

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 808**

21 Número de solicitud: 201830237

51 Int. Cl.:

G01N 27/04 (2006.01)

G01N 33/38 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

09.03.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

16.09.2019

71 Solicitantes:

**INNOVATING 4M, S.L. (100.0%)
C/ CONCA DE TREMP, 64
08032 BARCELONA ES**

72 Inventor/es:

**REAL HERRAIZ, Teresa Pilar;
BAYDAL GINER, Beatriz;
LABRADO PALOMO, Miriam;
ESPERT BALLESTER, Víctor;
RIBES LLARIO, Francesc;
ANDRÉS LOPEZ, Laura;
COLOMER ROSELL, Ernesto;
OLCINA SANTOS, Juan José;
SANCHO BRU, Ana y
NÚÑEZ CUENCA, Sheila**

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

54 Título: **DISPOSITIVO Y PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN**

57 Resumen:

Dispositivo y procedimiento para la determinación de la resistencia a compresión del hormigón.

Dispositivo para la determinación de la resistencia a compresión del hormigón a través de la medición de la resistividad eléctrica del hormigón, que comprende dos sondas de excitación y dos sondas de medición, comprendiendo cada una de ellas un respectivo electrodo, estando dichas cuatro sondas destinadas a quedar introducidas en el hormigón en estado de fraguado y teniendo cada una de ellas un extremo proximal y un extremo distal, en el que:

- las citadas sondas de excitación están conectadas, por sus respectivos extremos proximales, a un circuito que genera una diferencia de potencial entre los electrodos de las sondas; y
- las sondas de medición están conectadas a un dispositivo de medición de una diferencia de potencial, una intensidad de corriente, una resistencia eléctrica aparente o un potencial eléctrico entre los electrodos de las sondas.

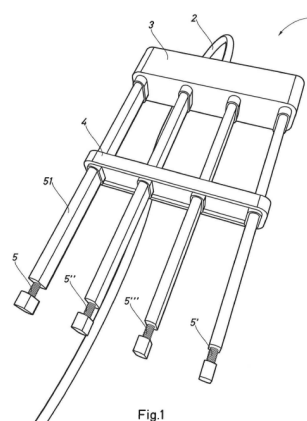


Fig.1

ES 2 724 808 A1

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento para la determinación de la resistencia a compresión del hormigón

5

La presente solicitud hace referencia a un dispositivo y a un procedimiento para la determinación de la resistencia a compresión del hormigón. El dispositivo y el procedimiento objeto de la presente invención resultan especialmente adecuados para la determinación de la resistencia mecánica del hormigón en edades tempranas. Más en concreto, el dispositivo de la presente invención es utilizado para una toma de datos durante el proceso de fraguado y/o de endurecimiento del hormigón con objeto de determinar dicha resistencia a compresión.

10

El hormigón es un material poroso y heterogéneo elaborado con un amasado de compuestos y agua. En el interior de la estructura porosa del hormigón existe una distribución iónica dependiente de la composición química del hormigón, es decir, dependiente de los materiales empleados en la fabricación del hormigón tales como cemento, áridos, aditivos y adiciones. Los iones quedan disueltos en el agua que permanece en la estructura porosa del hormigón. Estos iones comprenden iones positivos (+) conocidos como cationes y iones negativos (-) conocidos como aniones. Los compuestos del hormigón, entre otros factores, determinan la resistencia a compresión del hormigón, e indirectamente se puede relacionar esta resistencia con la resistividad eléctrica.

15

20

Durante el fraguado, el agua comprendida en el hormigón comienza a evaporarse, surgiendo una estructura interna de intersticios que anteriormente estaba ocupada en su totalidad por agua y que a medida que avanza el proceso de fraguado queda ocupada por aire y agua, afectando así a las propiedades del hormigón. Esta estructura interna de intersticios dificulta el proceso de determinar la resistencia real del hormigón.

25

La determinación de la resistencia mecánica del hormigón de forma teórica a partir de su composición no resulta útil debido al efecto de factores externos como las condiciones climáticas en obra y la variabilidad de las condiciones de fraguado y de la evaporación del agua.

30

El fraguado del hormigón comprende desde que se amasa el hormigón hasta que este endurece. Este proceso no suele durar más de 2 días. La medición de la resistencia puede

35

durar hasta los 28 días que es cuando el hormigón, ya fraguado y en etapa de endurecimiento, alcanza su máxima resistencia.

El método directo de determinación de la resistencia mecánica del hormigón consiste en la colocación de probetas en unos moldes entre 16 horas y tres días. Después de ese tiempo se retiran de los moldes y se curan bien en agua o en una cámara. Pasado un tiempo desde su fabricación, se comprimen hasta la rotura en una máquina de ensayo de compresión. A partir del registro de la carga máxima alcanzada por la probeta, se puede calcular la resistencia a compresión del hormigón. Dichas probetas se rompen a los 1, 3, 7, 14 y 28 días desde su fabricación. Este método es el más eficaz y exacto para conocer la resistividad eléctrica del hormigón a nivel de probeta, en laboratorio, aunque este proceso tiene una demora excesiva en la obtención de los resultados (28 días), suponiendo grandes inversiones para subsanar las deficiencias en obra si finalmente son negativos. Además son incapaces de obtener una evolución temporal de la resistencia, no tienen en cuenta las condiciones existentes en obra y, por ser un ensayo destructivo, supone un gasto adicional en material.

Los métodos de determinación de la resistencia mecánica del hormigón no destructivos (NDT) permiten evaluar la resistencia del hormigón antes de los 28 días basados en pruebas mecánicas o en parámetros físicos. Ejemplos de los primeros son el martillo Schmidt o el ensayo de penetración. Estos métodos presentan el inconveniente de que la medición puede verse afectada por características de la superficie tales como la rugosidad. Ejemplos de los segundos son el caso de ultrasonidos o el método de madurez, los cuales no afectan la integridad del hormigón aunque no son capaces de ofrecer resultados fiables para el hormigón en estado fresco.

Por otro lado, la resistividad eléctrica del hormigón ya fraguado puede ser calculada por métodos y dispositivos ya conocidos. Estos dispositivos se utilizan para medir la resistividad del hormigón, pero estos son manuales, no automáticos ni miden de forma continua. Dichos dispositivos realizan las medidas a nivel de superficie. Estos dispositivos de tipo conocido son utilizados de forma habitual para otros fines no relacionados con la determinación del valor de la resistencia a compresión del hormigón, y no traducen la resistividad en resistencia a compresión. Por ello, dicha tecnología no es idónea para el control y monitorización en obra. De dicha no idoneidad surge la necesidad de crear una nueva configuración de medidor.

