

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 541**

51 Int. Cl.:

**G01N 22/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.11.2013 PCT/RU2013/001001**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2014 WO14077736**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.11.2013 E 13854958 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2921848**

54 Título: **Medidor de humedad para materiales a granel**

30 Prioridad:

**14.11.2012 RU 2012148490**

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

**13.09.2018**

73 Titular/es:

**PCE DEUTSCHLAND GMBH (50.0%)  
Im Langel 4  
59872 Meschede, DE y  
THE DESIGN BUREAU "FIZELEKTRONPRIBOR"  
LTD (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SIZIKOV, OLEG KREONIDOVICH;  
KONNOV, VLADIMIR VALERIEVICH;  
SILAEV, KONSTANTIN VLADIMIROVICH;  
SEMENOV, ANDREY SERGEEVICH y  
RAGAZIN, DENIS NICOLAEVICH**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 681 541 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**

Medidor de humedad para materiales a granel

**Campo de la técnica**

5 Esta solución de ingeniería se refiere a la instrumentación y puede ser usada en un entorno industrial para medir el contenido de humedad de la piedra triturada, arena, mezcla de hormigón, granos de cultivos u otros materiales a granel, así como para las mediciones durante el proceso anterior.

**Antecedentes de la invención**

10 Existe un medidor de humedad conocido para materiales a granel que comprende un generador de señales de microondas de sondeo, una cámara a ser llenada con un material medido, antenas de cuernos transmisoras y receptoras situadas en lados en oposición de la cámara, un transductor de señal de microondas de baja frecuencia conectado a la salida de la antena de cuernos receptora y a la entrada del dispositivo de medición (véase Benzar VK Microwave Measurement Technique - Minsk: Vysshaya Shkola, 1974, pp. 226 - 234).

15 El medidor de humedad conocido mide el contenido de humedad de un material basándose en la atenuación y en el desplazamiento de fase de la señal de sondeo que se propaga a través del material. Para eliminar la dispersión de la señal debido a la falta de homogeneidad, el tamaño de las partículas del material medido debe ser mucho más pequeño que el de la longitud de onda. El medidor de humedad conocido utiliza microondas de banda SHF. Por tanto, no puede ser aplicado para mediciones de humedad en materiales a granel como la piedra triturada, caucho granulado, etc. Además, en el caso de microondas de banda SHF, los materiales con alto contenido de humedad (por ejemplo, arena con un contenido de humedad superior al 14 - 16% en peso) pueden atenuar casi por completo la señal lo que limita también el alcance de la aplicación del medidor de humedad conocido.

20

Además, las antenas del medidor de humedad conocido deben estar acopladas al medio de propagación de la señal de microondas. En ausencia de tal acoplamiento, la señal de sondeo es reflejada repetidamente en las interfaces entre el material medido y una antena, lo que da lugar a errores de medición de la atenuación y, en consecuencia, a una determinación defectuosa del contenido de humedad. El factor anteriormente mencionado se compensa seleccionando el tamaño, el material y la forma apropiados de la cámara. Sin embargo, cuando las antenas del medidor de humedad están instaladas en una tolva industrial, aumenta el efecto de reflexiones múltiples, incluidas las de las paredes de la tolva, y aumenta el error de medición de la humedad.

25

Existe un medidor de humedad para materiales a granel conocido por la patente WO 96/38721 que consiste en una tolva metálica con paredes a ser llenadas con el material anteriormente mencionado; una varilla metálica instalada dentro de la tolva anteriormente mencionada y aberturas pasantes fijas en las paredes mencionadas anteriormente; un transductor principal formado por el conductor blindado exterior que es la tolva anteriormente mencionada con paredes, y un conductor de señal que es la varilla anteriormente mencionada, con el espacio entre ellos a ser llenado con el material anteriormente mencionado.

30

El primer extremo de la varilla metálica sirve como la entrada principal del transductor, mientras que el otro extremo de la varilla anteriormente mencionada sirve como la salida del transductor anteriormente mencionado;

35

un generador de señal de sondeo;

un dispositivo de medición.

40 Este medidor de humedad, similar al medidor de humedad anteriormente mencionado en esta memoria, mide los niveles de humedad del material según la atenuación y el desplazamiento de fase de la señal de sondeo de microondas que se propaga a la entrada del transductor principal. Según se ha mencionado anteriormente, la precisión de dicho método de medición de humedad depende del acoplamiento entre la impedancia de onda del transductor principal y la impedancia de onda de los cables conectados a la entrada y salida del transductor. Para proporcionar el acoplamiento anteriormente mencionado en la entrada y en la salida del transductor principal, los medidores de humedad conocidos comprenden cuernos de transición en los que ambas bocinas de cuernos están aisladas del material medido mediante una placa dieléctrica transparente a las microondas.

45

Sin embargo, los cuernos de transición aseguran el acoplamiento dentro de un intervalo de variación de impedancia de onda comparativamente estrecho del transductor principal. Debe mencionarse que la impedancia de onda depende tanto del tipo de material medido (grano de trigo, semillas de girasol, arena, piedra triturada, etc.) como del contenido de humedad del material. Con tamaños de cuerno fijos, el acoplamiento se consigue sólo para un tipo específico de material y con niveles de humedad que varían dentro de un intervalo limitado. Por tanto, el medidor de humedad descrito en la patente WO 96/38721 no proporciona mediciones precisas para un material seleccionado aleatoriamente con un valor de humedad aleatorio. Este medidor de humedad no es universal y proporciona solamente la medición de aquellos materiales para los que los cuernos de transición fueron seleccionados específicamente respecto a los parámetros de diseño.

