

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

① Número de publicación: **2 311 317**

② Número de solicitud: 200502218

⑤ Int. Cl.:
G01F 23/22 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫ Fecha de presentación: **08.09.2005**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.02.2009**

Fecha de la concesión: **24.09.2010**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
06.07.2010

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **13.10.2010**

⑯ Fecha de publicación del folleto de la patente:
13.10.2010

⑰ Titular/es: **Universitat Politècnica de Catalunya
c/ Jordi Girona, 31
08034 Barcelona, ES**

⑱ Inventor/es: **Pallàs Areny, Ramón;
Casanella Alonso, Ramón y
Casas Piedrafita, Jaime Óscar**

⑳ Agente: **No consta**

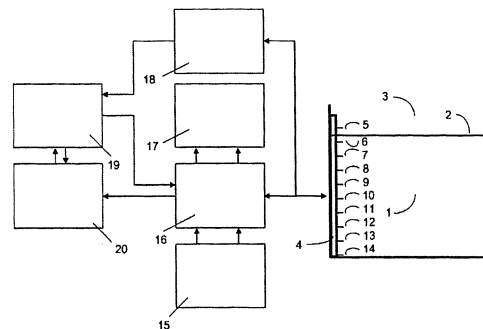
⑳ Título: **Método y aparato para medir el nivel de líquidos, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos.**

㉑ Resumen:

Método y aparato para medir el nivel de líquidos, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos.

Método y aparato para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos, que se basa en (a) uno o varios conjuntos de electrodos alineados (dentro de cada conjunto) según la dirección perpendicular a la superficie del líquido y que se utilizan para medir, simultánea o sucesivamente, las diferencias de potencial producidas en el seno del líquido al inyectar una o más señales eléctricas entre uno o más pares de dichos electrodos, y (b) un procedimiento para combinar dichas diferencias de potencial y reconstruir el perfil de diferencias de potencial producidas por la excitación eléctrica aplicada al líquido, y analizar dicho perfil basándose en los potenciales pre-visibles en el medio según su composición y estructura.

Figura 1.



ES 2 311 317 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para medir el nivel de líquidos, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos.

5

Sector de la técnica

Instrumentación de medida y control.

10 **Estado de la técnica**

15 El nivel de un líquido se mide normalmente a partir de alguna propiedad física del propio líquido. Los medidores basados en un flotador, por ejemplo, miden, directa o indirectamente, la posición del flotador que se sabe en la superficie del líquido. Los medidores basados en el peso del líquido miden la presión ejercida por la columna de líquido en un punto cerca del fondo del depósito, o emplean células de carga en los soportes del depósito.

20 La limitada fiabilidad de los flotadores y los inconvenientes de la instalación de sensores en el fondo o debajo de los depósitos, han estimulado la búsqueda de soluciones que emplean algún tipo de radiación (rayos x, radiación gamma, microondas, luz, ultrasonidos), cuya reflexión en la superficie del líquido indica su posición, o cuya atenuación aumenta con la longitud de su recorrido dentro del líquido, y por ende con el nivel. Pero, a pesar de su notable complejidad, estos métodos no pueden determinar fácilmente el espesor de capas de líquidos estratificados.

25 Los medidores basados en las propiedades eléctricas del líquido ofrecen múltiples posibilidades aunque necesitan una sonda o electrodos inmersos en el líquido. Los sistemas más sencillos sólo detectan si el nivel alcanza un punto concreto, mientras que los sistemas más completos determinan el nivel mediante una sonda o un cable inmersos verticalmente en el líquido. Se han propuesto diversas sondas formadas por dos electrodos que constituyen un condensador cuya capacidad depende del nivel del líquido (dieléctrico). Los medidores que se basan en un cable u otra estructura eléctrica inmersa en el líquido aplican la reflectometría en el dominio del tiempo (TDR), en la que se mide el retardo con que llega un pulso aplicado a una línea de transmisión, y que depende de las discontinuidades de impedancia eléctrica en el medio por donde se propaga el pulso, las más notable de las cuales es la que hay entre el aire y el líquido (ver por ejemplo las patentes EP0937231 y EP1314967). Este mismo principio de la reflectometría se puede aplicar cuando hay líquidos estratificados, pero, obviamente, si las primeras discontinuidades en el medio reflejan la mayor parte de la energía del pulso eléctrico, no es fácil conocer más allá de dichas discontinuidades; por ejemplo, no se puede detectar la presencia de capas de líquidos estratificados en niveles más profundos.