Entre dichos métodos de medición de la resistividad eléctrica del hormigón ya fraguado podemos citar los siguientes. El método del disco emplea como electrodos una barra en el interior del hormigón y un disco en su interior para evaluar la corrosión de las armaduras en el hormigón. El método de las dos puntas es un método manual que no puede asegurar un
5 correcto contacto entre los electrodos y la superficie del hormigón, pudiendo verse distorsionada la medida de la resistividad del hormigón. El método de Wenner se basa en la disposición de cuatro electrodos, dos electrodos sirven para medir la corriente que atraviesa el hormigón, mientras que los otros electrodos miden la diferencia de potencial del campo eléctrico aplicado sobre el hormigón.

10

Es un objetivo de la presente invención dar a conocer métodos y dispositivos que resuelven los inconvenientes antes citados de determinación de la resistencia mecánica del hormigón. El dispositivo dado a conocer en esta invención permite un método de medición de la resistencia mecánica del hormigón a partir de la medición de la resistividad eléctrica del
15 mismo. Más en concreto, la presente invención da a conocer un dispositivo para la determinación de la resistencia a compresión mecánica del hormigón y su evolución a partir de la medición de la resistividad eléctrica del hormigón durante las etapas de fraguado y de endurecimiento, gracias a la correlación entre dicho parámetro y la resistencia a compresión. El dispositivo objeto de la presente invención dispone de medios de medición que quedan
20 embebidos en el hormigón. La presente invención no requiere de destrucción de probetas.

El método para la determinación de la resistencia a compresión del hormigón dado a conocer en esta invención, utilizando la medida de la resistividad eléctrica en las etapas de fraguado y de endurecimiento como el principal indicador, no está contemplado en ninguna
25 solución comercial a día de hoy. A diferencia de métodos conocidos, este método permite a su vez una monitorización continua de la resistividad del mismo material. También permite obtener resultados "a tiempo real", efecto imposible con los métodos utilizados actualmente, que requieren de un mínimo de 28 días para conocer la resistencia a través de la rotura de probetas, siendo pues un método de medición indirecto más fiable que los comercializados
30 actualmente.

La resistividad eléctrica del hormigón durante las etapas de fraguado y de endurecimiento depende de su composición y del grado de evaporación. Por lo tanto, la medición, preferiblemente continua, de la resistividad eléctrica del hormigón permite, para una
35 composición dada, determinar las condiciones de fraguado y con ello la resistencia mecánica del hormigón, tanto instantánea como final.

Más concretamente, la presente invención da a conocer un dispositivo para la determinación de la resistencia a compresión del hormigón a través de la medición de la resistividad eléctrica del hormigón que comprende dos sondas de excitación y dos sondas de medición, comprendiendo cada una de ellas un respectivo electrodo, estando dichas cuatro sondas destinadas a quedar introducidas en el hormigón en estado de fraguado y teniendo cada una de ellas un extremo proximal y un extremo distal, en el que:

- las citadas sondas de excitación están conectadas, por sus respectivos extremos proximales, a un circuito que genera una diferencia de potencial entre los electrodos de las sondas; y

- las sondas de medición están conectadas a un dispositivo de medición de una diferencia de potencial, una intensidad de corriente, una resistencia eléctrica aparente o un potencial eléctrico entre los electrodos de las sondas.

El dispositivo que se da a conocer en la presente invención aprovecha el fenómeno de la movilidad iónica para la medición de su resistividad eléctrica. Dicha medición se realiza mediante la aplicación de un campo eléctrico en una pieza de hormigón en estado de fraguado y/o de endurecimiento a través de unas sondas. Dicho dispositivo tiene la capacidad de enviar datos de forma continua, por lo que dicho procedimiento se repite de forma continua en el tiempo. Dicha medición continua de la resistividad eléctrica durante los estados de fraguado y/o endurecimiento permite estimar o determinar la resistencia mecánica a compresión del hormigón ya fraguado.

Preferentemente las sondas de medición del dispositivo están situadas entre las sondas de excitación. Más preferentemente las cuatro sondas del dispositivo objeto de la invención están dispuestas paralelas entre sí. De manera aún más preferente, las cuatro sondas del dispositivo de la invención son equidistantes entre sí. Con objeto de favorecer la medida, las cuatro sondas del dispositivo objeto de la invención presentan en su superficie externa un relieve para facilitar la adhesión con el hormigón. Preferiblemente, dicho relieve comprende un roscado, lo que facilita el ensamblaje final del dispositivo.

Los electrodos del dispositivo de la invención consisten preferentemente en barras metálicas, preferiblemente siendo dichas barras metálicas de acero inoxidable. En una realización preferente, las sondas comprenden una cobertura de un material no conductor

que deja al descubierto una parte del electrodo. Dicha parte al descubierto es la que queda en contacto con el hormigón durante el proceso de fraguado. El material no conductor será preferiblemente plástico. De manera aún más preferente, dicho plástico es ABS (acilonitrilo butadieno estireno). Para la unión de dicho plástico se puede usar de forma preferencial pero no limitativa, acetona.

Preferentemente, el dispositivo comprende un cabezal que recibe las partes proximales de las sondas y que comprende en su interior conexiones electrónicas.

Preferentemente, el dispositivo objeto de la presente invención comprende un dispositivo de control que recibe mediciones efectuadas por el dispositivo.

Preferentemente, el cabezal comprende el citado circuito que genera una diferencia de potencial y el citado dispositivo de medición de una diferencia de potencial. Alternativamente, dicho circuito que genera una diferencia de potencial y el citado dispositivo de medición pueden situarse en el cabezal, o fuera de éste. De manera especialmente preferente, el citado cabezal comprende medios de unión desmontable con las sondas, por ejemplo tuercas. Esto permite, por ejemplo, reutilizar el cabezal mientras que las sondas y/o los electrodos quedan en el hormigón ya endurecido.

Según otro aspecto, la presente invención también comprende un método para la determinación de la resistencia mecánica del hormigón caracterizado porque comprende la medición de la resistividad eléctrica del hormigón durante diversos momentos del proceso de fraguado y/o de endurecimiento.

Preferentemente, dicho procedimiento comprende etapas de embeber en el hormigón dos sondas de excitación y dos sondas de medición durante la etapa de fraguado, generar una diferencia de potencial entre las sondas de excitación y medir la diferencia de potencial entre las sondas de medición.