50

La complejidad estructural y la necesidad de seleccionar tamaños de cuernos de transición según el material medido deben ser mencionadas entre las desventajas del medidor de humedad conocido. Para asegurar una medición precisa de la amplitud y fase de la señal de sondeo de salida, el medidor de humedad conocido debe comprender un circuito de referencia que se suma a la complejidad de su diseño.

- 5 La placa dieléctrica incorporada en los cuernos de transición para aislar el material medido disminuye la resistencia mecánica de la estructura. Por tanto, es imposible usar este medidor de humedad para controlar materiales tales como mena o piedra triturada.

### Concepto de la invención

El objetivo de la invención presente es:

- 10 (i) permitir mediciones inmediatas de humedad en materiales a granel en el proceso de producción sin muestreo,  
(ii) mejorar la precisión de la medición;  
(iii) simplificar el diseño del medidor de humedad,  
(iv) asegurar que las mediciones son independientes de la densidad del material a bajos niveles de humedad.

15 El objetivo anteriormente mencionado se realiza mediante un medidor de humedad según la reivindicación independiente 1.

Se han sugerido tres formas de disponer la varilla metálica en la tolva. La elección de una forma específica viene determinada por la conveniencia de la instalación y depende del tamaño y de los detalles específicos del diseño de la tolva, de las situaciones de los soportes exteriores y de las características específicas del llenado del material a granel y de su paso por la tolva.

- 20 La primera forma implica que las aberturas de las paredes de la tolva que sostienen la varilla metálica están hechas en paredes de la tolva en oposición de tal manera que el eje de la varilla metálica es paralelo al menos a una de las paredes de la tolva.

La segunda forma implica que ambas aberturas están hechas en la misma pared de la tolva, la varilla tiene forma de  $\Pi$  y está instalada a lo largo de la pared de la tolva anteriormente mencionada.

- 25 La tercera forma implica que ambas aberturas están hechas en la misma pared o en dos paredes adyacentes de la tolva, la varilla tiene forma de C y tiene su eje paralelo al menos a una de las paredes de la tolva.

Las ventajas de la segunda y de la tercera formas de diseño e instalación de las varillas metálicas en comparación con la primera se deben al hecho de que la varilla está sometida a un menor esfuerzo por parte del material a granel y es menos propensa a deformarse. Además, cuando la tolva es llenada con material de alta densidad (piedra triturada o arena), las paredes de la tolva pueden deformarse. Por tanto, se produce voltaje en la varilla metálica en el caso en que se usa la primera forma. La segunda y la tercera formas, donde las aberturas (9, 10) están hechas en la misma pared (3), ayudan a eliminar este problema.

- 30 No sólo debe medirse la parte real de la permitividad (o constante) dieléctrica compleja, sino también la parte imaginaria para asegurar mediciones de humedad altamente precisas. La última se determina basándose en el nivel de atenuación de la señal de sondeo del material. Según el diseño del medidor de humedad, esto se consigue debido a que la célula de medición comprende una resistencia cuya primera salida está conectada a la salida del generador, mientras que la segunda salida está directamente conectada a la entrada del transductor principal; un primer detector conectado a la primera salida de la resistencia y que proporciona la medición del voltaje de salida del generador; y un segundo detector conectado a la segunda salida de la resistencia y que proporciona la medición del voltaje de entrada del transductor principal; las salidas de ambos detectores están conectadas al dispositivo de medición.

35 Es deseable tener en cuenta la temperatura del material además de su valor de permitividad dieléctrica compleja para asegurar una medición precisa del contenido de humedad. Con este fin, el medidor de humedad puede incluir un sensor de temperatura para material a granel cuya salida está conectada al dispositivo de medición.

- 40 La varilla metálica puede tener una abertura en un extremo a lo largo del eje de la varilla, y un sensor de temperatura, por ejemplo, un termopar, instalado dentro de la abertura.

45 El material a granel debe permanecer estático durante el proceso de medición, y su cantidad, es decir, el nivel de llenado de la tolva, debe ser estable para conseguir una medición de alta precisión. Este requisito puede ser cumplido, en particular, equipando la tolva con una compuerta que cubre su abertura de descarga, y un actuador de control de compuerta con el interruptor electrónico que genera una señal de control de medición y está conectado al dispositivo de medición.

Las Figuras 1 - 8 ilustran la esencia de la solución de ingeniería sugerida.

**Descripción breve de los dibujos**

La Figura 1 ilustra el medidor de humedad para materiales a granel.

La Figura 2 ilustra la vista A del transductor principal mostrado en la Figura 1.

5 La Figura 3 ilustra la sección B - B del transductor principal mostrado en la Figura 1. La ilustración muestra la opción del transductor principal con el conductor de señal hecho con forma de una varilla metálica recta con un sensor de temperatura instalado en su interior.

La Figura 4 ilustra la opción del transductor principal con ambas aberturas hechas en la misma pared de la tolva, y una varilla con forma de  $\Gamma$  instalada a lo largo de la pared de la tolva anteriormente mencionada.

10 Las Figuras 5 y 6 ilustran la opción del transductor principal con ambas aberturas hechas en la misma pared de la tolva, y una varilla con forma de C instalada con su eje paralelo a la segunda pared de la tolva adyacente a la primera pared de la tolva.

