza del suelo). Se suelda el borde cortante formado al extremo de inserción de la aleta, así como al eje, mientras la zona de soldadura está a una temperatura de 500 °C. El endurecimiento de esta parte de la barrena se consigue mediante enfriamiento con agua desde una temperatura 800 °C atemperando hasta 550 °C. Las temperaturas utilizadas en la presente memoria descriptiva son indicativas, y los expertos en la técnica que utilizan técnicas de soldadura y enfriamiento rápido apreciarán las indicaciones proporcionadas, pero no aplicarán necesariamente las temperaturas indicadas.

En una realización, el extremo de mayor diámetro del eje 10 está constituido, por ejemplo, por un eje 43 de forma hexagonal, adecuado para ser insertado en el portabrocas de un taladro accionado eléctricamente. Esta forma se puede crear antes o después del momento en que se crea la forma ahusada. Una dimensión preferible para el accionador hexagonal es que pueda admitir una broca de 12,5 mm (½ pulgada), por lo que la cabeza hexagonal de la barrena debe tener una longitud mínima de 35 mm, midiendo 11,5 mm de ancho las caras que se pueden mecanizar sobre la sección transversal circular del eje.

- Además, el eje ahusado incluye preferiblemente, en el extremo de cabeza y por encima de la aleta, un tramo de 100 mm de longitud por 30 mm de diámetro externo, situado entre el extremo de la aleta y el comienzo del extremo de forma hexagonal de la barrena descrito en lo que antecede. Esta parte del eje puede no estar ahusada, y se prefiere no aplicar aleta a la misma. Sin embargo, en términos prácticos no es preciso que sea así, y entonces se prevé que en la práctica de formar la abertura se utilice solamente aquella parte de la barrena que tiene el tramo convenientemente ahusado de la barrena. En la práctica, si una pequeña parte de la abertura en la parte más alta de la abertura formada tiene diámetro constante, generalmente existirá cierta holgura y posibilidad de movimiento cerca de la superficie del terreno, de manera que se pueda insertar la carcasa de sensor hasta una profundidad predeterminada, utilizando una línea de referencia, lo que se describirá más adelante en la memoria descriptiva.
- 5 Así, en una realización preferida la longitud total de la barrena vale  $75 + 1200 + 100 + 35$  mm, igual a 1410 mm.
- El endurecimiento se puede conseguir mediante una serie de técnicas, siendo una de ellas la inmersión de la barrena ahusada formada en un baño de cianuro calentado a una temperatura de 840 °C a 850 °C, seguida de un enfriamiento rápido con aceite, atemperando hasta 450 °C. La inducción representa otra técnica, pero solamente si el material de la aleta es adecuado.
- 15 Es preferible someter a toda la barrena a endurecimiento superficial hasta aproximadamente 50 Rockwell.
- En una realización adicional más, el material 20' conformado helicoidalmente de la Figura 3C está configurado para tener un diámetro externo mayor en el extremo de cabeza que el diámetro externo en el extremo de inserción, y una longitud lineal de aproximadamente 2500 mm. Sin embargo, el diámetro interno es importante, e irá gradualmente de más ancho a más estrecho, siendo tal que la forma helicoidal discurrirá sobre el eje alargado con dimensiones iguales o similares a las representadas en la Figura 1. Preferiblemente, la conicidad del interior y el exterior de la barra 20' conformada helicoidalmente valdrá aproximadamente 5 mm por metro lineal.
- 20 La fijación de la realización adicional al eje es similar a la descrita más arriba. Sin embargo, se requerirá un cuidado especial para no sobreestimar la espiral en el extremo de inserción, ya que habrá menos material y, si se aplica la misma tensión, puede estirarse y hacer variar de manera impredecible el avance en el extremo de inserción con respecto al que tiene en el extremo de cabeza.
- 25 En otra realización existe un método para conformar una barrena que se puede utilizar para crear una abertura 76 (Figura 8) en el terreno, donde los pasos incluyen conformar un eje (no mostrado) que presenta una superficie externa con sección transversal circular dotada de un diámetro externo constante.
- Este método incluye además el paso de conformar un material en banda (no mostrado) para que adquiriera una forma helicoidal, donde el material en banda tiene, cuando está conformado, una pared externa con un diámetro externo mayor en un extremo que el diámetro externo en el otro extremo, y una estructura de pared interna de diámetro sustancialmente constante.
- 30 El método incluye además hacer pasar sobre el eje el material en banda conformado helicoidalmente, y que las dimensiones del diámetro externo del eje y el diámetro de la pared interna del material en banda que tiene forma helicoidal sean tales que la superficie externa del eje llegue a hacer tope contra la pared interna del material en banda conformado helicoidalmente (no mostrada) y se fije a la misma como se ha descrito más arriba.
- 35 El método incluye además fijar al eje en múltiples puntos (no mostrados) el material conformado helicoidalmente, para formar una barrena con aleta helicoidal ahusada.
- Todos los pasos adicionales descritos en la presente memoria en relación con las barrenas descritas e ilustradas en lo que antecede son igualmente aplicables a una barrena que tenga un eje de diámetro externo constante, con una aleta helicoidal ahusada.
- 40 En un paso alternativo adicional de conformar una barrena, se puede fijar al extremo con mayor diámetro externo de la barrena 40 una pieza terminal 41 para recibir un portabrocas. Haciendo referencia a la Figura 4, la parte 43 de la pieza terminal 41 para recibir el portabrocas está configurada para recibir un portabrocas de taladro de mano con motor, de modo que se pueda aplicar energía de rotación a la barrena. Preferiblemente, la pieza terminal estará hecha de metal y la fijación se habrá realizado mediante soldadura. La parte de la pieza terminal para recibir un portabrocas, representada en la Figura 4, tiene una sección transversal de forma hexagonal y forma el extremo libre de la barrena, y la parte 43 de base de la pieza terminal tiene una sección transversal circular de diámetro externo mayor que el de la parte para introducir en portabrocas y también que el de la barrena fijada al eje en el extremo de mayor diámetro externo de la barrena. Los detalles dimensionales preferidos se han proporcionado más arriba en el presente documento. En una realización, pero no una realización preferida, una parte de base circular de la pieza terminal está convenientemente ubicada y configurada para permitir que una mano firme del usuario de la barrena guíe y estabilice el extremo superior de la barrena mientras se usa. Sin embargo, si se utiliza el aparato estabilizador que se describe más adelante, es posible que no se requiera la parte de base circular.
- 45 50 55 Las Figuras 5, 6 y 7 ilustran la formación de una abertura 76 (Figura 8) en el terreno 70 utilizando una barrena 40 según una cualquiera de las realizaciones descritas en lo que antecede. Dicha barrena se puede utilizar para crear