Preferentemente, la citada medición de resistividad se realiza de manera continua.

Aún más preferentemente, el método comprende una etapa de utilización de una red neuronal para la medición de la resistencia mecánica del hormigón.

De manera especialmente preferente, los datos de entrada en la citada red comprenden los siguientes datos: tipo de cemento, razón agua/cemento, porcentaje de finos y diámetro máximo de la grava. Preferentemente, los datos de entrada comprenden también la cantidad de cemento. Aún más preferentemente, los datos de entrada comprenden un valor de consistencia obtenida mediante ensayo, preferentemente el ensayo del cono de Abrams.

Preferentemente, el método también comprende una corrección de la medición de la resistividad eléctrica basada en la temperatura. Para ello, preferentemente, el dispositivo objeto de la presente invención también comprende un sensor de temperatura. Preferentemente, el dispositivo también comprende un sensor de humedad.

La presente invención también comprende la utilización de un dispositivo según la presente invención en un método de medición según la presente invención.

Para su mejor comprensión se adjuntan, a título de ejemplo explicativo pero no limitativo, unos dibujos de un ejemplo de realización de la presente invención.

La figura 1 muestra una vista en perspectiva del dispositivo de la presente invención.

La figura 2 muestra una vista en perspectiva de un ejemplo de colocación del dispositivo en una pieza de hormigón.

La figura 3a muestra de forma esquemática el efecto de migración iónica producida en el interior de la estructura porosa del hormigón. La figura 3b muestra de forma esquemática el efecto de migración iónica producida en el interior de los intersticios del hormigón.

La figura 4 muestra una vista superior de la conexión de los circuitos de alimentación y de medición del dispositivo de la presente invención a las sondas del dispositivo.

La figura 5 muestra un ejemplo del circuito de excitación de las sondas de la presente invención.

La figura 6 muestra una señal bipolar cuadrada y de frecuencia controlada obtenida para la excitación de las sondas de excitación.

La Figura 1 muestra una realización de un dispositivo según la presente invención que comprende dos sondas de excitación -5-, -5'- y dos sondas de medición -5''-, -5'''-. Las sondas de la Figura 1 están dispuestas de forma paralela y equidistantes entre sí, y comprenden una cobertura de un material no conductor -51- que deja al descubierto de manera controlada una parte del electrodo.

El dispositivo del ejemplo comprende un cabezal -3- que recibe las partes proximales de las sondas y que en el ejemplo mostrado comprende en su interior las conexiones electrónicas que resulten necesarias (no mostradas). Dicho cabezal comprende medios de unión desmontable con las sondas, en este caso tuercas. Dichas tuercas también tienen como función la sujeción de las citadas conexiones electrónicas. El dispositivo del ejemplo comprende un elemento rigidizador -4- para mantener constante la separación entre electrodos.

La figura 2 muestra un ejemplo de utilización del dispositivo -1-. El dispositivo -1- aparece situado en una pieza de hormigón -6- en los estadios finales de fraguado (el encofrado no ha sido representado). Todas las sondas están inmersas dentro del hormigón, de tal manera que la parte de los electrodos que queda al descubierto queda en contacto con el hormigón. El cabezal está conectado a una unidad de control vía un bus -2-. Alternativamente, las sondas pueden estar completamente embebidas dentro del hormigón.

La aplicación de un campo eléctrico sobre una pieza de hormigón cualquiera genera el paso de una intensidad de corriente. Esta intensidad de corriente produce un movimiento acelerado de iones disueltos en la estructura porosa del hormigón conocido como migración iónica, creando a su vez una diferencia de potencial entre los electrodos de excitación. La figura 3a muestra de forma esquemática el efecto de migración iónica producida en el interior de la estructura porosa del hormigón -6- con la aplicación de un campo eléctrico entre las sondas de excitación -5-, -5'-. La figura 3b muestra de forma esquemática el efecto de migración iónica producida en el interior de los intersticios -61- del hormigón con la aplicación del mismo campo eléctrico.

En este proceso de migración iónica los iones positivos o cationes -103-, -104- (Ca^{2+} , H^+) se mueven por la estructura porosa hacia el polo del campo eléctrico con signo negativo (electrodo negativo) y los iones negativos o aniones -101-, -102- (SO_4^{2-} , OH^-) se mueven por la estructura porosa hacia el polo del campo eléctrico con signo positivo (electrodo positivo),

estableciendo la resistencia óhmica del hormigón y consecuentemente la resistividad eléctrica.

Dicha resistencia óhmica establecida por el efecto de migración iónica creada mediante el movimiento de los iones comprendidos en los intersticios -61- creados en el hormigón durante el proceso de evaporación del agua del hormigón durante la etapa de fraguado es aprovechada en el dispositivo objeto de la invención para medir la diferencia de potencial entre los dos electrodos de medición situados entre los electrodos de excitación. Dicho movimiento de iones es mucho mayor en condiciones saturadas o con elevada humedad puesto que existe un mayor contenido de aniones y cationes con capacidad de migración.

La obtención de las medidas de resistividad puede basarse en el esquema eléctrico de la Figura 4. La resistividad del hormigón (ρ) se evalúa a partir de la resistencia eléctrica (R) medida como la variación de potencial medida en los electrodos internos ($V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}} = \Delta V$) dividida entre la intensidad de corriente (I) que circula por el circuito formado por los electrodos de las sondas de excitación -9-.

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}}{I}$$

Una vez determinada la resistencia eléctrica (R), el cálculo de la resistividad eléctrica (ρ) se realiza multiplicando dicho valor por la denominada "constante de celda" (k).

$$\rho = k \cdot R$$

La constante de celda en el caso del método de Wenner tiene un valor de $2 \cdot \pi \cdot a$, siendo "a" la separación entre electrodos. Sin embargo, para el caso planteado, en el que todos los electrodos aparecen embebidos en hormigón, la transmisión de corriente eléctrica no aparece limitada a un semiespacio infinito tridimensional como sí ocurre en el caso de las medidas efectuadas mediante el método de Wenner. Para el caso de espacios tridimensionales homogéneos completos como es el caso de electrodos embebidos en el hormigón, el valor cambia, y se tiene que considerar un valor de $4 \cdot \pi \cdot a$ donde el valor de "a" es el espacio entre electrodos. Por lo tanto, la resistividad del hormigón a partir de las medidas del dispositivo de medición de la invención se puede obtener como:

$$\rho = 4 \cdot \pi \cdot a \cdot R$$

Para excitar la sonda resulta preferente la utilización de un circuito de alimentación. El circuito puede situarse en el cabezal o externamente al mismo. La figura 5 muestra un ejemplo de diseño de un circuito de excitación. El circuito de excitación mostrado es un