La Figura 7 ilustra la opción de transductor principal con ambas aberturas hechas en paredes adyacentes de la tolva, y una varilla con forma de C instalada con su eje paralelo a una tercera pared de tolva, por ejemplo, formada por la compuerta.

15 La Figura 8 ilustra el diseño de la célula de medición.

**Realización de la invención**

20 El medidor de humedad para materiales a granel comprende un generador de señal de sondeo 1, una unidad de control electrónico 2, un transductor principal formado por el conductor blindado exterior 3 y un conductor de señal 4, el espacio entre ellos a ser llenado con un material a granel medido 5, la célula de medición 6 y un dispositivo de medición 7. La entrada de control del generador 1 está conectada a la unidad de control electrónico 2. La célula de medición 6 está conectada entre la salida del generador 1 y la entrada del transductor principal 8. El dispositivo de medición 7 está conectado a la unidad de control electrónico 2 y la célula de medición 6.

25 El generador de señal de sondeo (1) con una entrada de control está basado en un generador de señal armónico controlado por frecuencia. Una tolva metálica llena con un material a granel medido 5 es usada como el conductor blindado exterior 3 del transductor principal. El conductor de señal 4 tiene la forma de una varilla metálica instalada dentro de la tolva y fijada en las aberturas 9 y 10 en las paredes de la tolva 3. Hay un aislador dieléctrico 11 instalado entre la varilla 4 y la pared de la tolva 3 dentro de la abertura 9 en el primer extremo de la varilla metálica 4 que sirve como la entrada principal 8 del transductor. El otro extremo de la varilla metálica 4 está conectado a una pared 3 de la tolva metálica a través de la abertura 10 o cerca de la abertura 10 de manera que forma un contacto eléctrico entre ellos en el punto de conexión;

30 La tolva comprende una compuerta 12 que cubre la abertura de descarga de la tolva y un actuador de control de compuerta 13. El actuador 13 de la compuerta 12 está equipado con un interruptor electrónico 14 conectado al dispositivo de medición 7 y genera una señal para permitir la medición con la compuerta 12 cerrada.

35 La célula de medición 6 comprende una resistencia 15 cuya primera salida está conectada a la salida del generador 1, y la otra salida está conectada a la entrada 8 del transductor principal; un primer detector 16 conectado a la primera salida de la resistencia 15; un segundo detector 17 conectado a la segunda salida de la resistencia 15; las salidas de los detectores están conectadas al dispositivo de medición 7.

40 El medidor de humedad puede comprender también un sensor de temperatura de material a granel 18, donde la salida del sensor 18 está conectada al dispositivo de medición 7. El extremo (cara final) de la varilla metálica 4 tiene un hueco 19 a lo largo del eje de la varilla, y dentro del hueco está instalado el sensor de temperatura 18, por ejemplo, un termopar.

45 El principio de funcionamiento del medidor de humedad implica la determinación del contenido de humedad en un material a granel basado en su permitividad dieléctrica compleja: no sólo se mide la parte real (como en el prototipo), sino también la parte imaginaria de este parámetro. A continuación, basándose en estos parámetros, el contenido de humedad del material es determinado teniendo en cuenta la temperatura del material.

La permitividad dieléctrica compleja del material es determinada basándose en las mediciones de los siguientes parámetros:

- 50 - la frecuencia de resonancia del transductor principal determinada durante un ajuste del generador de señal armónica basada en el valor mínimo de la impedancia de entrada del transductor principal lleno de un material a granel;
- la impedancia de entrada del transductor principal a una frecuencia de resonancia con el transductor lleno de un material a granel;