una abertura en el terreno adecuada para insertar una carcasa de sensor alargada 74 (Figura 8) donde la carcasa de sensor presenta una forma externa dotada de sección transversal circular y que tiene un diámetro menor en el extremo de inserción en comparación con el extremo no insertado de la carcasa de sensor.

5 A la barrena 40 se le aplica energía de rotación con un taladro eléctrico de mano 50, proporcionando el operador una fuerza hacia abajo al mismo tiempo que el taladro proporciona la fuerza de rotación. El operador 52 (Figuras 6 y 7) controla la verticalidad de la barrena (con respecto a la superficie nominal del terreno) mientras esta se introduce en el terreno 70, pero no es crítico que la abertura preparada 76 (Figura 7) esté exactamente en ángulo recto con la superficie 71 del terreno.

10 En una disposición preferida se utiliza un aparato estabilizador tal como el representado en las Figuras 5A y 5B. Se proveen tres placas de base 54, 55 y 56 en un estado en el que están unidas, y se colocan de manera que la zona entre las mismas es donde se ha de crear la abertura 76 (Figura 8) en el terreno. Cada placa de base tiene en su extremo radial un collar 54', 55' y 56' a través del cual se puede insertar una espiga o preferiblemente tornillos 58 que luego se enroscan en el terreno para conectar la disposición estabilizadora al terreno y proporcionar una plataforma estable. Todos los collares tienen orificios, en la versión ilustrada tres orificios en la pared del collar, para permitir que el suelo que puede ser levantado hasta el nivel de la superficie durante el proceso de perforación caiga y no quede atrapado entre el tornillo 58 y el collar, lo que podría restringir el proceso de extracción. El cabezal del taladro tiene forma hexagonal para permitir que un taladro introduzca el tornillo en el suelo y lo extraiga del mismo. Aunque no se muestra, cerca de la cabeza del tornillo existe un orificio en el eje de la zona de la cabeza que permite disponer una varilla y posibilita la manipulación manual del tornillo, típicamente para extraerlo. El aparato estabilizador representado en la Figura 5B se coloca sobre terreno con surcos, y en la realización mostrada se utiliza una pata extensible 57 para permitir situar una placa de base adicional más abajo que las otras placas de base, al tiempo que se mantiene la parte superior de la disposición sustancialmente horizontal con respecto al suelo circundante en general. El aparato estabilizador incluye además una disposición 59 de collar que forma una abertura adecuada para insertar la barrena. La altura del collar (en una realización) mide aproximadamente 10 centímetros por encima de la plataforma, para ayudar al operador de la barrena mientras efectúa la operación y para minimizar o eliminar movimientos laterales o de inclinación indeseados de la barrena durante el proceso de creación de la abertura, pero preferiblemente el collar está dispuesto para articularse ligeramente (oscilar en torno al eje vertical nominal) de forma que, a medida que se introduce más la barrena en el terreno durante la perforación y posiblemente con un ligero ángulo desviado del ángulo recto con respecto al aparato estabilizador, la articulación disponible en el collar permite que la barrena continúe siendo guiada en lugar de desalinearse como lo haría dentro de un collar fijado de otro modo. El forzar la barrena a través del collar formando un ángulo crearía fricción contra partes del collar y contra el lateral de la aleta, lo cual es indeseable y podría, si la desalineación alcanzase un grado suficientemente elevado, impedir el paso de la barrena a través del collar o dañar el lateral de la aleta y hacer más dificultosa la tarea de crear la abertura.

35 Ocasionalmente, el operador 52 puede sacar la barrena 40 por completo y/o de manera parcial fuera de la abertura 76, mientras se está creando la abertura, al objeto de despejar las partículas de terreno arrastradas en la aleta helicoidal de la barrena. Una lámina 74 (por ejemplo, hojas de periódico) colocada debajo de la plataforma estabilizadora antes de instalarla puede recoger la tierra expulsada desde la barrena por encima del nivel del terreno. Así, cuando se ha completado la abertura 76 creada en el suelo, la tierra extraída puede eliminarse fácilmente de la zona, dejando una abertura limpia y sin escombros.

45 Tal como se muestra en las Figuras 8 y 9, la profundidad de la abertura 76 creada mide aproximadamente la longitud de la carcasa 74 de sensor, y para cerrar el extremo abierto de la carcasa de sensor se utiliza un tapón 78 estanco a la humedad y resistente, por lo que no es inusual que los últimos milímetros de recorrido del sensor introduciéndose en el terreno se faciliten pisando o martilleando la parte superior del sensor para que entre en el terreno hasta que la parte superior de la carcasa de sensor quede a ras con el nivel del terreno circundante. Preferiblemente, el sensor para suelo está construido para resistir este tratamiento. También puede ser útil humedecer el exterior del sensor antes de insertarlo en la abertura preparada, y aplicar además un movimiento de rotación también al sensor, en particular en suelos arcillosos.

50 En una realización del sensor, el tapón 78 contiene circuitos electrónicos: uno o varios de los cuales proporcionan registro de datos, suministro de batería y capacidad de comunicación de datos de modo que el sensor situado dentro de la carcasa es autosuficiente y está configurado para enviar de forma inalámbrica sus lecturas a una ubicación remota central para su almacenamiento, recopilación y ulterior procesamiento y análisis.

55 Se observará que la Figura 9 muestra que está en contacto con toda la superficie externa de la carcasa 74 de sensor suelo 70 inalterado. Esta es la condición ideal para maximizar la eficacia de los sensores dispuestos en una matriz dentro de la carcasa de sensor que, en una realización, están ubicados cada 10 cm a lo largo de toda la carcasa de sensor, proporcionando así un medio para registrar la humedad del suelo y otras características del suelo en la ubicación de la abertura 76 preparada en un campo de cultivo (no se muestra para no sobrecargar las figuras).

60 La ausencia de espacios de aire y huecos, en particular entre la superficie externa del sensor y el suelo circundante, se evita sustancialmente gracias a la forma externa ahusada de la carcasa de sensor y la abertura preparada, ya que las dos formas concuerdan antes de insertar el sensor y se van adaptando a medida que la carcasa de sensor

5 se encuentra con la superficie del suelo y queda uniformemente compactada cuando se empuja el sensor más profundamente dentro del terreno. En disposiciones anteriores de instalación de sensores para suelo, la abertura preparada y la carcasa de sensor podían concordar (en el sentido de ser ambas cilíndricas) pero ningún grado de presión hacia abajo mejoraría la adaptación entre la superficie externa de la carcasa de sensor y la pared de la abertura preparada, que es suelo inalterado. De hecho, no se podría satisfacer de manera consistente la necesidad de mantener la forma cilíndrica de la abertura, mientras que el uso descrito en lo que antecede de una barrena ahusada y una carcasa de sensor ahusada proporciona una adaptación automática de la carcasa de sensor a la pared interna de la abertura preparada.

10 El párrafo siguiente introducirá el concepto de volumen en el contexto del volumen de la abertura creada en el suelo y el volumen de una carcasa de sensor, ya que de otro modo es difícil expresar el tamaño de una abertura y/o de una carcasa de sensor formada por una pared que tienen un diámetro de sección transversal variable (cuando se describe una forma longitudinal dotada de una sección transversal circular) que en efecto se estrecha desde un extremo más ancho a un extremo menos ancho.

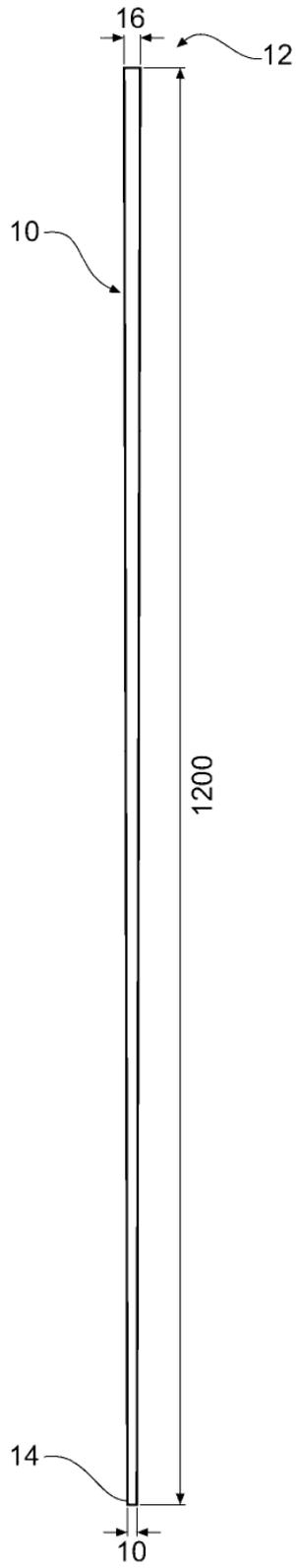
15 El tipo de suelo puede afectar a que el volumen de la abertura creada por una barrena proporcione o no un volumen coincidente en ese suelo para una carcasa de sensor que tenga un volumen particular. Por ejemplo, un tipo de suelo muy elástico tal como la arcilla se acomodará fácilmente a una abertura creada que tenga una coincidencia exacta o un volumen ligeramente más pequeño que la carcasa de sensor que se va a insertar, ya que la fuerza hacia abajo aplicada para insertar la carcasa de sensor asegurará que la superficie externa de la carcasa de sensor se adapte al suelo elástico circundante. Pero además, en un tipo de suelo con árido muy grueso, la forma ahusada del sensor para suelo ayudará a suavizar la superficie interna de la abertura en dicho suelo mientras es insertado hasta la profundidad total de la abertura preparada. Sin embargo, en otro ejemplo, cuando el tipo de suelo es, por ejemplo, un suelo de carbonato de clase 3, que se caracteriza por tener un alto contenido de cal finamente dispersa, el volumen de la abertura creada por la barrena debe coincidir exactamente con el volumen de la parte de la carcasa de sensor que se va a insertar, ya que ese tipo de suelo es realmente como cemento fraguado (sin árido) y no cederá sea cual sea el grado de fuerza utilizado para insertar la carcasa de sensor. Por lo tanto, es preferible tener en cuenta el tipo de suelo cuando se elige la barrena. Sin embargo, es concebible que a través de la experimentación sea posible encontrar una barrena con un volumen que convenga a la mayoría de los requisitos de instalación, o bien proponer diversos volúmenes de carcasa de sensor.

25 Por lo tanto, una barrena que se puede utilizar para crear una abertura en el terreno destinada a un sensor para suelo de uso en el terreno, que tiene un volumen predeterminado y una superficie externa ahusada, incluye una barrena producida de acuerdo con los métodos descritos y definidos en la presente memoria descriptiva.

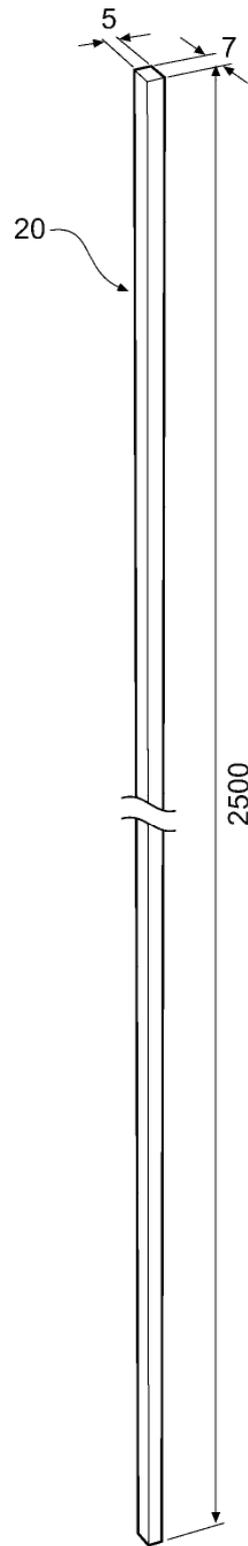
30 El volumen de la abertura creada por una barrena en el terreno proporcionará un volumen coincidente para una carcasa de sensor de un volumen predeterminado, de modo que sustancialmente toda la longitud de la superficie externa ahusada del sensor quede contigua al terreno a lo largo de toda la longitud o profundidad de la abertura creada.

**REIVINDICACIONES**

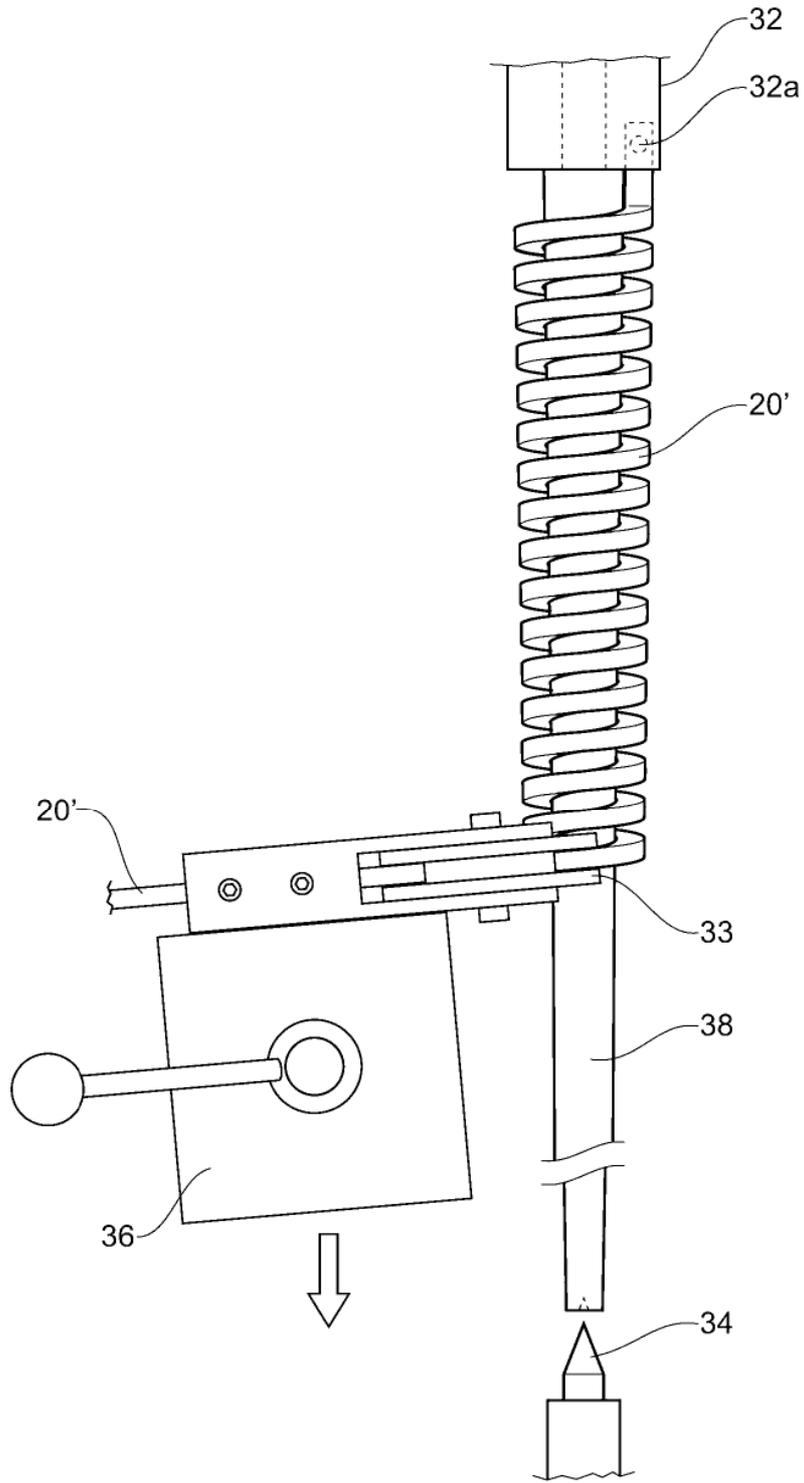
1. Un método para conformar una barrena que se puede utilizar para crear una abertura en el terreno, que incluye:
- 5 conformar mediante torneado de metal un eje (10) que presenta una superficie externa dotada de sección transversal circular que presenta un diámetro externo mayor en un extremo que en el otro extremo, existiendo una conicidad constante entre los extremos;
- conformar un material en banda para que adquiera una forma helicoidal, con una pared interna de diámetro interno mayor en un extremo que en el otro extremo;
- 10 hacer pasar el material conformado helicoidalmente sobre el diámetro externo del eje (10) hasta que una parte de la pared interna del material conformado helicoidalmente llega a hacer tope contra la superficie externa del eje (10); y
- fijar el material conformado helicoidalmente al eje (10) para formar una barrena ahusada (40) con aleta helicoidal.
2. El método según la reivindicación 1, que incluye el paso adicional de:
- fijar un miembro (46) con borde cortante para terreno al extremo del eje (10) con menor diámetro externo.
3. El método según la reivindicación 2, en donde también se fija el miembro de borde cortante al extremo adyacente del material conformado helicoidalmente.
- 15 4. El método según la reivindicación 1 en donde, en el paso de conformar una banda de material para que adquiera una forma helicoidal, el avance de la forma helicoidal aumenta desde el que tiene en el diámetro externo menor del eje (10) hacia el diámetro externo mayor del eje (10).
5. El método según la reivindicación 1, en donde el paso de conformar el material en banda rectangular para dar una hélice incluye los pasos siguientes:
- 20 fijar un extremo del material en banda al husillo de un torno (32), donde el torno tiene un extremo de cabezal y un extremo de contrapunto y se hace girar el husillo del torno a una velocidad de trabajo determinada por la velocidad a la que debe realizarse la conformación de la espiral con forma helicoidal; y
- 25 arrastrar en una parte de su longitud el material en banda, en la dirección que se aleja del husillo y sobre un mandril situado entre un extremo de cabezal y un extremo de contrapunto del torno.
6. El método según la reivindicación 1, que incluye además el paso siguiente:
- endurecer superficialmente la barrena (40) formada.
7. El método según la reivindicación 6, en donde el paso de endurecimiento superficial consiste en endurecimiento por inmersión en solución de cianuro calentada, seguida de un enfriamiento rápido con aceite.
- 30 8. El método según la reivindicación 1, en donde el eje (10) tiene una conicidad media de 5 mm por metro lineal.
9. El método según la reivindicación 1, en donde el eje (10) tiene una longitud de 1200 mm con una diferencia de 6 mm entre el extremo del eje (10) con mayor diámetro externo y el extremo con menor diámetro externo.
10. El método según la reivindicación 1, en donde el material en banda tiene sección transversal rectangular.
- 35 11. El método según la reivindicación 1, en donde el material en banda tiene una proporción 5 a 7 entre grosor y anchura.
12. El método según la reivindicación 1, en donde el material en banda tiene una longitud de 2500 mm antes de ser conformado en una forma helicoidal.



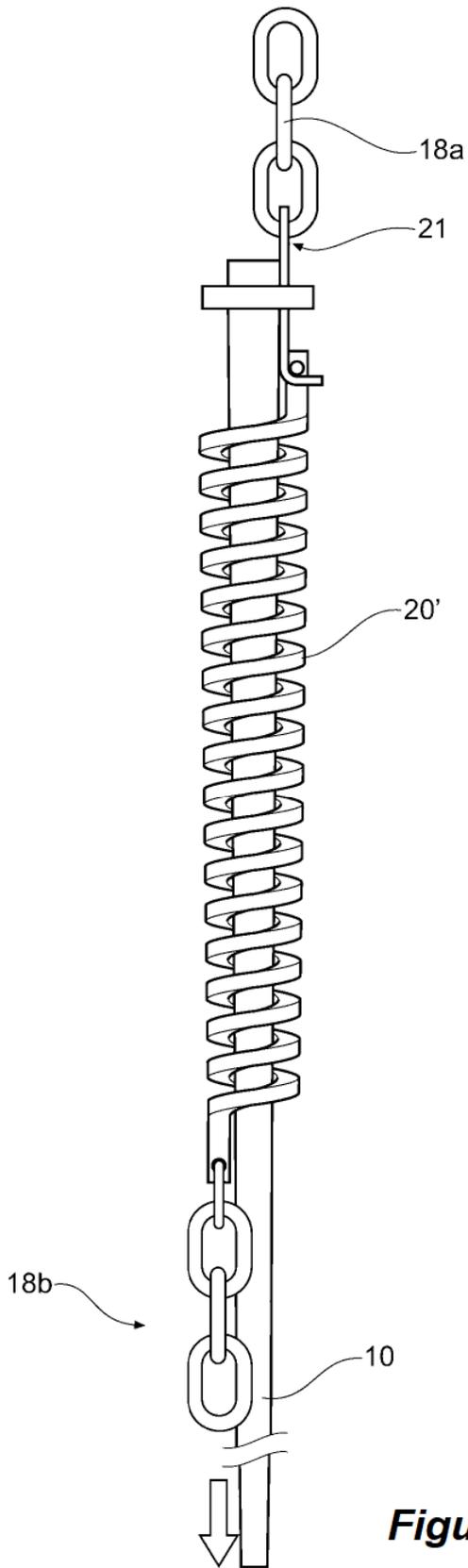
**Figura 1**



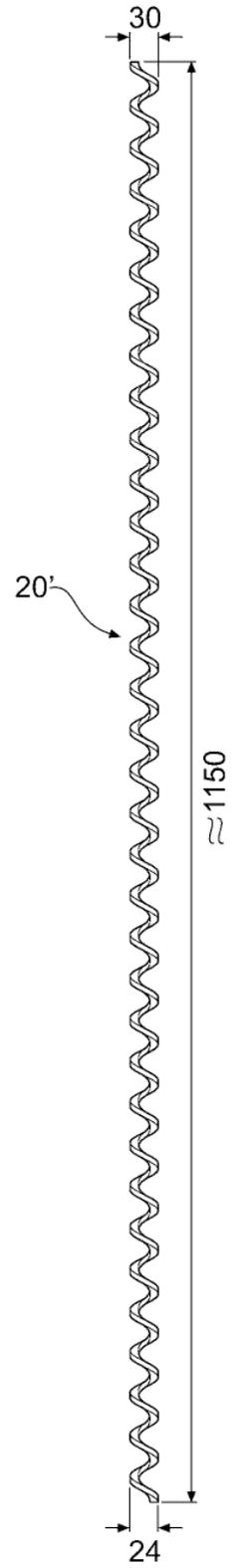
**Figura 2**



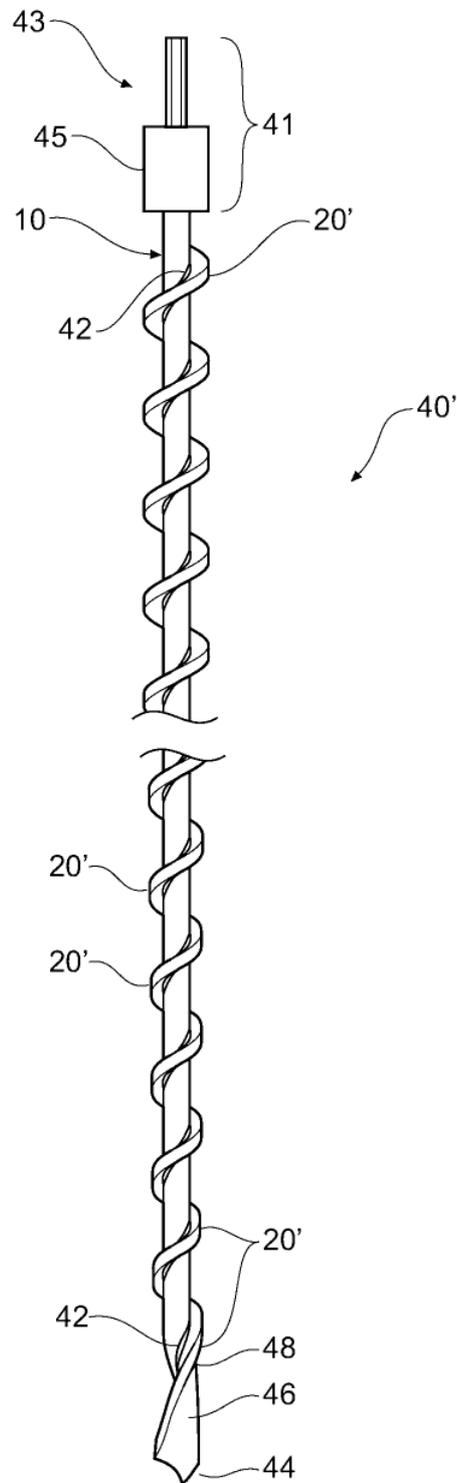
**Figura 3A**



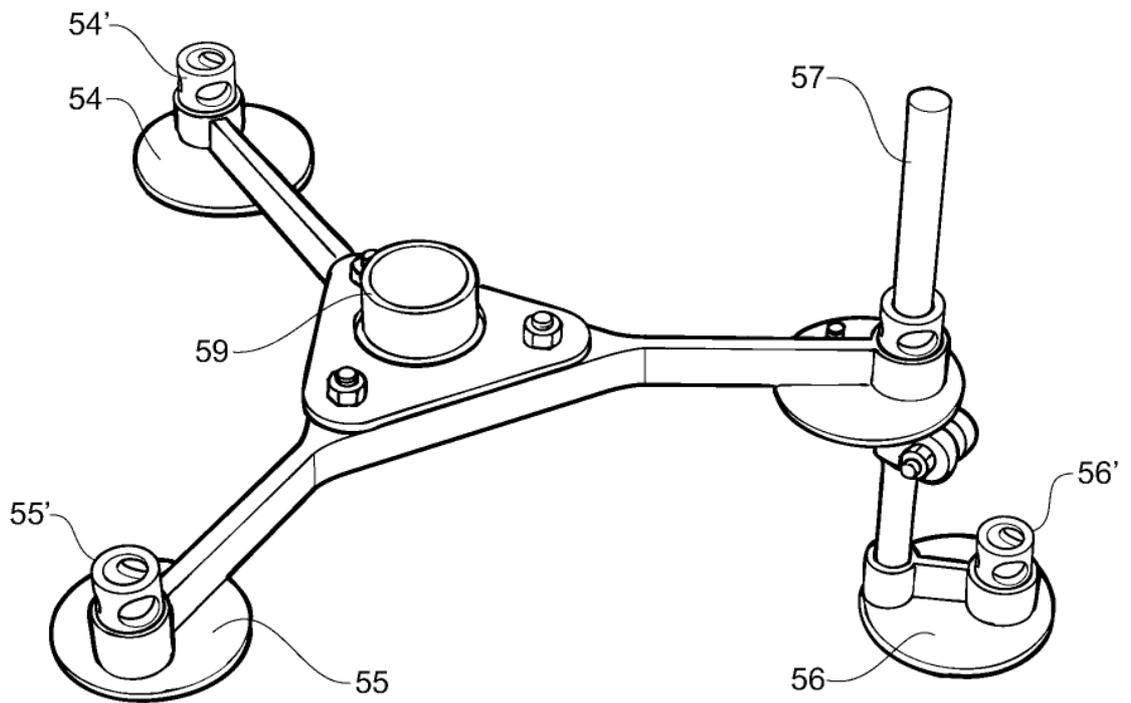
**Figura 3B**



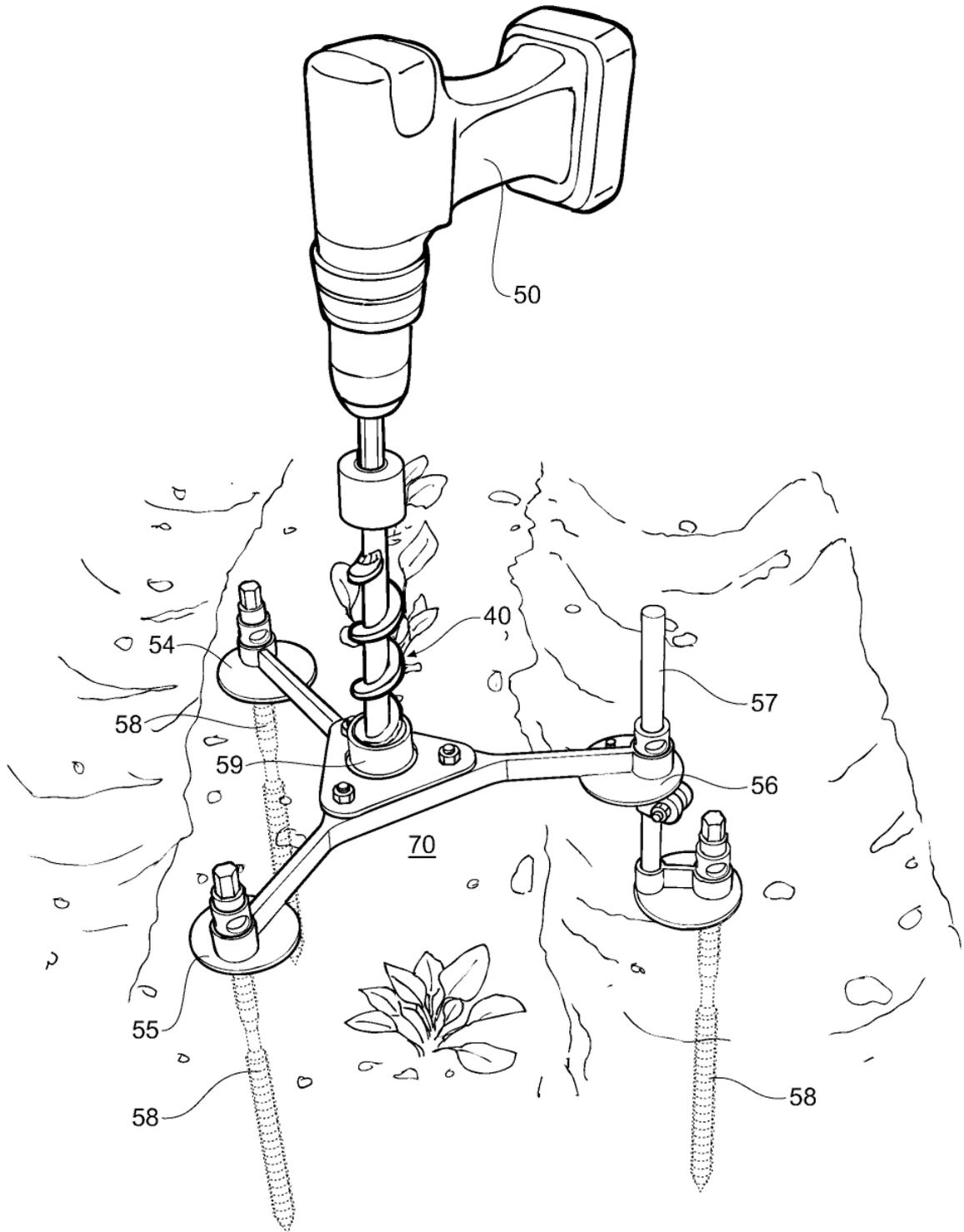
**Figura 3C**



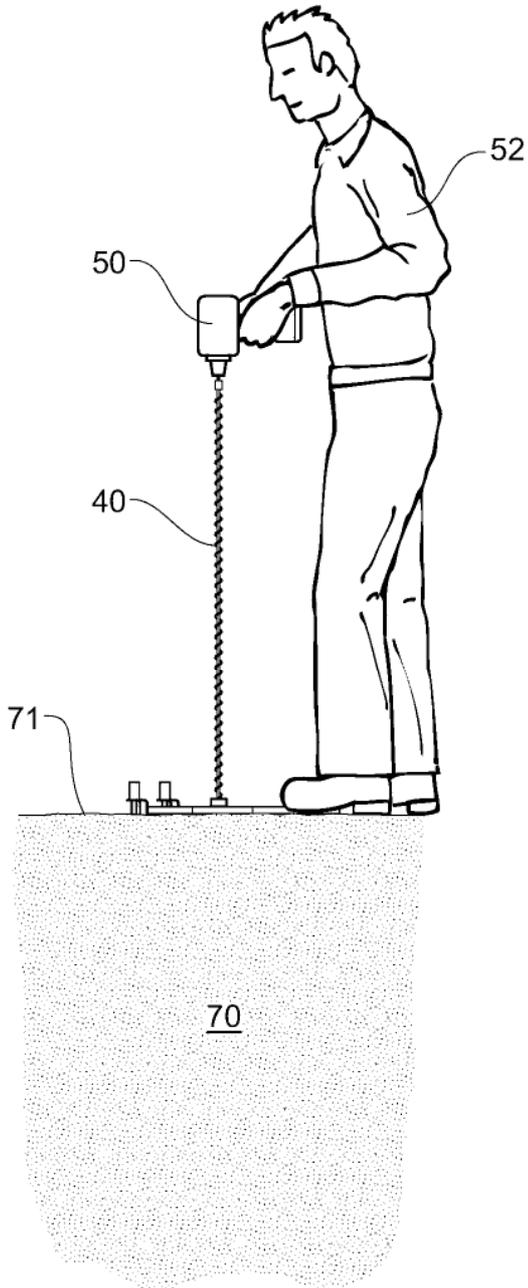
**Figura 4**



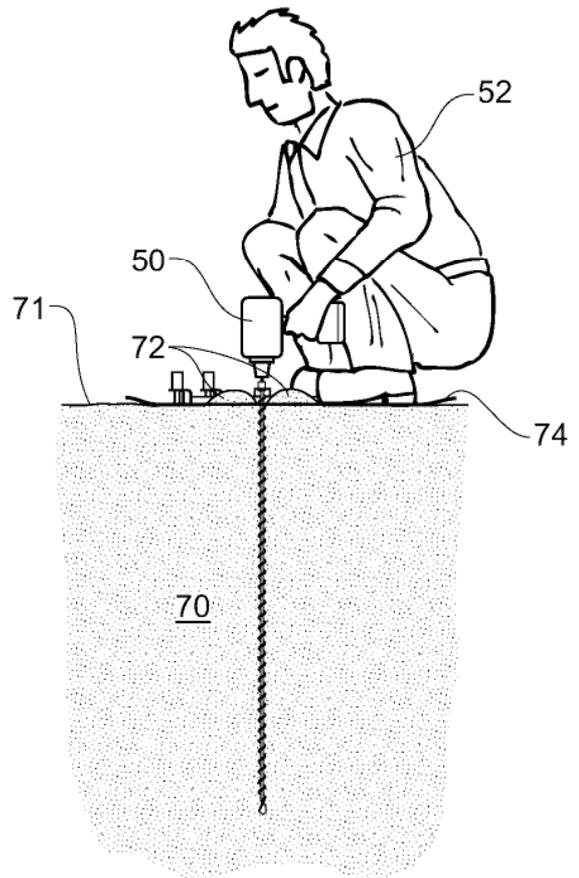
**Figura 5A**



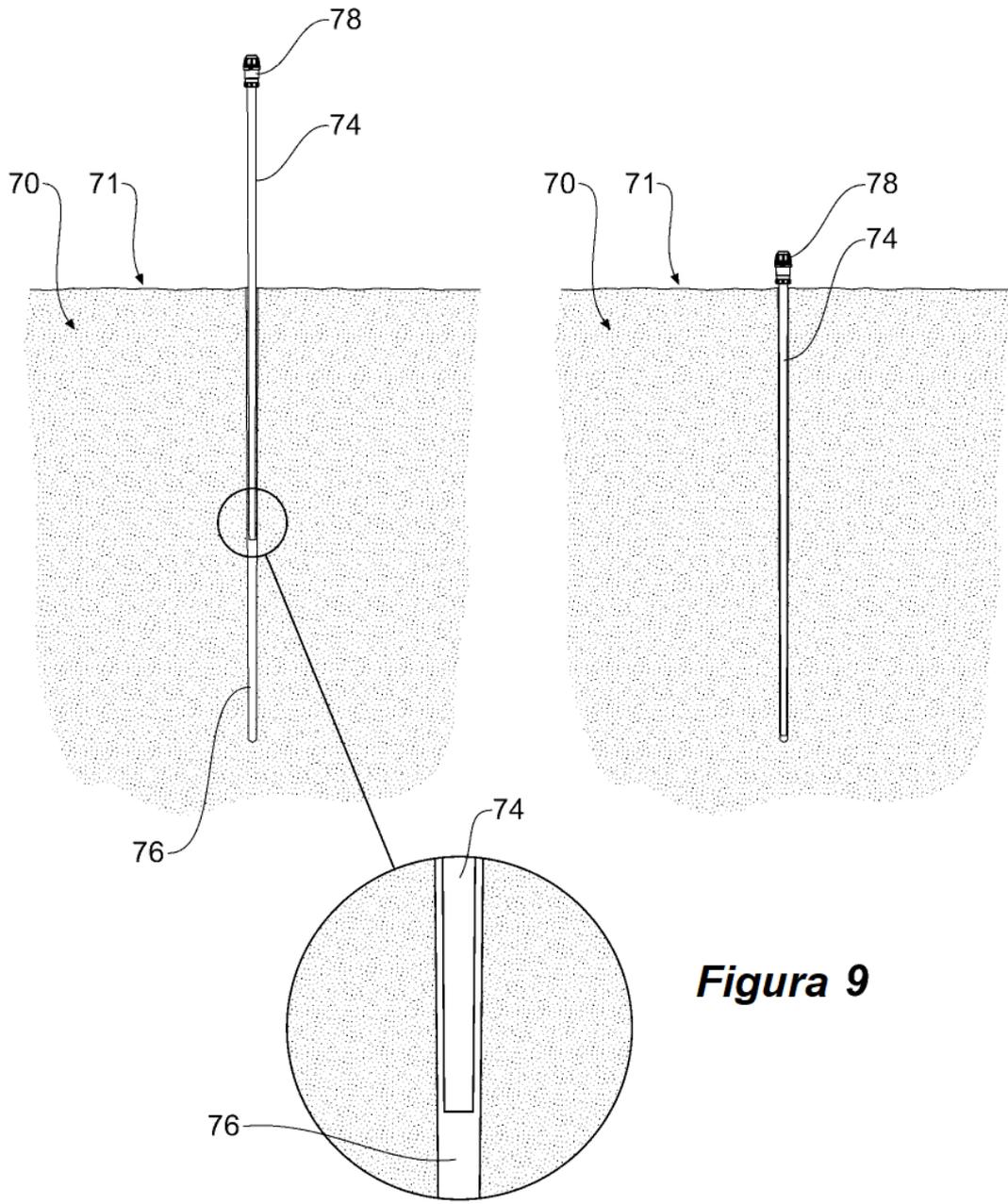
**Figura 5B**



**Figura 6**



**Figura 7**



**Figura 8**

**Figura 9**