5 circuito de excitación de tipo conocido. La alimentación de la sonda es realizada preferiblemente con una onda alterna con valor medio nulo. La utilización de una onda alterna con valor medio nulo permite evitar los problemas de polarización de los electrodos que conlleva la utilización de corriente continua. Preferiblemente, esta señal es generada por una salida PWM de un microcontrolador y es unipolar y de forma cuadrada. Más

10 preferiblemente, esta señal tendrá frecuencia configurable para poder medir la resistividad a distintas frecuencias. Más preferiblemente, el microcontrolador -7- comprende al menos un microprocesador o "Single Board Computer (SBC)". El microprocesador o SBC realiza las funciones de coordinación de los componentes del dispositivo de la presente invención. Dicho procesador está integrado, y es de bajo consumo y de pequeño tamaño.

15 Preferiblemente, dicho procesador tiene potencia suficiente para funcionar con un sistema operativo ligero como Linux y posee conexión Wi-Fi. La figura 6 muestra la señal bipolar cuadrada y de frecuencia controlada por el microcontrolador obtenida para la excitación de las sondas de excitación.

20 En el ejemplo de la figura 5 se muestra una realización preferente en la que el circuito de excitación -8- comprende un amplificador operacional configurado como comparador para convertir la onda unipolar en una onda bipolar. Preferentemente, se conecta en serie un inversor de ganancia para evitar los desequilibrios que pueda ocasionar tensiones de saturación diferentes del operacional. De forma adicional, se utiliza preferentemente un

25 buffer seguidor de tensión. Dicho buffer permite evitar caídas de tensión debido al consumo de corriente y permite emplear el mismo circuito de excitación para varios electrodos.

El circuito de excitación está conectado a las sondas -5-, -5'- de excitación en contacto con el hormigón -6-. Esto genera una tensión diferencial entre las sondas intermedias, que es

30 posible medir. Preferiblemente, para la medida de la intensidad se puede utilizar una resistencia de shunt entre masa y la salida de la segunda varilla de excitación. Esta resistencia además limita la corriente en caso de cortocircuito de los cables de conexión de los electrodos por debajo del máximo valor de corriente que pueden entregar los amplificadores operacionales. En este caso, es necesario medir la tensión diferencial entre

35 las varillas intermedias y medir la corriente viendo la caída de tensión en la resistencia de shunt. Preferiblemente se utilizará también un conversor analógico digital en lugar de

rectificar la señal a medir, debido a que las tensiones que se van a tratar pueden tomar valores tanto positivos como negativos. Este dispositivo se comunica directamente con el microprocesador a través de comunicación serie SPI (no mostrados en las figuras).

5 El dispositivo dado a conocer en esta invención permite la conexión de dicho dispositivo a un dispositivo de control capaz de predecir, a partir de los registros de resistividad y la composición del hormigón, cuál será la resistencia a compresión final del hormigón tras el proceso de endurecimiento. Preferiblemente, los datos obtenidos del al menos un dispositivo son enviados a un servidor, que puede estar en la nube. Aún más preferiblemente, en dicho
10 servidor se realiza un cálculo de la resistencia mediante la red neuronal, permitiendo controlar la resistencia del hormigón desde cualquier lugar. Dicho dispositivo de control realizará el tratamiento de los datos obtenidos utilizando preferentemente una red neuronal controlada por un algoritmo.

La resistividad será determinada mediante el cálculo realizado anteriormente. Para ello
15 también se pueden adquirir datos de tensión en la segunda, tercera y cuarta sonda, V_2 , V_3 y V_4 respectivamente.

$$\rho = 4 \cdot \pi \cdot a \cdot R$$

20 Siendo a la separación de las varillas de los electrodos.

La red neuronal utilizada en el dispositivo de control se emplea como una herramienta de predicción de la resistencia a compresión y la resistividad del hormigón en su proceso de maduración. Preferentemente, los datos de entrada de la red y/o un algoritmo predictor
25 generado por dicha red comprenden:

- Tipo de cemento
- Cantidad de cemento: expresada en kg
- Razón agua/cemento
- 30 - Porcentaje de finos de la arena
- Diámetro máximo de la grava
- Consistencia obtenida mediante el ensayo del cono Abrams

Con estos datos la red neuronal es capaz de proporcionar la resistencia en tiempo real
35 mediante la medida de la resistividad, y predecir el valor que se alcanzará en los

días/semanas siguientes. Para el entrenamiento de la red neuronal se pueden realizar ensayos con dosificaciones definidas.

Adicionalmente, un algoritmo se encarga de traducir los valores obtenidos en campo a la situación estándar correspondiente a las probetas de laboratorio con las que se han realizado los ensayos. Para ello se tiene en cuenta, de forma preferente, el entorno de endurecimiento del hormigón.

Según el estado de la técnica, conforme aumenta la temperatura, la movilidad de los iones aumenta, aumentando la corriente eléctrica a través de ellos y por lo tanto disminuyendo su resistividad eléctrica. Para tener en cuenta este factor se aplica el siguiente factor corrector:

$$\rho_{ref} = \rho_{campo} \cdot \frac{e^{-E/RT}}{e^{-E/RT_{ref}}}$$

Siendo la E la energía de activación, R la constante de los gases y T la temperatura absoluta.

El factor de corrección por forma tiene la finalidad principal de traducir el valor de resistividad eléctrica medida in situ al valor de resistividad que tendría una probeta cilíndrica de 150 x 300 mm fabricada con el mismo material.