- El medidor de humedad opera de la siguiente manera: la unidad de control electrónico 2 ajusta el generador (1) dentro del intervalo de sus frecuencias de operación. Simultáneamente, durante el ajuste, se miden los voltajes en la primera y segunda salidas de la resistencia 15 de la célula de medición 6. Para la medición se usan los detectores semiconductores 16 y 17, que convierten las señales de alta frecuencia en unidades de baja frecuencia. Los valores de voltaje  $U_{16}$  y  $U_{17}$ , medidos a la salida del primer detector 16 y a la salida del segundo detector 17, respectivamente, son enviados a la entrada 7 del dispositivo de medición. El dispositivo de medición 7 determina la relación de voltajes ( $U_{17}/U_{16}$ ). Se consigue el mínimo de la relación de voltaje ( $U_{17}/U_{16}$ ) cuando la impedancia de entrada del transductor principal es mínima. Usando el valor medido de esta relación y el valor conocido de la impedancia de la resistencia 15, el procesador del dispositivo de medición 7 calcula el valor de esta impedancia. Una vez que se alcanza el mínimo, la frecuencia de la señal armónica producida por el generador 1 es determinada y recordada. Esta frecuencia, tomada de la longitud geométrica conocida del conductor de señal, permite calcular el coeficiente de acortamiento de la onda electromagnética del material medido, ya que en el momento de la impedancia de entrada mínima un número entero de semilongitudes de onda está ajustado a la longitud del transductor principal. Además, se calcula la permitividad dieléctrica compleja basándose en la impedancia de entrada calculada teniendo en cuenta el coeficiente de acortamiento calculado. Usando tablas de conversión creadas para un conjunto de temperaturas e integradas en la memoria del procesador, el contenido en peso de la humedad es determinado para un material a granel particular. El resultado obtenido es transmitido desde la salida del dispositivo de medición 7 por medio de una interfaz digital (por ejemplo, la RS485) o por una señal de corriente de 4 - 20 mA a un indicador exterior o a un controlador de procesos industriales.
- Debe mencionarse que el proceso de medición del medidor de humedad sugerido puede realizarse de dos maneras.
- Primera manera: por medio de la unidad de control 2, el generador 1 es ajustado por frecuencia de tal manera que la relación de señal ( $U_{17}/U_{16}$ ) en la salida de la célula de medición 6 es mínima; cuando se alcanza el mínimo, el dispositivo de medición 7 cuenta la frecuencia de la señal de sondeo y el valor de la impedancia de entrada del transductor principal.
- Segunda opción: el dispositivo de medición 7 mide la relación ( $U_{17}/U_{16}$ ) para un número de frecuencias del intervalo de frecuencia alrededor del punto mínimo, es decir, lee la característica de frecuencia completa de la impedancia de entrada del transductor principal.
- Debe tenerse en cuenta que la unidad de control electrónico 2 del generador 1 con capacidad de reajustar el generador en el intervalo de sus frecuencias de operación puede ser realizada de dos maneras:
- con un sintetizador que genera una frecuencia de generador basándose en un código digital definido por el dispositivo de medición 7 con un procesador integrado;
- con una etapa analógica que ajusta el generador 1 hasta que se alcanza la relación de señal mínima ( $U_{17}/U_{16}$ ), en cuyo caso la célula de medición 6 y el dispositivo de medición 7 comprenden unidades de medida para medir la frecuencia de la señal de sondeo.
- El proceso de medición debe ser realizado con la compuerta 12 cerrada para aumentar la precisión. La señal que permite la medición es generada por el interruptor electrónico 14 y es transmitida a la entrada del dispositivo de medición 7. El interruptor electrónico está conectado al actuador de control de la compuerta 13. El momento de generación de la señal habilitadora es determinado por los modos de llenado y descarga de la tolva.
- Si la tolva es llenada continuamente con un material a granel y la compuerta 12 está abierta para enviar solamente una porción del material a la tolva aguas abajo, los cambios pueden ser iniciados con un breve retraso después del cierre de la compuerta 12 y continuar todo el tiempo mientras la compuerta permanece cerrada.
- Si la tolva es usada como un equilibrio para la agregación de una masa definida de un material a granel seguido de la apertura de la compuerta 12, entonces las mediciones de humedad deben comenzar antes de que la compuerta 12 se abra y terminar una vez que esté abierta.

45

**REIVINDICACIONES**

1. Medidor de humedad para materiales a granel (5) comprendiendo:
- una tolva metálica con paredes (3) diseñada para ser llenada con el material (5) anteriormente mencionado;
- 5 una varilla metálica (4) instalada dentro de la tolva anteriormente mencionada y fijada en las aberturas (9, 10) hechas en dichas paredes (3);
- un transductor principal formado por un conductor blindado exterior (3) que es la tolva con paredes (3) anteriormente mencionada, y un conductor de señal (4) que es la varilla (4) anteriormente mencionada con el espacio entre ellos diseñado para ser llenado con el material anteriormente mencionado; un primer extremo (8) de la varilla (4) anteriormente mencionada sirve como la entrada del transductor principal anteriormente mencionado;
- 10 una unidad de control electrónico (2);
- un generador de señal de sondeo (1) con una entrada de control basada en un generador de señal armónico controlado por frecuencia tiene una entrada de control conectada a la unidad de control electrónico (2) con la capacidad de reajustar el generador (1) dentro del intervalo de sus frecuencias de operación;
- un dispositivo de medición (7);
- 15 **caracterizado por que:**
- la abertura (9) del primer extremo de la varilla anteriormente mencionada entre la varilla anteriormente mencionada y la pared de la tolva anteriormente mencionada comprende un aislador dieléctrico (11), y el otro extremo de la varilla (4) anteriormente mencionada está conectado a la pared (3) de la tolva anteriormente mencionada de tal manera que forman un contacto eléctrico entre ellas en el punto de conexión; una célula de medición (6) comprendiendo un detector (17) conectado al primer extremo (8) de la varilla (4) anteriormente mencionada está conectado entre la salida del generador (1) y la entrada al transductor principal (8);
- 20 el dispositivo de medición (7) está conectado a la célula de medición (6) anteriormente mencionada y a la unidad de control electrónico (2) haciendo que sea posible determinar el contenido de humedad mediante el valor de la frecuencia con el que se consigue la impedancia de entrada mínima del transductor principal anteriormente mencionado.
- 25 2. El medidor de humedad según la reivindicación 1, **caracterizado por** el hecho de que las aberturas (9, 10), en las que está fijada la varilla anteriormente mencionada, están situadas en las paredes en oposición (3) de la tolva.
3. El medidor de humedad según la reivindicación 1, **caracterizado por** el hecho de que las aberturas (9, 10), en las que está fijada la varilla (4) anteriormente mencionada, están situadas en la misma pared (3) de la tolva anteriormente mencionada, la varilla tiene forma de  $\Pi$  y está instalada en la tolva a lo largo de la pared (3) anteriormente mencionada.
- 30 4. El medidor de humedad según la reivindicación 1, **caracterizado por** el hecho de que las aberturas (9, 10), en las que está fijada la varilla (4) anteriormente mencionada, están situadas en la misma pared (3) o en dos paredes adyacentes de la tolva anteriormente mencionada, la varilla tiene forma de C y su eje es paralelo al menos a una de las paredes (3) de la tolva (3) anteriormente mencionada.
- 35 5. El medidor de humedad según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, **caracterizado por** el hecho de que comprende un sensor de temperatura (18), instalado dentro de la abertura (19), situado en el extremo de la varilla (4) anteriormente mencionada y perforado a lo largo del eje de esta varilla.
6. El medidor de humedad según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, **caracterizado por** el hecho de que su célula de medición anteriormente mencionada comprende una resistencia (15), su primer terminal está conectado a la salida del generador (1) anteriormente mencionado y a un segundo detector (16) y su segundo terminal está conectado a la entrada anteriormente mencionada del transductor principal; las salidas de los detectores 16 y 17 están conectadas al dispositivo de medición (7) anteriormente mencionado.
- 40 7. El medidor de humedad según la reivindicación 6, **caracterizado por** el hecho de que comprende además un sensor de temperatura (18), instalado dentro de la abertura (19), situado en el extremo de la varilla (4) anteriormente mencionada y perforado a lo largo del eje de esta varilla.
- 45 8. El medidor de humedad según la reivindicación 1, **caracterizado por** el hecho de que su tolva anteriormente mencionada comprende además una compuerta (12) con la capacidad de cerrar su abertura de salida y un actuador de control de la compuerta (13), conectado a un interruptor electrónico (14) que forma la señal para habilitar las mediciones y conectado al dispositivo de medición anteriormente mencionado.
- 50 9. Medidor de humedad según la reivindicación 1, **caracterizado por** el hecho de que su dispositivo de control electrónico (2) anteriormente mencionado tiene la forma de un sintetizador, que forma la frecuencia del generador (1) mediante el código digital generado por el dispositivo de medición (7), que comprende una unidad de proceso.

10. Medidor de humedad según la reivindicación 1, **caracterizado por** el hecho de que su dispositivo de control electrónico (2) anteriormente mencionado tiene la forma de una cascada analógica, que resintoniza el generador (1) hasta que se alcanza una relación de señal mínima ( $U_{17}/U_{16}$ ), mientras que el dispositivo de medición (7) debe comprender una unidad de medición de la frecuencia de la señal de sondeo.

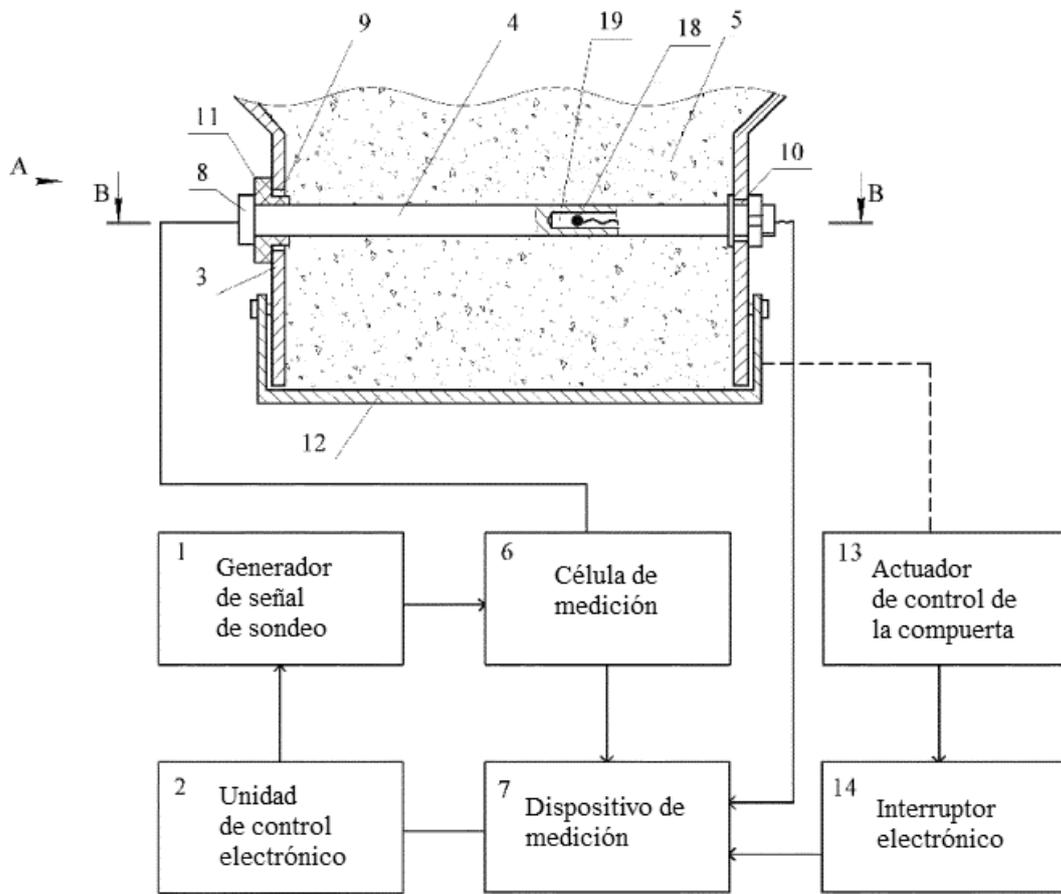
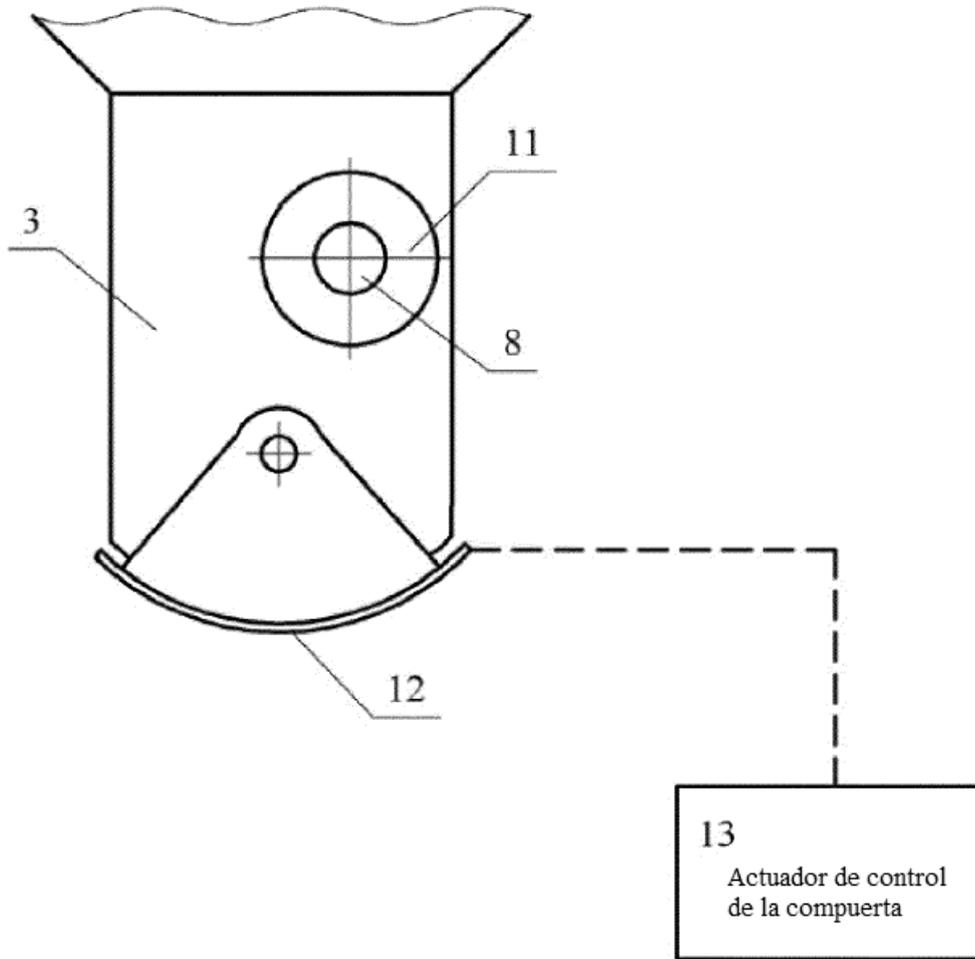
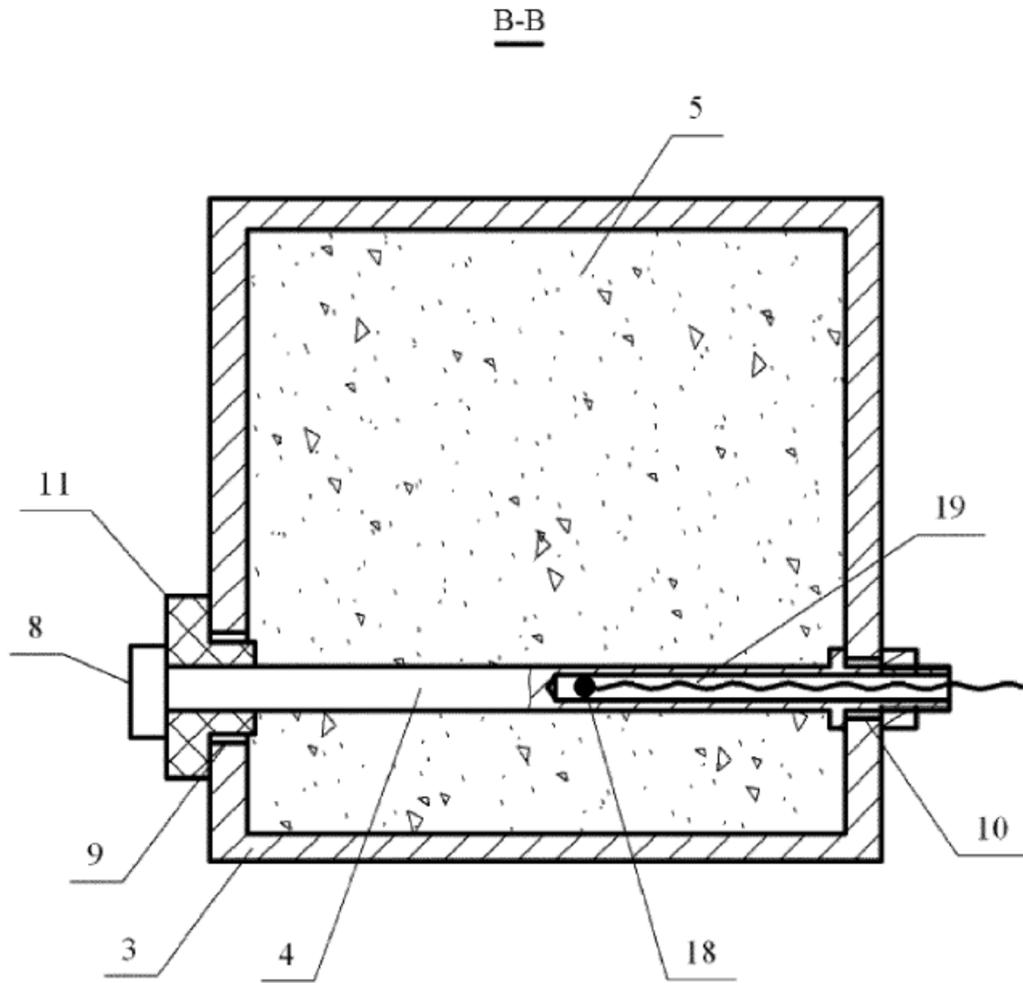


Fig. 1

**VISTA A**



**Fig. 2**



**Fig. 3**

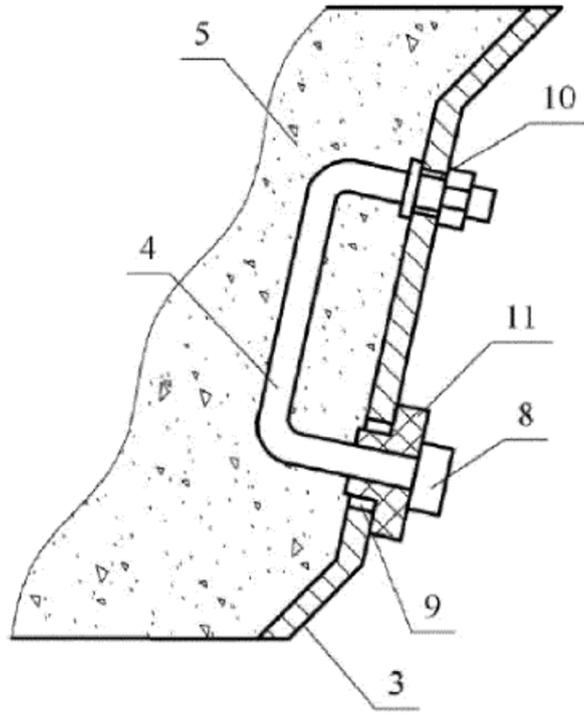


Fig. 4

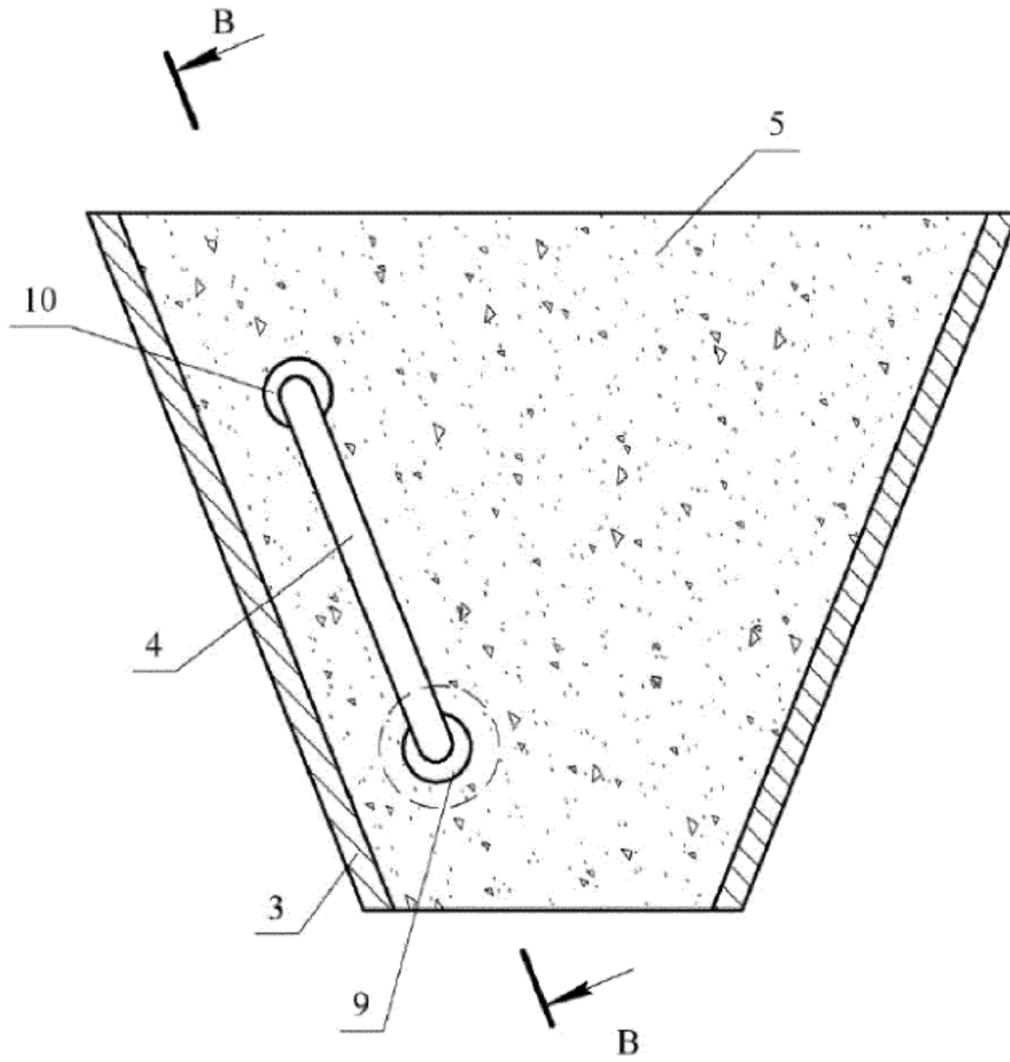
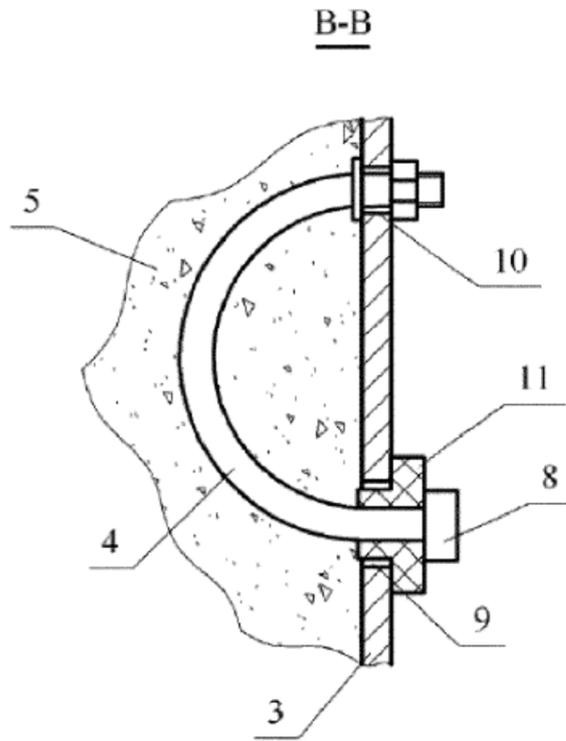


Fig. 5



**Fig. 6**

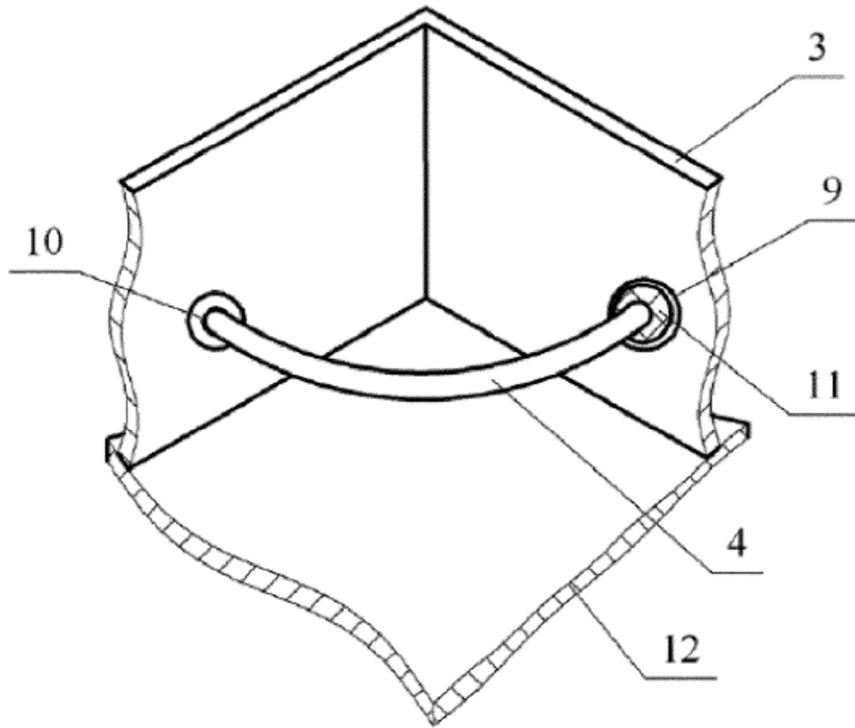


Fig. 7

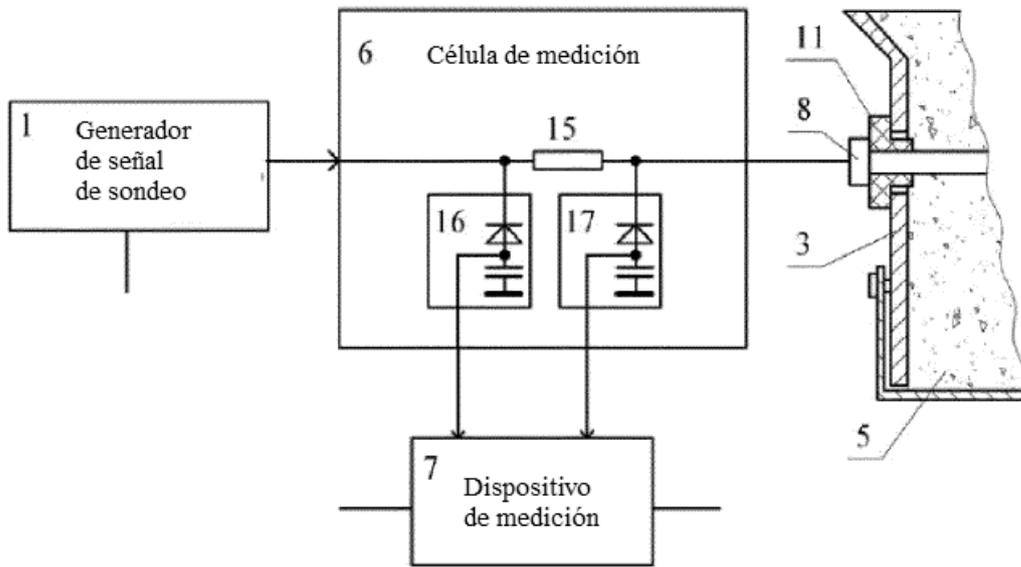


Fig. 8