35

Los denominados medidores de nivel múltiple (multinivel) sirven para líquidos estratificados. Utilizan sondas múltiples dispuestas a distintas profundidades, bien mediante el acceso a través de una pared lateral del depósito (ver por ejemplo la patente GB967771), bien desde la superficie del líquido (ver por ejemplo la patente US4382382), en cuyo caso basta que el cable que soporta cada sonda individual tenga distinta longitud. Las sondas pueden medir una propiedad local, por ejemplo la conductividad eléctrica, o una propiedad entre el extremo más profundo y cada uno de los demás extremos que están a distintas profundidades. Pero en ambos casos hay una detección binaria: si la propiedad medida tiene un valor bajo (o alto, según el caso), se considera que los dos puntos de medida están inmersos; en caso contrario, uno de los dos puntos está fuera del líquido. La resolución en la medida de nivel coincide con la distancia entre electrodos, de modo que, para obtener una buena resolución, la sonda múltiple debe tener un número elevado de puntos de medida, y ello hace que sea voluminosa y pesada. El método y aparato descritos en esta patente permiten obtener una resolución mejor que la distancia entre los electrodos más próximos.

50 Una alternativa para medir un nivel de forma continua incluso si está estratificado, es emplear una sola sonda capaz de desplazarse en dirección perpendicular a la superficie del líquido. Este método es propiamente una automatización de la medición manual consistente en ir sumergiendo progresivamente una sonda cada vez más, y anotar para cada profundidad el valor de la propiedad medida. Cuando se entra en el líquido, y cada vez que se pase de una capa a la siguiente, habrá un cambio en el valor de dicha propiedad. La automatización elimina la laboriosidad del método, a costa de un mecanismo complejo para ir desplazando la sonda dentro del fluido, pero no aumenta notablemente la velocidad de la medición, que será tanto más lenta cuanto mayores sean el nivel y la resolución deseada.

55

Descripción de la invención

60 La presente invención consiste en un método y un aparato para determinar el nivel de líquidos, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos. El método consiste en uno o varios soportes rígidos aislantes a cada uno de los cuales se sujetan una serie de electrodos conductores separados entre sí una distancia que puede ser o no uniforme, según se desee obtener una resolución uniforme o se prefiera una resolución no uniforme, por ejemplo para conseguir que sea mejor en alguna parte del rango de medida, en cuyo caso la separación de los electrodos en dicha zona será menor. Los soportes se introducen verticalmente en el líquido cuyo nivel se desea medir y se aplica selectivamente entre al menos un par de electrodos una o varias señales de excitación (tensión o corriente) cuyas frecuencias se pueden seleccionar. Si se emplean simultáneamente varias señales de excitación, conviene que su frecuencia sea distinta. Si se emplea una señal periódica compleja, por ejemplo una señal cuadrada, que contiene varias frecuencias simultáneamente, se obtiene la ventaja de que dicha señal puede ser generada de una manera más simple. La excitación crea diferencias de potencial en el seno del líquido que dependen

65

ES 2 311 317 B2

de su conductividad y permitividad eléctrica, de la proximidad del fondo y de la superficie (es decir, del nivel), de la presencia de capas o estratos en el líquido y de su grosor, y de la existencia de gradientes de conductividad en el seno del líquido. Por ello, se mide sucesiva o simultáneamente la diferencia de potencial entre los diversos pares de electrodos a la frecuencia correspondiente, y a partir de estos valores se ajusta una curva a partir de cuyos parámetros se pueden determinar el nivel, el grosor de cada capa y los gradientes de conductividad.

La identificación de los parámetros del líquido se basa en la determinación previa de la relación entre dichos parámetros y el perfil de tensiones que se obtiene dentro del líquido para cada tipo de excitación y ubicación de los electrodos de excitación. Esa relación se obtiene resolviendo la ecuación de Laplace para un modelo geométrico del continente del líquido (depósito o canal natural o artificial, recipiente). Si las dimensiones de los soportes y la separación entre electrodos son suficientemente pequeñas, dicho modelo geométrico tiene que contemplar sólo la presencia del fondo y, si alguno de los soportes de los electrodos se dispone junto a una pared, debe contemplar además la presencia de dicha pared.

La influencia de las propiedades eléctricas del líquido en el resultado de la medición se minimiza automáticamente porque al medir diferencias de potencial entre electrodos se puede tener en cuenta tanto las componentes de dicha diferencia que están en fase con la excitación como las que están en cuadratura con ella. Si se sabe de antemano que el líquido es conductor (por ejemplo, agua), basta tener en cuenta una de las dos componentes: la componente en fase si los electrodos están en contacto eléctrico directo con el líquido, o la componente en cuadratura si los electrodos están recubiertos con un aislante eléctrico.

Para corregir los efectos de la temperatura, en su caso, los soportes aislantes de los electrodos pueden incluir sensores de temperatura a distintas profundidades, que pueden coincidir o no con las de los electrodos. La información de los sensores de temperatura se tiene en cuenta para ponderar, en su caso, las diferencias de potencial medidas.

El método descrito goza de la fiabilidad inherente a la ausencia de elementos mecánicos móviles, puede ser aplicado mediante un solo conjunto de electrodos anclados en un soporte aislante sujeto, por ejemplo, a una pared del depósito si está abierto, o a la cubierta si es un depósito cerrado, o suspendido en un elemento que flote en su superficie, o puede aplicarse en un vaso o tubo vertical conectado en paralelo con el depósito. El método descrito aventaja a los métodos eléctricos actuales que emplean un conjunto de electrodos en contacto con el líquido, por el hecho de que utiliza la información obtenida con todos los electrodos a la vez, no para saber cuáles quedan inmersos y cuáles no (como se hace en las medidas de nivel discretas-en puntos o profundidades específicas), sino para reconstruir el perfil de diferencias de potencial en la vertical del depósito, y a partir de éstas estimar el nivel, obteniendo así una medida de nivel continua con resolución y exactitud mejor que la separación entre electrodos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama del equipo y la figura 2 es un perfil de tensiones medidas con los electrodos.

Exposición de un modo de realización de la invención

La figura 1 muestra una forma de realizar el método en una aplicación donde se desea medir el nivel de agua (1) cuando su superficie libre (2) está en contacto con aire (3) u otro gas eléctricamente aislante. El soporte con los electrodos (4) está sujeto a una pared del depósito, que se supone descubierto, y se introduce verticalmente en el agua. Alternativamente, el soporte se puede sumergir desde un flotador en la superficie del agua. En un depósito cubierto, el soporte se puede suspender verticalmente desde un punto de la cubierta. También se pueden emplear varios soportes, dispuestos en la misma o en distintas zona del depósito. En este ejemplo se ha considerado que el sistema emplea 10 electrodos ((5) a (14)) y que los sensores de temperatura están uno junto a cada electrodo. La sonda formada por el soporte aislante, los electrodos y los sensores de temperatura, está conectada a un aparato que: a) genera las señales de excitación (15); b) tiene un sistema de conmutación (16) para seleccionar automáticamente el par o pares de electrodos a los que se aplica la excitación, los pares de electrodos entre los que se miden las diferencias de potencial, y el sensor o sensores en los que se mide la temperatura; c) un sistema para medir diferencias de potencial (17); d) un sistema para medir la temperatura de los sensores de la sonda (18); e) un sistema de control de las secuencias de excitación y detección y de interfaz con el usuario (19); y f) un sistema de cálculo (20) que ajusta la curva de diferencias de potencial y determina a partir de ella el nivel del agua.

Dado que el agua es eléctricamente conductora y el aire es aislante, una posible alternativa para aplicar el método es emplear electrodos conductores que entren en contacto eléctrico directo con el medio, y hacer la medición en dos etapas. En la primera etapa se aplica una tensión entre el electrodo (14) y otro electrodo cada vez más alejado. Cuando la corriente entre los dos electrodos se reduce mucho, el segundo electrodo está fuera del agua, de modo que el electrodo anterior es el último que está inmerso (en la figura 1, sería el electrodo (6)). A partir de esta información, el sistema utiliza el método de esta invención: se aplica por ejemplo tensión entre un par de electrodos, por ejemplo el (14) y el (6), y se miden las diferencias de potencial entre, por ejemplo, los electrodos (13) y (14), (12) y (14), (11) y (14), (10) y (14), (9) y (14), (8) y (14) y (7) y (14). Estas diferencias de potencial se corrigen, en su caso, a partir de las lecturas de los sensores de temperatura, teniendo en cuenta el coeficiente de temperatura de la conductividad eléctrica del agua. A partir de las diferencias de potencial se ajusta una curva similar a la de la figura 2, que corresponde a la distribución de potenciales que se obtendría al seguir la secuencia de inyección y detección mencionada, aplicando 10 V entre los electrodos inyectores. En el caso de la figura 2 la separación entre electrodos consecutivos es uniforme e

ES 2 311 317 B2

igual a 5 cm para la medida de un nivel de 45 cm. El eje de abcisas indica la posición respecto al fondo del depósito del electrodo del par detector más cercano a la superficie en cada medida. A partir de la distribución de potenciales obtenida y el modelo que relaciona dichos potenciales con los parámetros del líquido (nivel, conductividad...) se usa en este caso un algoritmo iterativo de ajuste de mínimos cuadrados no lineal del tipo Levenberg-Marquardt para obtener el valor del nivel correspondiente.

5

El alcance de medida del sistema depende de la longitud del soporte. Si el único punto de referencia geométrica es el fondo, el soporte debe apoyarse en el fondo. Si hay un punto de referencia cuya posición respecto al fondo es conocida, el soporte puede ubicarse en dicho punto.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 311 317 B2

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos **caracterizado** porque

- 10 a) se emplea un conjunto de electrodos alineados verticalmente, o varios conjuntos de electrodos (alineados verticalmente dentro de cada conjunto), con los electrodos en contacto con el líquido, y
- 15 b) se toman dos electrodos cualesquiera del conjunto; se aplica una señal de excitación en forma de voltaje entre ellos o se inyecta una corriente entre ellos; se miden diferencias de potencial existentes entre una pluralidad de pares de electrodos del conjunto, y
- 20 c) se reconstruye a partir de las diferencias de potencial medidas, el perfil (distribución espacial en la dirección vertical) de diferencias de potencial generadas en el líquido por la excitación aplicada, y
- 25 d) los parámetros del líquido (el nivel de líquido en líquidos homogéneos y no homogéneos, el espesor de cada capa en líquidos estratificados, o el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos) se determinan por ajuste de los parámetros del modelo que relaciona el perfil de diferencias de potencial obtenido en la dirección perpendicular a la superficie del líquido con los parámetros del líquido. La relación entre dichos parámetros y el perfil de tensiones dentro del líquido para cada tipo de excitación y ubicación de los electrodos de excitación se obtiene resolviendo la ecuación de Laplace para un modelo geométrico del continente del líquido.

30 2. Procedimiento para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la señal o señales de excitación son periódicas simples, con una frecuencia fija seleccionable.

35 3. Procedimiento para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la señal o señales de excitación son periódicas complejas, que incluyen componentes de varias frecuencias fijas seleccionables, y cuyas amplitudes respectivas son también fijas seleccionables.

40 4. Procedimiento para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos, según las reivindicaciones 1, 2 o 3, **caracterizado** porque entre cada par de electrodos seleccionados se mide la diferencia de potencial que está en fase con la señal de excitación correspondiente, la diferencia de potencial que está en cuadratura con dicha excitación, o simplemente el módulo de dicha diferencia de potencial.

45 5. Procedimiento para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos, según las reivindicaciones 1, 2, 3, o 4, **caracterizado** porque se mide la temperatura propia del líquido en distintas profundidades y se corrigen, en su caso, las medidas de diferencia de potencial según el coeficiente de temperatura de la conductividad o permitividad (constante dieléctrica) del líquido.

50 6. Un aparato para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos, y que contenga:

- 55 a) un conjunto de electrodos alineados verticalmente, o varios conjuntos de electrodos (alineados verticalmente dentro de cada conjunto).
- 60 b) un sistema de conmutación para seleccionar el par o pares de electrodos a los que se aplica la excitación y los pares de electrodos entre los que se miden las diferencias de potencial siguiendo la secuencia de la etapa b) del procedimiento de la reivindicación 1.
- 65 c) un sistema para medir diferencias de potencial.
- d) un sistema de control de las secuencias de excitación y detección.
- e) un sistema de cálculo que ejecute las etapas c) y d) del procedimiento de la reivindicación 1.

7. Un aparato para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos según la reivindicación 6, **caracterizado** porque contiene además sensores de temperatura a distintas profundidades para corregir en su caso, las medidas de diferencia de potencial según el coeficiente de temperatura de la conductividad o permitividad (constante dieléctrica) del líquido, y un sistema de conmutación para seleccionar automáticamente el sensor o sensores en los que se mide la temperatura.

ES 2 311 317 B2

8. Un aparato para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos según las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado** porque los electrodos de cada conjunto están sujetos a un soporte aislante.
- 5 9. Un aparato para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos según las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado** porque los electrodos de cada conjunto están sujetos a un soporte tubular.
- 10 10. Un aparato para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos según las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado** porque la distancia entre los electrodos de cada conjunto sea uniforme para obtener una resolución uniforme en todo el rango de medida.
- 15 11. Un aparato para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos según las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado** porque la distancia entre los electrodos de cada conjunto es no uniforme para conseguir que la resolución sea mejor en alguna parte del rango de medida, en cuyo caso la separación de los electrodos en dicha zona será menor.
- 20 12. Un aparato para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos según las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado** porque los electrodos de cada conjunto están sujetos a un soporte aislante unido a un flotador.
- 25 13. Un aparato para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos según las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado** porque los electrodos de cada conjunto están sujetos a un soporte aislante y que se alarga por un extremo una distancia superior a la necesaria para sujetar los electrodos.
- 30 14. Un aparato para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos según las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado** porque los electrodos son conductores sin recubrimiento aislante eléctrico.
- 35 15. Un aparato para medir el nivel de líquidos homogéneos, no homogéneos y estratificados, el espesor de capas de líquidos estratificados y el gradiente de concentraciones en líquidos no homogéneos, según las reivindicaciones 6 ó 7, **caracterizado** porque los electrodos son conductores con recubrimiento aislante eléctrico.

40

45

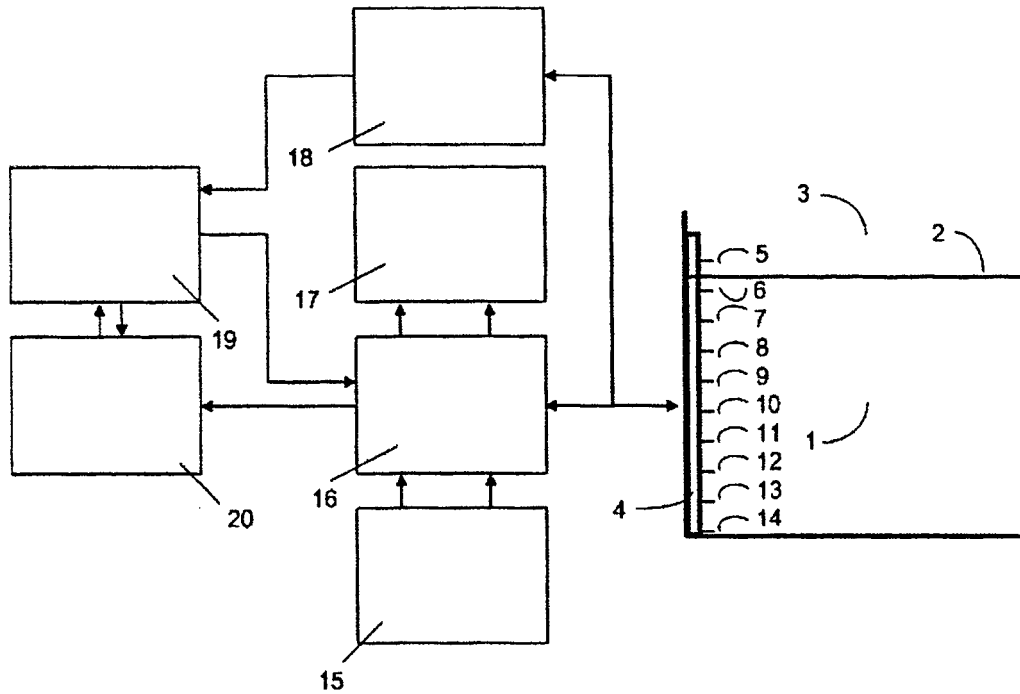
50

55

60

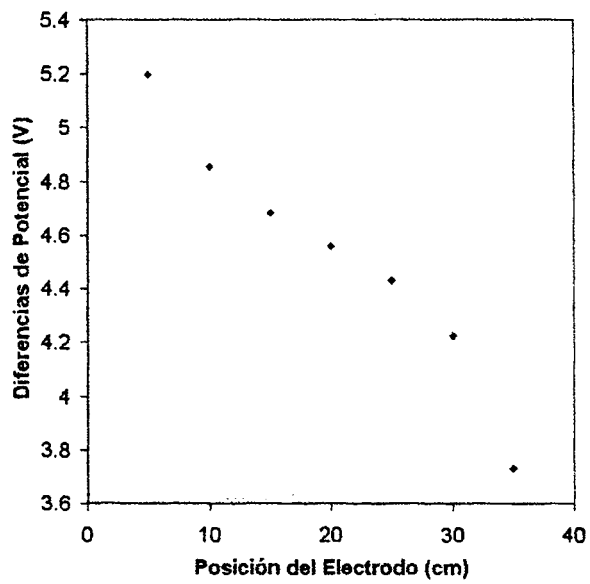
65

Figura 1.



Escala Variable

Figura 2.





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 311 317

② Nº de solicitud: 200502218

③ Fecha de presentación de la solicitud: 08.09.2005

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: G01F 23/22 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 6101873 A (KAWAKATSU et al.) 15.08.2000, columna 6, línea 16 - columna 7, línea 67; columna 11, líneas 36-52; columna 16, líneas 26-36; figuras 3,6,18,28.	6,8-10,14,15
Y		7,11-13
Y	US 4589077 A (POPE) 13.05.1986, columna 3, líneas 36-50; columna 8, líneas 1-21; figura 1.	7,13
Y	US 2004004545 A1 (EARLY) 08.01.2004, resumen; figura 4.	12
Y	US 4003259 A (HOPE) 18.01.1977, columna 3, líneas 46-53; figura 4.	11
A	GB 2074325 A (POLITECHNIKA WROCLAWSKA) 28.10.1981, resumen.	14,15

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

02.01.2009

Examinador

J. Olalde Sánchez

Página

1/1