Si bien la invención se ha descrito y representado basándose en varios ejemplos representativos, se deberá comprender que dichas realizaciones a título de ejemplo no son en modo alguno limitativas para la presente invención, por lo que cualesquiera de las variaciones que queden incluidas de manera directa o por vía de equivalencia en el contenido de las reivindicaciones adjuntas, se deberán considerar incluidas en el alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la determinación de la resistencia a compresión del hormigón a través de la medición de la resistividad eléctrica del hormigón, caracterizado por que comprende dos sondas de excitación y dos sondas de medición, comprendiendo cada una de ellas un respectivo electrodo, estando dichas cuatro sondas destinadas a quedar introducidas en el hormigón en estado de fraguado y teniendo cada una de ellas un extremo proximal y un extremo distal, en el que:
- 5
- 10 - las citadas sondas de excitación están conectadas, por sus respectivos extremos proximales, a un circuito que genera una diferencia de potencial entre los electrodos de las sondas; y
 - las sondas de medición están conectadas a un dispositivo de medición de una diferencia de potencial, una intensidad de corriente, una resistencia eléctrica aparente o un potencial eléctrico entre los electrodos de las sondas.
- 15
2. Dispositivo, según la reivindicación 1, caracterizado por que las sondas de medición están situadas entre las sondas de excitación.
- 20
3. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las sondas están dispuestas paralelas y equidistantes entre sí.
4. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los electrodos comprenden en barras metálicas roscadas.
- 25
5. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende un cabezal que recibe las partes proximales de las sondas y que comprende en su interior conexiones electrónicas.
- 30
6. Dispositivo, según la reivindicación 5, caracterizado por que dicho cabezal comprende medios de unión desmontable con las sondas.
7. Método para la determinación de la resistencia mecánica del hormigón caracterizado por que comprende la medición de la resistividad eléctrica del hormigón durante diversos momentos del proceso de fraguado y/o endurecimiento.
- 35

8. Método, según la reivindicación 7, caracterizado por que comprende etapas de embeber en el hormigón durante el proceso de fraguado dos sondas de excitación y dos sondas de medición, generar una diferencia de potencial entre las sondas de excitación y medir la
5 diferencia de potencial entre las sondas de medición
9. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, caracterizado por que dicha medición de resistividad se realiza de manera continua.
- 10 10. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado por que comprende una etapa de utilización de una red neuronal para la medición de la resistencia mecánica del hormigón.
11. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado por que los datos
15 de entrada en la citada red comprenden los siguientes datos: tipo de cemento, razón agua/cemento, porcentaje de finos y diámetro máximo de la grava.
12. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, caracterizado por que los datos de entrada comprenden también la cantidad de cemento.
20
13. Método, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, caracterizado por que los datos de entrada comprenden un valor de consistencia obtenida mediante ensayo.
14. Utilización de un dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en un
25 método de medición, según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13.

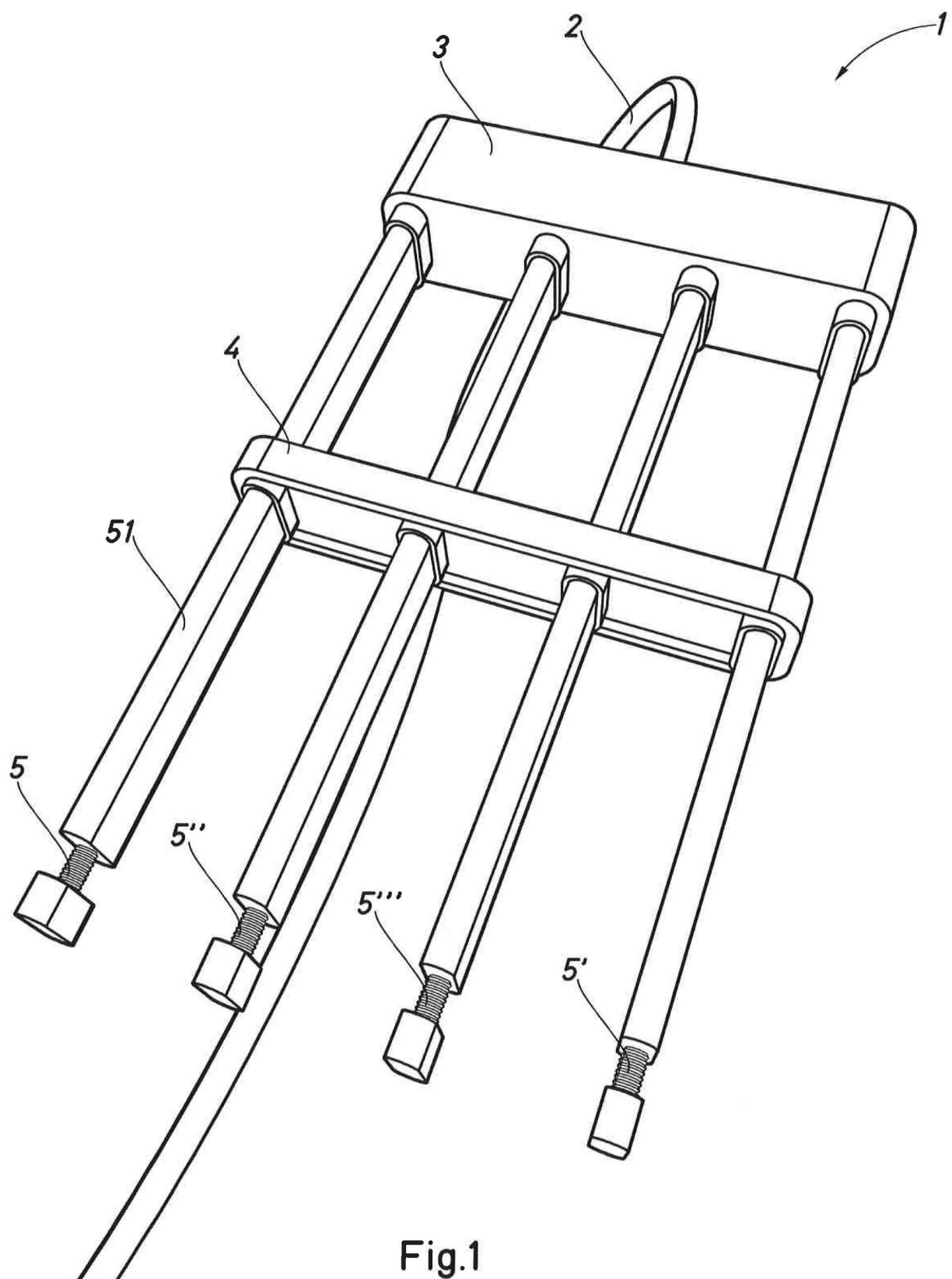


Fig.1

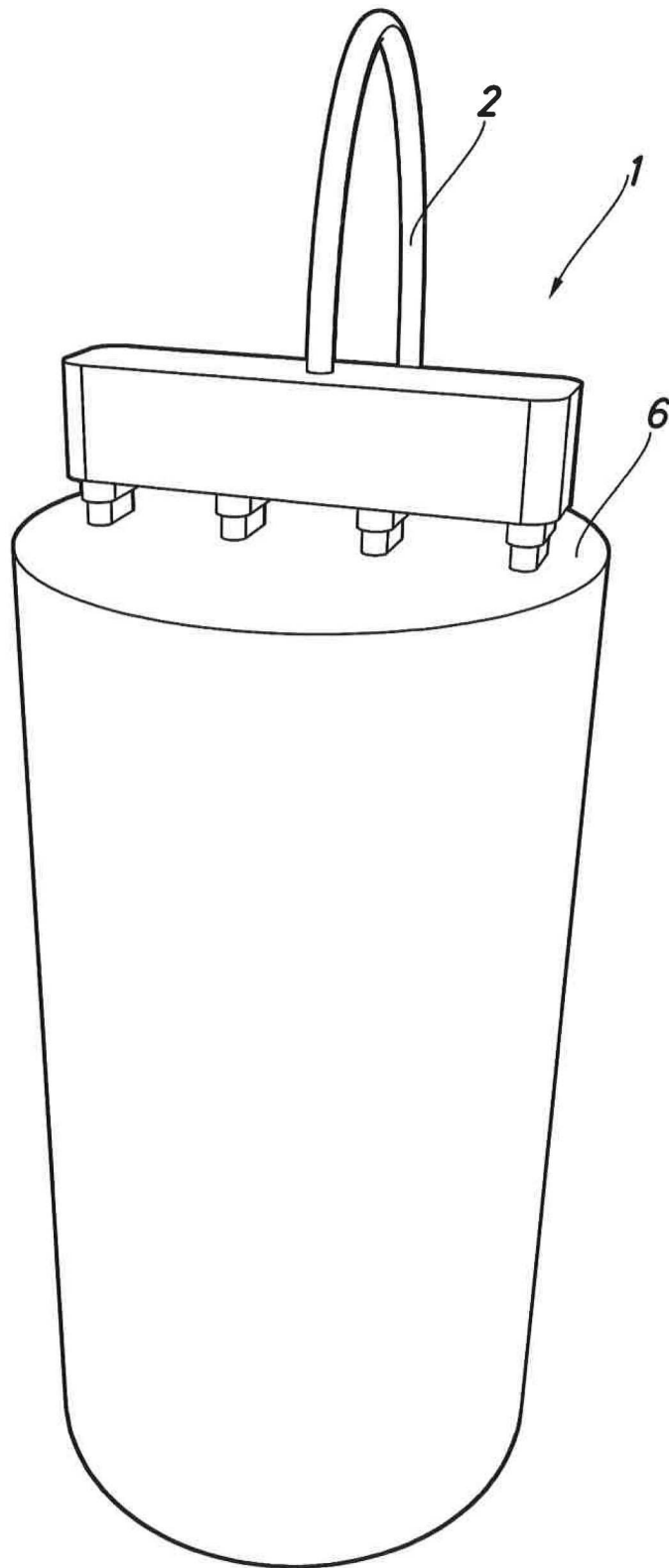


Fig.2

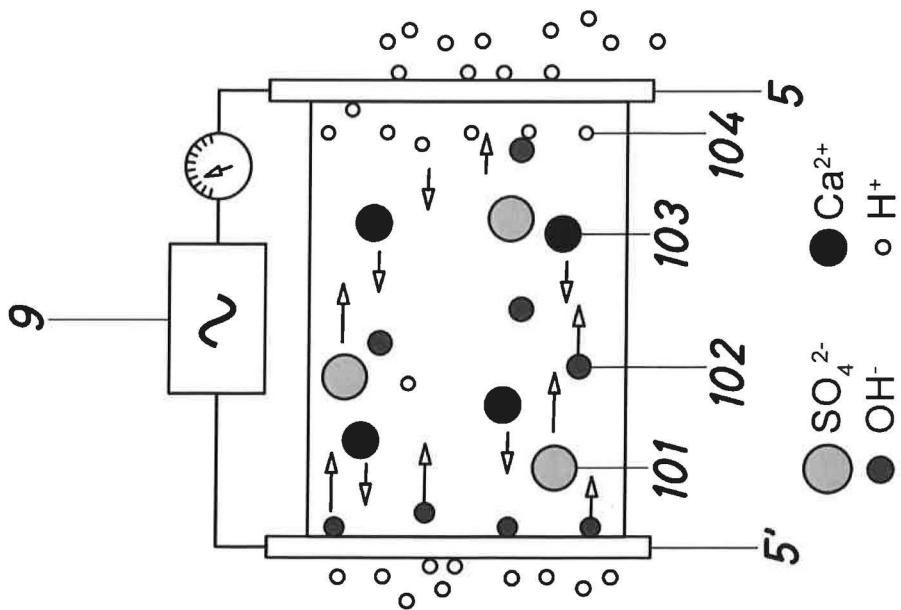


Fig.3A

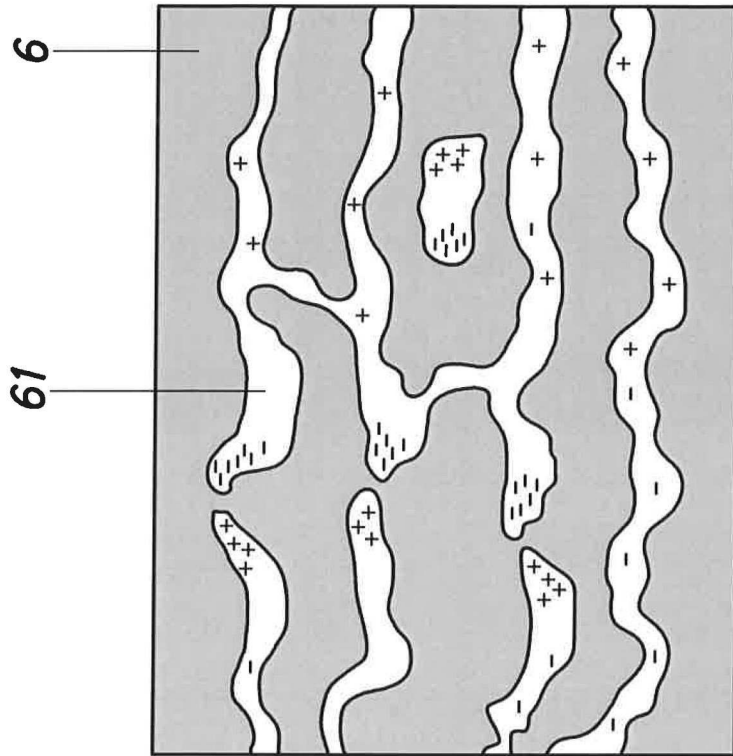


Fig.3B

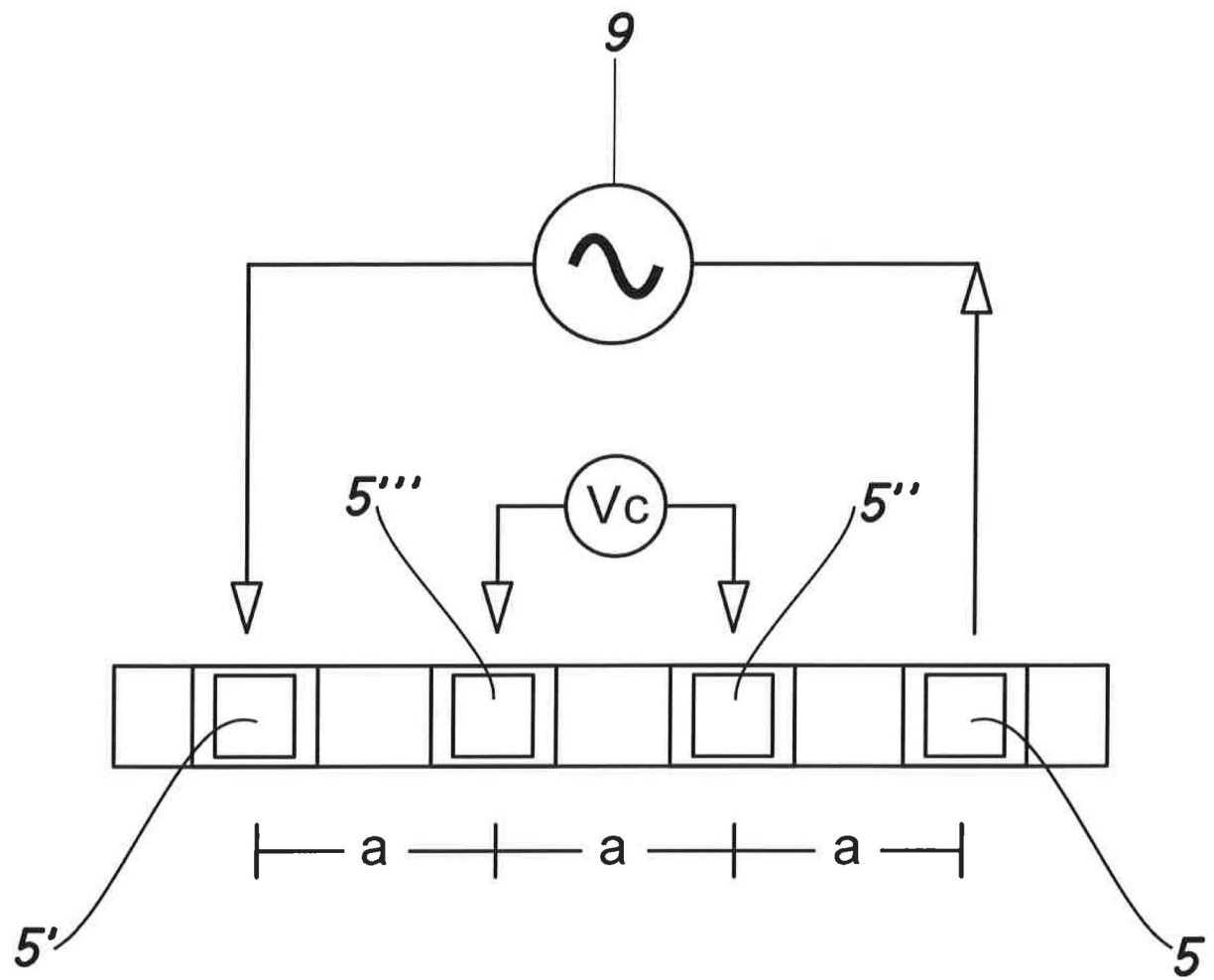


Fig.4

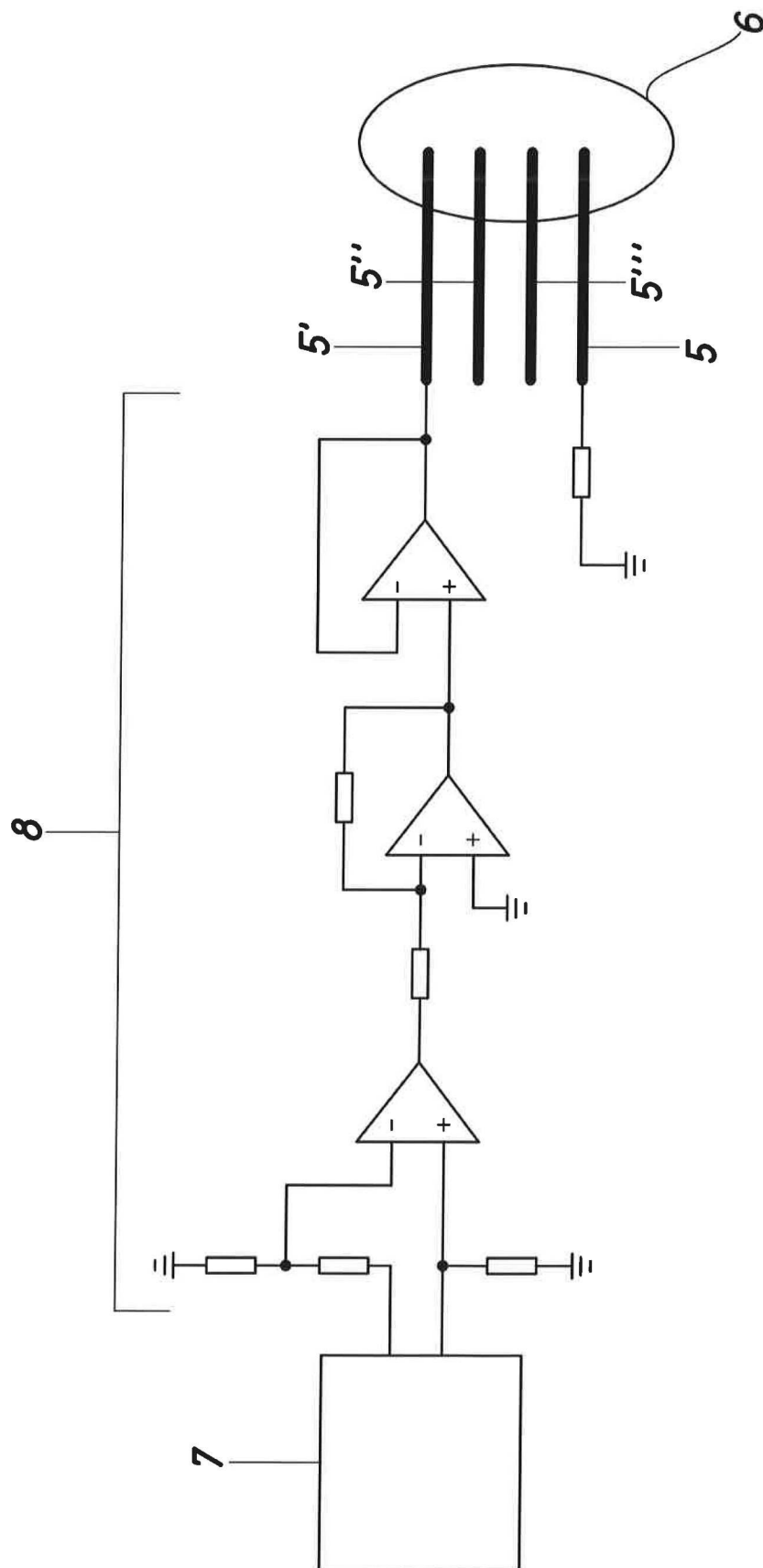


Fig. 5

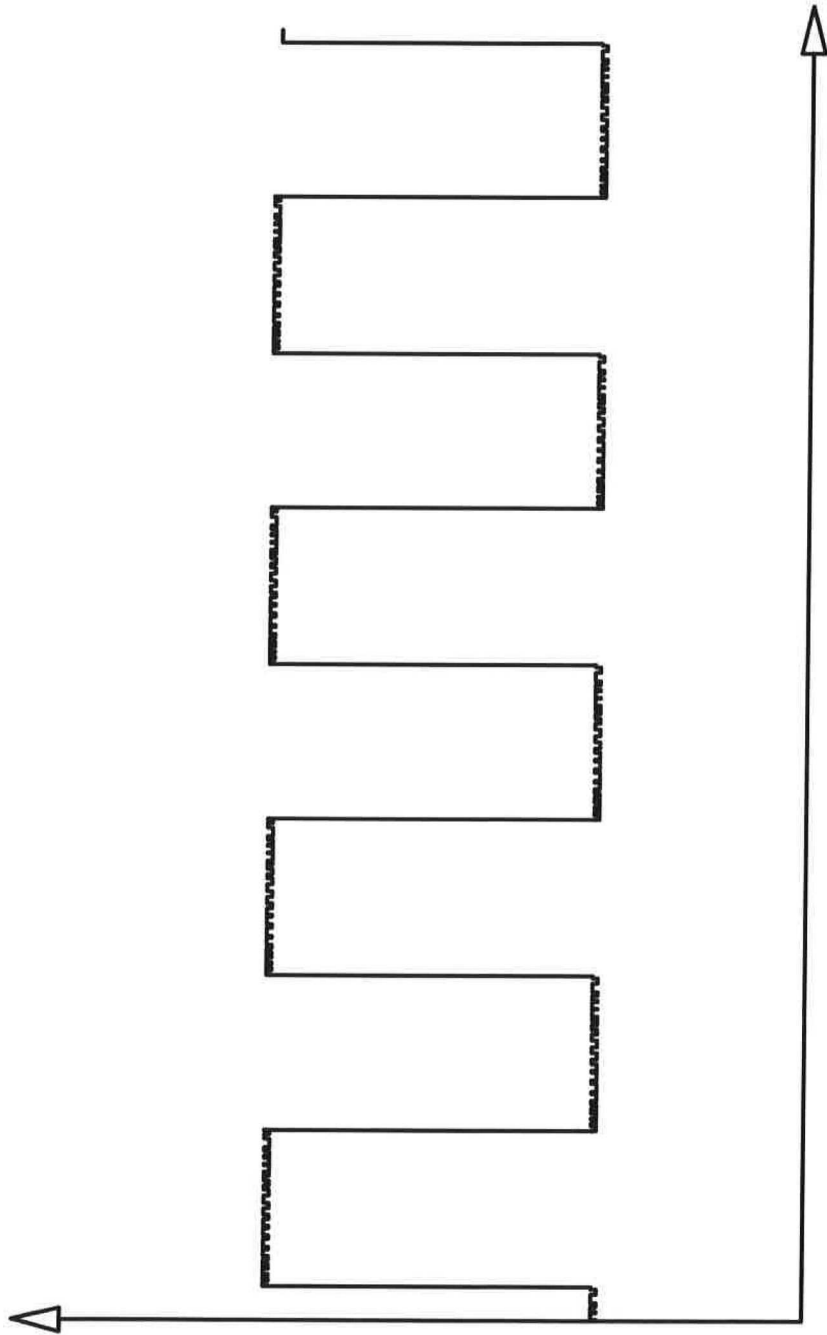


Fig.6



- ②① N.º solicitud: 201830237
②② Fecha de presentación de la solicitud: 09.03.2018
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **G01N27/04** (2006.01)
G01N33/38 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X Y	WO 2015172231 A1 (GIATEC SCIENT LTD) 19/11/2015, párrafos [1, 53, 58, 59, 72, 164, 165, 172, 176-178]; figuras 2, 9b, 31a, 33; reivindicación 2	1-9,14 10-13
Y	(LIZARAZO et al.) "Desarrollo de un modelo de redes neuronales artificiales para predecir la resistencia a la compresión y la resistividad eléctrica del concreto". Revista Ingeniería e Investigación, Vol. 27, No.1, páginas 11-18, en particular, páginas 13,14; resumen. Abril / 2007 DOI: 10.15446/ing.investig	10-13
X	(ANDRADE et al.) "La resistividad eléctrica como parámetro de control del hormigón y de su durabilidad". Revista ALCONPAT, Volumen 1, Número 2, páginas 90 – 98, en particular apartados 3, 4; figuras 3,4. 2011 DOI: http://dx.doi.org/10.21041/ra.v1i2.8	1-3,5,7,14
A	(FERREIRA et al.) "Quality control based on electrical resistivity measurements". European Symposium on Service Life and Serviceability of Concrete Structures, Helsinki, 2006 http://hdl.handle.net/1822/5888	1-14

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
01.02.2019

Examinador
F. J. Olalde Sánchez

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01N27, G01N33, G01N

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC