(11) **MX 356469 B**

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

(12) **PATENTE**

(43) Fecha de publicación: **30/05/2018**

(22) Fecha de presentación: **20/05/2015**
(21) Número de solicitud: **2015006348**

(51) Int. Cl: ***G01N 24/08*** *(2006.01)*
G01R 33/50 *(2006.01)*
G01R 33/54 *(2006.01)*
G01V 3/32 *(2006.01)*

(86) Número de solicitud PCT: **US 2012/069678**
(87) Número de publicación PCT: **WO 2014/092719 (19/06/2014)**

(71) Solicidante:
HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC.
10200 Bellaire Boulevard 77072 Houston Texas US

(72) Inventor(es):
Jie YANG
527 Foxwood Lane Paoli Pennsylvania 19301 US
Rebecca Corina JACHMANN
Christopher Jon CONRAD

(74) Representante:
Maria Angelica PARDAVELL JUAREZ
Av. Insurgentes Sur No. 1647, Piso 15, Of. 1502
BENITO JUAREZ Ciudad de México 03900 MX

(54) Título: **PULSO DE RECUPERACION DE T2 DE RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR.**

(54) Title: **NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE T2 RECOVERY PULSE.**

(57) Resumen

Varias modalidades incluyen aparatos y métodos para llevar a cabo mediciones en una estructura usando una herramienta de resonancia magnética nuclear. La herramienta de resonancia magnética nuclear puede funcionar para realizar mediciones de resonancia magnética nuclear que generan secuencias de trenes de ecos de tiempo de relajación transversal 5 que terminan con un pulso de recuperación. Se describen aparatos, sistemas y métodos adicionales.

(57) Abstract

Various embodiments include apparatus and methods to conduct measurements on a structure using a nuclear magnetic resonance tool. The nuclear magnetic resonance tool can be operated to make nuclear magnetic resonance measurements that generate transverse 5 relaxation time echo train sequences ending with a recovery pulse. Additional apparatus, systems, and methods are disclosed.

SE

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

TÍTULO DE PATENTE No. 356469

Titular(es): HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC.

Domicilio: 10200 Bellaire Boulevard, Houston, Texas, 77072, E.U.A.

Denominación: PULSO DE RECUPERACIÓN DE T_2 DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR.

Clasificación: **CIP:** G01N24/08; G01R33/50; G01R33/54; G01V3/32

CPC: G01N24/081; G01R33/50; G01R33/448; G01R33/543; G01V3/32; G01R33/5617

Inventor(es): REBECCA CORINA JACHMANN; JIE YANG; CHRISTOPHER JON CONRAD

SOLICITUD

Número: MX/a/2015/006348

Fecha de Presentación Internacional: 14 de Diciembre de 2012

Vigencia: Veinte años

Fecha de Vencimiento: 14 de diciembre de 2032

Fecha de Expedición: 30 de mayo de 2018

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1°, 2° fracción V, 6° fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud internacional y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracciones III y 7º bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 27/06/1991, reformada el 02/08/1994, 25/10/1996, 26/12/1997, 17/05/1999, 26/01/2004, 16/06/2005, 25/01/2006, 06/05/2009,06/01/2010, 18/06/2010, 28/06/2010, 27/01/2012 y 09/04/2012); artículos 1º, 3º fracción V inciso a), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 01/07/2002, 15/07/2004, 28/07/2004 y 7/09/2007); artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 10/10/2002, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007); 1º, 3º y 5º inciso a) del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).

El presente oficio se signa con firma electrónica avanzada (FIEL), con fundamento en los artículos 7 BIS 2 de la Ley de la Propiedad Industrial; 3o de su Reglamento, y 1 fracción III, 2 fracción V, 26 BIS y 26 TER del Acuerdo por el que se establecen los lineamientos para el uso del Portal de Pagos y Servicios Electrónicos (PASE) del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, en los trámites que se indican.

LA DIRECTORA DIVISIONAL DE PATENTES
NAHANNY CANAL REYES

Cadena Original:
NAHANNY MARISOL CANAL REYES|00001000000403252793|Servicio de Administración Tributaria|1695||MX/2018/45884|MX/a/2015/006348|Titulo de patente PCT|1027|RGZ|Pág(s) 1|PUVNdAXiJSLdBP/KPUBMVwSd+D8=

Sello Digital:
icqo9Ezd0yJiHMUzti1u4BabEtv8pxttOoULOzeOBZcALKjSGcbbYyAbo1xu96zB7Gbu7OG6FYQYD2zYBjz5TlV8sl
OuydD0ZLmE4kuU9c3U+uTCze6a0XjdTPDemQVtli2pzk8p8icvQYte8VdTsm2ZaBoA9Bsemha7dNbMstKEuf6H8vN5
rsefaalor95zVoySAEumeOtC3Ls90QjBtEfoiFSB431iaFydsw/vrdhCdS4XgvOFsua/+fEf8f/l35slexGvBLUxaB
SvrutlMYBGtPghlvqdcXPoMD6+KggTCeqkf11Psh2rVS0ccVZ4W5Y4nQMwybZNYl480qD/VA==

Arenal No. 550, Piso 1, Pueblo Santa María Tepepan, Xochimilco, 16020,
Ciudad de México.
(55)53340700 www.gob.mx/impi

MX/2018/45884

IMPI
DE LA PROPIEDAD
INDUSTRIAL

PULSO DE RECUPERACIÓN DE T_2 DE RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere en general a aparatos y métodos para realizar y evaluar mediciones, en particular, relacionados con métodos de resonancia magnéticos nucleares.

ANTECEDENTES

La resonancia magnética nuclear (RMN) se utiliza como una herramienta en una cantidad de áreas tecnológicas diferentes para investigar diferentes tipos de medios. La RMN puede ocurrir cuando el medio se somete a un campo magnético estático y a un campo magnético oscilante. Cuando se somete a un campo magnético estático aplicado, ocurre la polarización de los espines magnéticos nucleares del medio basándose en la cantidad de espines del medio. La aplicación de un campo electromagnético al medio en el campo magnético estático puede perturbar la polarización establecida mediante del campo magnético estático. En las mediciones típicas, el campo magnético estático y el campo perturbador son perpendiculares entre sí. Se pueden utilizar las respuestas recopiladas recibidas del medio relacionado con la magnetización total de

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

los espines nucleares en el medio, en respuesta a estos campos aplicados para investigar las propiedades del medio y pueden proporcionar imágenes del medio.

Las mediciones de resonancia magnética se crean mediante la oscilación de los espines magnéticos nucleares excitados en el plano transversal, es decir, la dirección perpendicular al campo magnético. Esta oscilación finalmente desaparece y vuelve la magnetización de equilibro. Al proceso de retorno se lo conoce como relajación longitudinal. La constante de tiempo, T_1, para que los núcleos vuelvan a su magnetización de equilibro, M_o, se llama tiempo de relajación longitudinal o el tiempo de relajación espín red. El desfasado de magnetización que pierde coherencia a lo largo del plano transversal está dado por la constante T_2 y se llama tiempo de relajación espín-espín. La pérdida de coherencia de fase puede ser ocasionada por muchos factores que incluyen interacciones entre los espines o gradientes magnéticos.

Una técnica de medición de RMN ampliamente utilizada, referida como CPMG (en vista de sus diseñadores Carr, Purcell, Meiboom, y Gill), utiliza una secuencia de pulsos de frecuencia de radio para producir ecos de espines y contrarrestar el desfasaje de la magnetización en el medio

IMPI INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

investigado. En la secuencia de CPMG, un pulso a frecuencia comúnmente un pulso de 90°, se puede aplicar para bascular la polarización en un plano perpendicular al campo magnético estático. Para contrarrestar el desfasaje debido a inhomogeneidades, se aplica otro pulso, un pulso de recuperación, para regresar a la fase que produce una señal llamada eco del medio. Aún así, después de cada regreso a la fase, comienza el desfasaje y se aplica otro pulso de recuperación para el refasaje. El refasaje o reenfoque se repite muchas veces en la secuencia de CPMG, a la vez que se mide cada eco. La magnitud del eco disminuye con el tiempo debido a una cantidad de mecanismos de relajación irreversibles. La secuencia de CPMG puede tener cualquier cantidad de ecos, donde el tiempo entre cada eco puede ser relativamente corto, por ejemplo, se usa del orden de 1 ms o menos o hasta 12 ms.

La Figura 1 ilustra el uso de un pulso basculante de 90° y una secuencia de pulsos de reenfoque de 180°. En esta secuencia, los diez pulsos de reenfoque de 180° provocan diez ecos, donde las amplitudes pico de los ecos están espaciadas de igual manera por una distancia de tiempo de pico a pico, TE, que corresponde a las distancias de tiempo separadas de igual manera de los pulsos de reenfoque. También se indica

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

una ventana de adquisición para capturar la señal de un eco. Los ecos se desintegran debido al desfasaje de acuerdo con T_2 para el medio. Una vez que la población de espines nucleares está completamente recuperada para la secuencia, se puede sondear nuevamente el medio mediante otra secuencia.

La información petrofísica puede derivar de mediciones de RMN, tales como, de modo no taxativo, propiedades petrofísicas de medios porosos que contienen fluidos. Varias propiedades que se pueden medir usando una herramienta de RMN incluyen tamaño del poro, porosidad, relación de superficie con respecto al volumen, permeabilidad de la formación y presión capilar. Por ejemplo, la distribución de valores T_2 se pueden usar para estimar el tamaño del poro. Como se indicó anteriormente, T_2 se refiere a la pérdida de coherencia de fase que se produce entre los espines, que pueden ser a causa de varios factores. Por ejemplo, los gradientes del campo magnético en los poros llevan a diferentes tasas de desintegración. Por lo tanto, diferentes tamaños de poros en la formación producen una distribución de valores de T_2, que se muestra en la conversión de datos de desintegración espín-eco de las mediciones de RMN. Esta distribución representa una distribución "muy probable" de valores de T_2 que producen el tren de eco de la medición.

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

Esta distribución puede estar correlacionada con una distribución del tamaño del poro cuando la roca está saturada con agua al 100 %. Sin embargo, si los hidrocarburos están presentes, la distribución de T_2 se alterará dependiendo del tipo, viscosidad y saturación del hidrocarburo. Con una calibración adecuada y teniendo en cuenta el índice de hidrógeno de los fluidos en el espacio del poro, el área debajo de una curva de distribución de T_2 es igual a la porosidad total. Se puede proporcionar más precisión en la evaluación de datos de RMN con la adquisición aumentada de datos de las mediciones de múltiples RMN.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 ilustra el uso de un pulso basculante de 90° y una secuencia de pulsos de reenfoque de 180°, de acuerdo con varias modalidades.

La Figura 2 ilustra un pulso basculante de 90 grados, una secuencia de una cantidad, *n*, de pulsos de reenfoque de 180 grados, un pulso de reenfoque final de 180 grados, y un pulso de recuperación de 90 grados agregado al final de la secuencia, de acuerdo con varias modalidades.

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

La Figura 3 ilustra la relación del tiempo de recuperación después de un pulso de recuperación con respecto al tiempo de recuperación total y tiempo de recuperación ahorrado proporcionado por el pulso de recuperación, de acuerdo con varias modalidades.

La Figura 4 muestra tiempos de espera después de un pulso de recuperación con respecto al tiempo de relajación longitudinal para una secuencia de ejemplo, de acuerdo con varias modalidades.

La Figura 5 muestra tiempos de recuperación después de un pulso de recuperación con respecto al tiempo de relajación longitudinal para una secuencia de ejemplo, de acuerdo con varias modalidades.

Las Figuras 6-9 muestran cálculos para los tiempos de recuperación después de un pulso de recuperación para combinaciones diferentes de gradiente magnético y tiempo de relajación longitudinal, de acuerdo con varias modalidades.

La Figura 10 ilustra un diagrama de bloques de características de una herramienta de resonancia magnética nuclear de ejemplo que se puede utilizar en un pozo, de

IMPI INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

acuerdo con varias modalidades.

La Figura 11 muestra características de un ~~método de ejemplo~~ para llevar a cabo una medición de resonancia magnética nuclear que incluye generar un pulso de recuperación para recuperar magnetismo, de acuerdo con varias modalidades.

La Figura 12 ilustra un diagrama de bloques de características de un sistema de ejemplo que tiene una herramienta de resonancia magnética nuclear, de acuerdo con varias modalidades.

La Figura 13 ilustra un sistema de ejemplo a un sitio de perforación, donde el sistema incluye una herramienta configurada con una herramienta de resonancia magnética nuclear, de acuerdo con varias modalidades.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La descripción detallada que sigue a continuación hace referencia a las figuras adjuntas que muestran, a modo ilustrativo y no taxativo, varias modalidades en las que se puede realizar la invención. Estas modalidades se describen en suficiente detalle para permitir a los expertos en la

técnica poner en práctica estas y otras modalidades. Se pueden utilizar otras modalidades y se pueden realizar cambios estructurales, lógicos y eléctricos a estas modalidades. Las distintas modalidades no son necesariamente excluyentes entre sí, ya que algunas modalidades se pueden combinar con una u otras más modalidades para formar nuevas modalidades. Por lo tanto, la siguiente descripción detallada no debe interpretarse como limitante.

Las herramientas de adquisición de registros de RMN se han convertido en un aspecto vital en la adquisición de registros en el fondo del pozo. Un factor limitante en los experimentos de RMN es la necesidad de esperar que la magnetización se polarice totalmente antes de repetir la medición. El tiempo permitido para que se recupere la magnetización se conoce como tiempo de recuperación o tiempo de espera. Este tiempo de espera limita la cantidad de datos que se pueden recolectar a partir de la utilización de una herramienta de RMN en el fondo del pozo. Se han construido experimentos de T_1 para recolectar datos relacionados con T_1 que reducen las limitaciones del tiempo de espera. El uso de excitaciones multibanda (frecuencias diferentes) pueden acelerar en gran medida el tiempo de adquisición de un conjunto de datos con datos diferentes recolectados en cada frecuencia. Sin

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

embargo, aun hay un tiempo de disminución largo en cada banda para alcanzar la polarización total. El tiempo de repolarización necesario se considera comúnmente que es tres a cinco veces el componente de T_1 más largo. Dado que los tiempos de relajación longitudinales bajo tierra pueden ser de 3 a 5 segundos, los tiempos de espera comunes son 12 o 18 segundos.

En una modalidad, un pulso de recuperación se agrega al extremo de una secuencia de tren de eco de T_2 para recuperar cualquier magnetización coherente. La magnetización coherente se produce cuando los espines nucleares están alineados. Esto permite que los procesos de recuperación comiencen con una magnetización de un medio a un nivel más cercano a su magnetismo de equilibrio que permitir que el medio regrese de manera termodinámica a su magnetismo de equilibrio. Dicho proceso de pulso de recuperación puede incluir generar un pulso basculante para iniciar la secuencia seguida de una cantidad, *n*, de pulsos de reenfoque y un pulso de recuperación después del último de los pulsos de reenfoque de la secuencia. El pulso de recuperación se puede aplicar en el momento que corresponda a la amplitud máxima del eco que seguirá al último pulso de reenfoque de la secuencia. El pulso de recuperación se puede aplicar con la misma

orientación que el pulso basculante.

IMPI
INSTITUTO MEXICANO
DE LA PROPIEDAD
INDUSTRIAL

Como se ilustra en la Figura 2, el pulso ~~basculante puede ser~~ un pulso de 90 grados, los pulsos de reenfoque pueden ser pulsos de 180 grados en una secuencia de n pulsos de reenfoque que están seguidos por ecos, un pulso de reenfoque final de 180 grados y el pulso de recuperación puede ser un pulso de 90 grados agregado al final de la secuencia de tren de ecos de T_2. Como se muestra, el pulso de recuperación se puede aplicar en el momento que corresponde a la amplitud máxima del eco que seguirá al último pulso de reenfoque de la secuencia. Este pulso de recuperación de adición, cuando se utiliza como un pulso de 90 grados en determinadas condiciones, puede casi doblar la densidad de los datos adquiridos utilizando secuencias múltiples. Cada una de las secuencias múltiples se aplica después de un tiempo de espera que corresponde a la aplicación del pulso de recuperación. El pulso de recuperación, los pulsos de reenfoque y el pulso de recuperación no están limitados a un pulso de 90°, pulsos de 180° y un pulso de 90°, respectivamente. Por ejemplo, un pulso basculante de 45°, pulsos de reenfoque de 135°, y un pulso de recuperación de 45° se puede usar para reducir la espera entre secuencias proporcionando un punto de inicio de recuperación que es más cercano al magnetismo de equilibrio

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

que en una secuencia de CPMG que tiene la misma cantidad de pulsos de reenfoque.

El tiempo de espera necesario después de un pulso de recuperación se puede evaluar con respecto a la cantidad de magnetismo que permanece al final del tren de ecos. La cantidad de magnetización que queda al final de un tren de eco de 180° se da por la señal, en el momento *t*:

$$Señal = \sum_{i}^{n} M_0 e^{-t/T_{2i} + D(\gamma G\, TE)^2 t/12},$$

donde M_0 es el magnetismo de equilibrio, D es la difusividad de fluido, γ es la relación giromagnética, G es el gradiente de campo magnético, y TE es el espacio de tiempo entre ecos en un tren de ecos. La forma básica de recuperación, donde el magnetismo en el momento *t* está relacionado con el magnetismo de equilibrio mediante T_1, está dado en la relación:

$$M(t) = M_0\left(1 - e^{-t/T_1}\right).$$

El punto de inicio para la recuperación está relacionado con la cantidad de tiempo que se ha ahorrado usando el pulso de recuperación, que se puede calcular como:

$$T_{ahorrado} = -T \log\left(1 - Señal_{último\ eco} / M_0\right)$$

IMPI
INSTITUTO MEXICANO
DE LA PROPIEDAD
INDUSTRIAL

De manera similar, el tiempo total para la recuperación se puede calcular como:

$$T_{Recuperación\ total} = -T_1 log(1 - Porcentaje\ de\ señal / M_0)$$

El tiempo de recuperación usando el pulso de recuperación es la diferencia entre estos dos términos dada por

$$T_{Recuperación\ total} - T_{ahorrado}.$$

Al tiempo de recuperación total se le asigna un porcentaje de señal recuperada, ya que la recuperación completa real es infinitamente prolongada. Por lo tanto, el porcentaje de señal es el porcentaje asignado del magnetismo de equilibrio. En términos de una unidad de porosidad (pu), ya que solo se espera una precisión de 1 pu en una formación de 30 pu, el 97 % de la recuperación se considera eficiente. Además, con la calibración de esta manera, debería haber una mínima posibilidad de error debido a que solo se obtiene el 97 % de la recuperación. La Figura 3 ilustra la relación del tiempo de recuperación después de un pulso de recuperación con respecto al tiempo de recuperación total y tiempo de recuperación ahorrado proporcionado por el pulso de recuperación.

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

La Figura 4 muestra tiempos de espera después de un pulso de recuperación con respecto al tiempo de relajación longitudinal para una secuencia de ejemplo. En este ejemplo, se consideran las formaciones con una T_1 igual a 3 segundos. La medición de RMN simulada es para una TE = 0,6 ms y G = 5 G/cm y un 97 % de recuperación. Como se muestra, después de 1000 ecos, se debe usar un tiempo de espera de solo un poco más de 6,5 segundos después de un pulso de recuperación de cada secuencia antes de generar la siguiente secuencia. En comparación con el tiempo de espera de 12 a 18 segundos comúnmente usado sin un pulso de recuperación, se puede obtener un ahorro de tiempo de alrededor de un factor de 2 a 3.

La Figura 5 muestra tiempos de recuperación después de un pulso de recuperación con respecto al tiempo de relajación longitudinal para una secuencia de ejemplo. En este ejemplo, se consideran las formaciones con una T_1 larga del orden de 5 segundos. La medición simulada de RMN es para una TE = 0,6 ms y G = 5 G/cm. Tal como se muestra, el experimento de 1000 ecos solo necesita alrededor de un segundo más de tiempo de espera para alcanzar el 97 % de recuperación que el que se muestra en la Figura 4.

IMPI INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

Un sistema que utiliza un pulso de recuperación puede funcionar mejor en gradientes bajos con secuencias de TE cortas, dado que la difusión no afecta tanto la pérdida de magnetización en estas condiciones. En gradientes más altos, disminuirá la eficacia de esta técnica. Las Figuras 6-9 muestran tiempos de recuperación después de un pulso de recuperación para combinaciones diferentes de gradiente magnético y tiempo de relajación longitudinal. La Figura 6 muestra tiempos de recuperación para TE = 0,6 ms, G = 9 G/cm, T_1 = 3. La Figura 7 muestra tiempos de recuperación para TE = 0,6 ms, G = 9 G/cm, T_1 = 5. La Figura 8 muestra tiempos de recuperación para TE = 0,6 ms, G = 22 G/cm, T_1 = 3. La Figura 9 muestra tiempos de recuperación para TE = 0,6 ms, G = 22 G/cm, T_1 = 5.

La Figura 10 muestra un diagrama de bloques de una modalidad de ejemplo de un sistema 1000 estructurado para determinar propiedades de una región de un pozo 1002 sometido a mediciones de resonancia magnética nuclear. El sistema 1000 incluye una herramienta de resonancia magnética nuclear 1005 que tiene una estructura de herramienta 1003, una unidad de control 1015, y una unidad de procesamiento 1020. La estructura de la herramienta 1003 tiene una disposición de imanes 1011-1 y 1011-2 y transmisores y receptores 1012 bajo

IMPI INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

el control de la unidad de control 1015. Los transmisores y receptores 1012 se pueden realizar como transceptores. Estos transmisores y receptores 1012 se pueden disponer con respecto a un eje longitudinal 1017 de la estructura de la herramienta 1003, pero no tienen por qué estar dispuestos con relación al eje longitudinal 1017. La unidad de control 1015 se puede hacer funcionar para administrar la generación y recolección de las señales del uno o más transmisores y receptores 1012. La generación de señales puede incluir generar una cantidad de secuencias de trenes de ecos de T_2. Cada secuencia de trenes de ecos puede incluir un pulso basculantes, una secuencia de *n* pulsos de reenfoque, un pulso de reenfoque final y un pulso de recuperación agregado después del pulso de reenfoque final. Estos pulsos pueden incluir un pulso basculante de 90 grados, pulsos de reenfoque de 180 grados, y un pulso de recuperación de 90 grados. La unidad de control 1014 puede generar de manera selectiva pulsos basculantes, de reenfoque y de recuperación en otras orientaciones. La unidad de procesamiento 1020 del sistema 1000 puede estar estructurada para procesar las señales recibidas para determinar propiedades de la región del pozo 1002 investigado por la herramienta de resonancia magnética nuclear 1005. La herramienta de resonancia magnética nuclear 1005 se puede estructurar con la unidad de procesamiento 1020

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

y la unidad de control 1015 integrada con la estructura de herramienta 1003 o estructurada como componentes distribuidos. Los componentes distribuidos pueden incluir componentes alojados en la superficie a una ubicación de perforación o en el fondo del pozo. Además, la unidad de procesamiento 1020 y la unidad de control 1015 se pueden realizar como una unidad integrada alojada en la superficie en una ubicación de perforación o en el fondo del pozo.

La Figura 11 muestra características de un método para llevar a cabo una medición de RMN que incluye generar un pulso de recuperación para recuperar magnetismo. En 1110, se genera un pulso basculante de una herramienta de resonancia magnética nuclear en un medio. El pulso basculante inicia una secuencia, donde la secuencia es una secuencia de pulso de trenes de ecos de T_2. En la secuencia de pulso de trenes de ecos de T_2, el pulso basculante puede ser un pulso de 90°. El pulso basculante puede ser un pulso de 45° o un pulso con otro ángulo basculante.

En 1120, una cantidad de pulsos de reenfoque se generan después del pulso basculante como parte de la secuencia. La secuencia de pulso de trenes de ecos de T_2 tiene un pulso de reenfoque final. En la secuencia de pulso de trenes de ecos

de T_2, los pulsos basculantes pueden ser pulsos de 180°. Los pulsos de reenfoque pueden ser un pulso de 135° o pulsos con otros ángulos basculantes.

En 1130, se genera un pulso de recuperación después de generar el pulso de reenfoque final de modo que se produzca un nivel de repolarización en respuesta al pulso de recuperación. El pulso de recuperación se puede aplicar en un centro de un eco seguido del pulso de reenfoque final. El pulso de recuperación puede ser un pulso de 90°. El pulso de recuperación puede ser un pulso de 45° o un pulso con otro ángulo basculante. El nivel de repolarización puede ser una repolarización total eficaz. El nivel de repolarización se puede asignar como un porcentaje de repolarización total. El porcentaje asignado puede ser noventa y siete por ciento. Se pueden asignar otros porcentajes.

En la secuencia de pulso de trenes de ecos de T_2, el pulso basculante puede ser un pulso a 90°, cada pulso de reenfoque puede ser un pulso a 180°, y el pulso de recuperación puede ser un pulso a 90°. Los conjuntos de pulsos se pueden generar con otros ángulos basculantes. El método para realizar la medición de RMN puede incluir, después de un tiempo de espera de la generación de pulsos de recuperación, generar otro

pulso basculante de la herramienta de resonancia magnética nuclear en el medio para iniciar otra secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2. El tiempo de espera se puede basar en la cantidad de pulsos de reenfoque y el nivel de repolarización utilizado en la secuencia. El tiempo de espera puede ser 5 segundos u otro tiempo seleccionado de acuerdo con la disposición de mediciones particulares. La cantidad de pulsos de reenfoque utilizados en un proceso de pulso de recuperación se puede seleccionar de manera que la cantidad de pulsos de reenfoque correspondiente a un tiempo de espera sea menor que 12 segundos.

El método para realizar la medición de RMN puede incluir generar una cantidad de secuencias de pulsos de trenes de ecos de T_2, donde cada secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2 se genere en una frecuencia diferente a la de la otra secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2. Por ejemplo, se pueden utilizar cinco frecuencias. Además, durante el tiempo de espera en una secuencia, se puede generar otra secuencia en una frecuencia diferente.

Durante el funcionamiento de la herramienta de RMN en un pozo, la herramienta de RMN se puede extraer o empujar a través del pozo tomando las mediciones en diferentes

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

profundidades. Cuando se utiliza el tiempo de recuperación, el tiempo de espera puede ser más corto que 12 a 18 segundos como se utiliza comúnmente en las mediciones de trenes de ecos de T_2. Con los tiempos de espera más bajos, se pueden tomar más mediciones y se puede aumentar la cantidad de datos recolectados en un tiempo dado de medición (se aumenta la densidad de los datos). Si se aumentan las mediciones en diferentes profundidades, se puede obtener una resolución vertical mejorada. El aumento de los datos también puede proporcionar un aumento en la relación señal/ruido.

En varias modalidades, los componentes de un sistema que se puede utilizar para realizar las mediciones de resonancia magnética nuclear, tal como se describe en la presente o de manera similar, se pueden realizar en implementaciones basadas en software, hardware o combinaciones de hardware y software. Estas implementaciones pueden incluir un dispositivo de almacenamiento legible por máquina que tiene instrucciones ejecutables por máquina, tal como un dispositivo de almacenamiento legible por computadora que tiene instrucciones ejecutables por computadora, para generar un pulso basculante de una herramienta de resonancia magnética nuclear en un medio para iniciar una secuencia, donde la secuencia es una secuencia de pulsos de trenes de

IMPI INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

ecos de tiempo de relajación transversal (T_2); para generar una cantidad de pulsos de reenfoque seguidos del pulso basculante como parte de la secuencia, donde la secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2 tiene un pulso de reenfoque final; y para generar un pulso de recuperación después de generar el pulso de reenfoque final de modo que se produce un nivel de repolarización en respuesta al pulso de recuperación. El pulso basculante puede ser un pulso de 90°, cada pulso de reenfoque puede ser un pulso de 180°, y el pulso de recuperación puede ser un pulso de 90°. El pulso de recuperación se puede aplicar en un centro de un eco seguido del pulso de reenfoque final. El nivel de repolarización se puede asignar como un porcentaje de repolarización total. Por ejemplo, el porcentaje puede ser noventa y siete por ciento.

Las operaciones pueden incluir operaciones, después de un tiempo de espera desde la generación del pulso de recuperación, para generar otro pulso basculante de la herramienta de resonancia magnética nuclear en el medio para iniciar otra secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2, el tiempo de espera se basa en la cantidad de pulsos de reenfoque y el nivel de repolarización. La cantidad de pulsos de reenfoque puede basarse en un tiempo de espera seleccionado. Por ejemplo, la cantidad de pulsos de reenfoque

es menor que una cantidad de pulsos de reenfoque correspondientes a un tiempo de espera de 5 segundos. Las operaciones pueden incluir operaciones para generar una cantidad de secuencias de pulsos de trenes de ecos de T_2, cada secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2 a una frecuencia diferente de las otras secuencias de pulsos de trenes de ecos de T_2.

Las instrucciones ejecutadas también pueden incluir instrucciones para hacer funcionar una herramienta que tiene uno o más transmisores y uno o más receptores de una herramienta de resonancia magnética nuclear para generar pulsos basculantes, pulsos de reenfoque y pulsos de recuperación de acuerdo con las indicaciones de la presente. Las instrucciones pueden incluir instrucciones para proporcionarle datos a una unidad de procesamiento de modo que la unidad de procesamiento realice uno o más procesos para evaluar señales, datos, o señales y datos. Adicionalmente, un dispositivo de almacenamiento legible por máquina, en la presente, es un dispositivo físico que almacena datos representados por la estructura física dentro del dispositivo. Los ejemplos de dispositivos de almacenamiento legible por máquina incluyen, de modo no taxativo, memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

aleatorio (RAM), un dispositivo de almacenamiento de disco magnético, un dispositivo de almacenamiento óptico, una memoria flash y otros dispositivos de memoria electrónicos, magnéticos y/u ópticos.

En varias modalidades, un sistema puede comprender una herramienta de resonancia magnética nuclear; y una unidad de control acoplada a la herramienta de resonancia magnética nuclear para realizar operaciones para: generar un pulso basculante de una herramienta de resonancia magnética nuclear en un medio para iniciar una secuencia, donde la secuencia es una secuencia de pulsos de trenes de ecos de tiempo de relajación transversal (T_2); generar una cantidad de pulsos de reenfoque seguidos del pulso basculante como parte de la secuencia, donde la secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2 tiene un pulso de reenfoque final; y generar un pulso de recuperación después de generar el pulso de reenfoque final de modo que se produce un nivel de repolarización en respuesta al pulso de recuperación. El pulso basculante puede ser un pulso de 90°, cada pulso de reenfoque puede ser un pulso de 180°, y el pulso de recuperación puede ser un pulso de 90°. El pulso de recuperación se puede aplicar en un centro de un eco seguido del pulso de reenfoque final. El nivel de repolarización se puede asignar como un porcentaje

IMPI INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

de repolarización total. Por ejemplo, el porcentaje puede ser noventa y siete por ciento.

El sistema se puede disponer para que realice operaciones que incluyen operaciones, después de un tiempo de espera desde la generación del pulso de recuperación, para generar otro pulso basculante de la herramienta de resonancia magnética nuclear en el medio para iniciar otra secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2, el tiempo de espera se basa en la cantidad de pulsos de reenfoque y el nivel de repolarización. La cantidad de pulsos de reenfoque puede basarse en un tiempo de espera seleccionado. Por ejemplo, la cantidad de pulsos de reenfoque es menor que una cantidad de pulsos de reenfoque correspondientes a un tiempo de espera de 5 segundos. El sistema se puede disponer para que realice operaciones que incluyen operaciones para generar una cantidad de secuencias de pulsos de trenes de ecos de T_2, cada secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2 a una frecuencia diferente de las otras secuencias de pulsos de trenes de ecos de T_2.

La Figura 12 ilustra un diagrama de bloques de características de una modalidad de ejemplo de un sistema 1200 que se puede utilizar para realizar mediciones de resonancia magnética nuclear que generan secuencias de tren

de eco de T_2 terminadas con un pulso de recuperación, tal como se describe en la presente o de manera similar. El sistema 1200 puede incluir una herramienta 1205 que tiene una disposición de imanes 1211, sensores transmisores 1212 y sensores receptores 1214 que se pueden llevar a cabo de manera similar o idéntica a las disposiciones de los sensores indicados en la presente. El sistema 1200 se puede configurar para que funcione de acuerdo con las indicaciones de la presente.

El sistema 1200 puede incluir un controlador 1225, una memoria 1230, un aparato electrónico 1265 y una unidad de comunicaciones 1235. La memoria 1230 se puede estructurar para que incluya una base de datos. El controlador 1225, la memoria 1230 y la unidad de comunicaciones 1235 se pueden disponer para que funcionen como una unidad de procesamiento para controlar el funcionamiento de los transmisores 1212 y los receptores 1214 y para que realice operaciones en las señales captadas por los receptores 1214 para realizar los procesos de inversión de la resonancia magnética nuclear. Una unidad de procesamiento 1220, estructurada para realizar los procesos de inversión de la resonancia magnética nuclear, se puede implementar como una unidad única o distribuida entre los componentes del sistema 1200 que incluye el aparato

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

electrónico 1265. El controlador 1225 y la memoria 1230 pueden funcionar para controlar la activación de los transmisores 1212 para generar secuencias de trenes de ecos de T_2 terminadas con un pulso de recuperación. El controlador 1225 y la memoria 1230 pueden funcionar para controlar la selección de los sensores receptores en la herramienta 1205 y para manejar los esquemas de procesamiento. El controlador 1225, la memoria 1230, y otros componentes del sistema 1200 se pueden configurar, por ejemplo, para que funcionen de forma similar o idéntica a los componentes indicados en la presente o de forma similar o idéntica a cualquiera de los métodos descritos en la presente.

La unidad de comunicaciones 1235 puede incluir comunicaciones en el fondo del pozo para sensores ubicados adecuadamente en una operación de perforación. Dichas comunicaciones del fondo del pozo pueden incluir un sistema de telemetría. La unidad de comunicaciones 1235 puede usar combinaciones de tecnologías de comunicación por cable y tecnologías inalámbricas a frecuencias que no interfieran con las mediciones en desarrollo.

El sistema 1200 también puede incluir un bus 1227, donde el bus 1227 proporciona conductividad eléctrica entre los

componentes del sistema 1200. El bus 1227 puede incluir un bus de dirección, un bus de datos y un bus de control, cada uno configurado independientemente o en un formato integrado. El bus 1227 se puede realizar usando una cantidad de diferentes medios de comunicación que permiten la distribución de componentes del sistema 1200. El uso del bus 1227 se puede regular mediante el controlador 1225.

En varias modalidades, los dispositivos periféricos 1245 pueden incluir una memoria de almacenamiento adicional y otros dispositivos de control que pueden funcionar junto con el controlador 1225 y la memoria 1230. En una modalidad, el controlador 1225 se puede realizar como un procesador o un grupo de procesadores que pueden funcionar independientemente dependiendo de una función asignada.

El sistema 1200 puede incluir unidades de visualización 1255 como un componente distribuido en la superficie en una operación de perforación, que se puede usar con instrucciones almacenadas en la memoria 1230 para implementar una interfaz de usuario para monitorear la operación de la herramienta 1205 o los componentes distribuidos dentro del sistema 1200. La interfaz de usuario se puede utilizar para ingresar valores de parámetro para umbrales de modo que el sistema

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

1200 pueda funcionar de forma autónoma sustancialmente sin intervención del usuario. La interfaz del usuario también puede proporcionar un control manual y cambio de control del sistema 1200 a un usuario. Dicha interfaz del usuario se puede operar en conjunto con la unidad de comunicaciones 1235 y el bus 1227.

La Figura 13 ilustra una modalidad de un sistema 1300 en un sitio de perforación, donde el sistema 1300 incluye una herramienta 1305 que tiene una unidad de control y una herramienta de resonancia magnética nuclear para realizar mediciones de resonancia magnética nuclear que generan secuencias de trenes de ecos de T_2 que terminan con un pulso de recuperación, tal como se describe en la presente o de manera similar. La herramienta 1305 puede estar distribuida entre los componentes del sistema 1300. La herramienta 1305 se puede realizar de manera similar o idéntica a las disposiciones de las unidades de control, transmisores, receptores y unidades de procesamiento descritos en la presente. La herramienta 1305 se puede estructurar y fabricar de acuerdo con varias modalidades tal como se describe en la presente con respecto a los transmisores, receptores y unidades de procesamiento para llevar a cabo mediciones de resonancia magnética nuclear que generan secuencias de tren

de eco de T_2 que terminan con un pulso de recuperación.

El sistema 1300 puede incluir un equipo de perforación 1302 ubicado en una superficie 1304 de un pozo 1306 y una sarta de tuberías de perforación, es decir, la sarta de perforación 1308, conectados juntos de modo que se forma una sarta de perforación que se baja a través de una mesa rotativa 1307 en un pozo o agujero 1312. El equipo de perforación 1302 puede dar sostén a la sarta de perforación 1308. La sarta de perforación 1308 puede penetrar una mesa rotativa 1307 para perforar el pozo 1312 a través de formaciones subsuperficiales 1314. La sarta de perforación 1308 puede incluir una tubería de perforación 1318 y un ensamblaje en el fondo del pozo 1320 ubicado en la parte inferior de la tubería de perforación 1318.

El ensamblaje de fondo del pozo 1320 puede incluir un collar de perforación 1315, la herramienta 1305 unida al collar de perforación 1315, y una broca de perforación 1326. La broca de perforación 1326 puede crear el pozo 1312 al penetrar la superficie 1304 y las formaciones subsuperficiales 1314. La herramienta 1305 puede estar estructurada para una implementación en el pozo 1312 como un sistema de medición durante la perforación (MWD, por sus siglas en inglés) tal

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

como un sistema de adquisición de registros durante la perforación (LWD, por sus siglas en inglés).. La cubierta que contiene la herramienta 1305 puede incluir elementos electrónicos para activar uno o más transmisores de la herramienta 1305 y recopilar respuestas de uno o más receptores de la herramienta 1305. Dichos elementos electrónicos pueden incluir una unidad de procesamiento para realizar la inversión de resonancia magnética nuclear y proporcionar resultados a la superficie mediante un mecanismo de comunicación estándar para realizar operaciones en un pozo. De manera alternativa, los elementos electrónicos pueden incluir una interfaz de comunicaciones para proporcionar señales generadas por los receptores de la herramienta 1305 en la superficie mediante un mecanismo de comunicación estándar para realizar operaciones en un pozo, donde estas señales de salida se pueden analizar en una unidad de procesamiento en la superficie para llevar a cabo la inversión de resonancia magnética nuclear.

Durante las operaciones de perforación, la sarta de perforación 1308 se puede girar mediante la mesa rotativa 1307. Además, o de manera alternativa, el ensamblaje en el fondo del pozo 1320 también puede girar por acción de un motor (por ejemplo, un motor de lodo) que se ubica en el

IMPI
INSTITUTO MEXICANO
DE LA PROPIEDAD

fondo de pozo. Los collares de perforación 1315 pueden ser utilizados para agregar peso a la broca de perforación 1326. Asimismo, los collares de perforación 1315 pueden rigidizar el ensamblaje en el fondo del pozo 1320, lo que permite que el ensamblaje de fondo del pozo 1320 transfiera el peso agregado a la broca de perforación 1326 y, a su vez, ayude a la broca de perforación 1326 a penetrar las formaciones superficiales 1304 y subsuperficiales 1314.

Durante las operaciones de perforación, una bomba de lodo 1332 puede bombear fluido de perforación (en algunos casos también conocido por los expertos en la técnica como "lodo de perforación") de un tanque de lodo 1334 a través de una manguera 1336 por la tubería de perforación 1318 y hacia la broca de perforación 1326. El fluido de perforación puede fluir fuera de la broca de perforación 1326 y volver a la superficie 1304 a través de un área anular 1340 entre la tubería de perforación 1318 y los lados del pozo 1312. Entonces, es posible devolver el fluido de perforación al tanque de lodo 1334, en el que se filtra dicho fluido. En algunas modalidades, el fluido de perforación puede ser utilizado para enfriar la broca de perforación 1326, así como para lubricar la broca de perforación 1326 durante operaciones de perforación. Adicionalmente, el fluido de

IMPI INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

perforación puede ser utilizado para eliminar los cortes de perforación de la formación subsuperficial 1314, creados mediante la operación con la broca de perforación 1326.

En varias modalidades, la herramienta 1305 puede estar incluida en un cuerpo de herramienta 1370 acoplado a un cable de adquisición de registros 1374 tal como, por ejemplo, para aplicaciones por cable. El cuerpo de herramienta 1370 que contiene la herramienta 1305 puede incluir elementos electrónicos para activar uno o más transmisores de la herramienta 1305 y recopilar respuestas de uno o más receptores de la herramienta 1305. Dichos elementos electrónicos pueden incluir una unidad de procesamiento para realizar la inversión de resonancia magnética nuclear y proporcionar resultados en la superficie mediante un mecanismo de comunicación estándar para realizar operaciones en un pozo. De manera alternativa, los elementos electrónicos pueden incluir una interfaz de comunicaciones para proporcionar señales generadas por los receptores de la herramienta 1305 en la superficie mediante un mecanismo de comunicación estándar para realizar operaciones en un pozo, donde estas señales de salida se pueden analizar en una unidad de procesamiento en la superficie para llevar a cabo la inversión de resonancia magnética nuclear. El cable de

IMPI INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD

adquisición de registros 1374 se puede realizar como un cable eléctrico (múltiples líneas de energía y de comunicación), un monocable (un conductor único), y/o a línea de acero (sin conductores para energía o comunicaciones), u otra estructura adecuada para usar en el pozo 1312.

Si bien se han ilustrado y descrito modalidades específicas en la presente, el experto en la técnica entenderá que toda disposición calculada para lograr el mismo objetivo puede sustituir a las modalidades específicas que se muestran. Varias modalidades utilizan cambios y/o combinaciones de modalidades descritas en la presente. Se entiende que la descripción que antecede tiene la intención de ilustrar y no restringir y que la fraseología o terminología empleada en la presente tiene el objetivo de describir. Las combinaciones de las modalidades antemencionadas y otras modalidades serán evidentes para el experto en la técnica tras estudiar la descripción antemencionada.

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

NOVEDAD DE LA INVENCIÓN

Habiendo descrito la presente invención como antecede, se considera como novedad y, por lo tanto, se reclama como propiedad lo contenido en las siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un método para realizar mediciones de resonancia magnética nuclear que comprende:

generar un pulso basculante a partir de una herramienta de resonancia magnética nuclear RMN de fondo de pozo en una formación subsuperficial para iniciar una primera secuencia de pulsos de trenes de ecos de tiempo de relajación transversal (T_2);

generar una cantidad de pulsos de reenfoque seguido del pulso basculante como parte de la primera secuencia de trenes de pulsos de ecos T_2, donde la primera secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2 tiene un pulso de reenfoque final;

generar un pulso de recuperación después de generar el pulso de reenfoque final para reducir el tiempo de recuperación necesario para la magnetización para alcanzar que se produzca un nivel de repolarización después de la primera secuencia de trenes de pulsos de ecos T_2; y

que cuando el nivel de repolarización se alcanza siguiendo el pulso de recuperación de la primera secuencia de

IMPI INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

trenes de ecos T_2, que genera otro pulso basculante desde la herramienta de resonancia magnética nuclear RMN de fondo de pozo hacia la formación subsuperficial para iniciar una segunda secuencia de trenes de pulsos de ecos T_2.

2. El método de conformidad con la reivindicación **1**, caracterizado porque el pulso basculante es un pulso de 90°, cada pulso de reenfoque es un pulso de 180°, y el pulso de recuperación es un pulso de 90°.

3. El método de conformidad con la reivindicación **1** o **2**, caracterizado porque el pulso de recuperación se aplica en un centro de un eco seguido del pulso de reenfoque final.

4. El método de conformidad con la reivindicación **1** o **2**, caracterizado porque el nivel de repolarización se asigna como un porcentaje de repolarización total.

5. El método de conformidad con la reivindicación **4**, caracterizado porque el porcentaje es noventa y siete por ciento.

6. El método de conformidad con las reivindicaciones **1** o **2**, caracterizado porque el tiempo de recuperación se basa en la cantidad de pulsos de reenfoque y el nivel de repolarización.

7. El método de conformidad con la reivindicación **6**, caracterizado porque la cantidad de pulsos de reenfoque se basa en un tiempo de espera seleccionado.

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

8. El método de conformidad con la reivindicación **6**, caracterizado porque la cantidad de pulsos de reenfoque es menor que una cantidad de pulsos de reenfoque correspondientes a un tiempo de espera de 5 segundos.

9. El método de conformidad con las reivindicaciones **1** o **2**, caracterizado porque la segunda secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2 es generada a una frecuencia diferente de la primera secuencia de trenes de pulsos de ecos de T_2.

10. Un sistema para realizar mediciones de resonancia magnética nuclear caracterizado porque comprende:

una herramienta de resonancia magnética nuclear de fondo de pozo; y

una unidad de control acoplada a la herramienta de resonancia magnética nuclear de fondo de pozo para controlar la herramienta de resonancia magnética nuclear de fondo de pozo para que realice las operaciones para:

generar un pulso basculante a partir de la herramienta de resonancia magnética nuclear de fondo de pozo en una formación subsuperficial para iniciar una primera secuencia de pulsos de trenes de ecos de tiempo de relajación transversal (T_2);

generar una cantidad de pulsos de reenfoque seguido del pulso basculante como parte de la primera secuencia de trenes de pulsos de ecos T_2, la primera secuencia de pulsos de

IMPI INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

trenes de ecos de T_2 tiene un pulso de reenfoque final;

generar un pulso de recuperación después de generar el pulso de reenfoque final para reducir el tiempo de recuperación necesario para la magnetización para alcanzar que se produzca un nivel de repolarización después de la primera secuencia de trenes de pulsos de ecos T_2; y

que cuando el nivel de repolarización se alcanza siguiendo el pulso de recuperación de la primera secuencia de trenes de ecos T_2, que genera otro pulso basculante desde la herramienta de resonancia magnética nuclear RMN de fondo de pozo hacia la formación subsuperficial para iniciar una segunda secuencia de trenes de pulsos de ecos T_2.

11. El sistema de conformidad con la reivindicación **10**, caracterizado porque el pulso basculante es un pulso de 90°, cada pulso de reenfoque es un pulso de 180°, y el pulso de recuperación es un pulso de 90°.

12. El sistema de conformidad con la reivindicación **10** u **11**, caracterizado porque el pulso de recuperación se aplica en un centro de un eco seguido del pulso de reenfoque final.

13. El sistema de conformidad con la reivindicación **10** o **11**, caracterizado porque el nivel de repolarización se asigna como un porcentaje de repolarización total.

14. El sistema de conformidad con las reivindicaciones **10** o **11**, caracterizado porque el porcentaje es noventa y

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

siete por ciento.

15. El sistema de conformidad con las reivindicaciones **10** o **11**, caracterizado porque el tiempo de recuperación se basa en la cantidad de pulsos de reenfoque y el nivel de repolarización.

16. El sistema de conformidad con la reivindicación **15**, caracterizado porque la cantidad de pulsos de reenfoque se basa en un tiempo de espera seleccionado.

17. El sistema de conformidad con la reivindicación **16**, caracterizado porque la cantidad de pulsos de reenfoque es menor que una cantidad de pulsos de reenfoque correspondientes a un tiempo de espera de 5 segundos.

18. El sistema de conformidad con las reivindicaciones **10** o **11**, caracterizado porque la segunda secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2 es generada a una frecuencia diferente de la primera secuencia de pulsos de trenes de ecos de T_2.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

IMPI
INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

Varias modalidades incluyen aparatos y métodos para llevar a cabo mediciones en una estructura usando una herramienta de resonancia magnética nuclear. La herramienta de resonancia magnética nuclear puede funcionar para realizar mediciones de resonancia magnética nuclear que generan secuencias de trenes de ecos de tiempo de relajación transversal 5 que terminan con un pulso de recuperación. Se describen aparatos, sistemas y métodos adicionales.

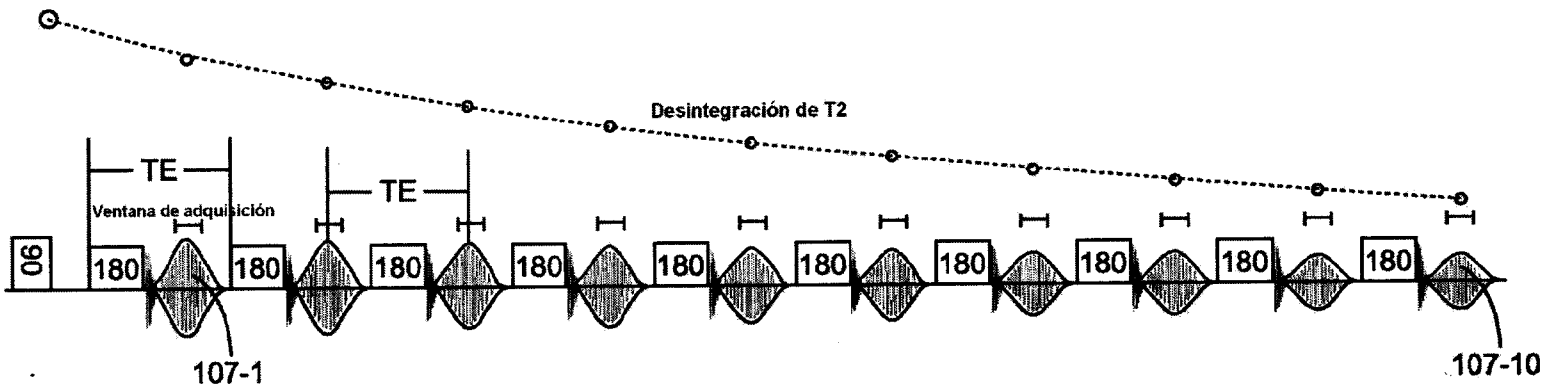


Fig. 1

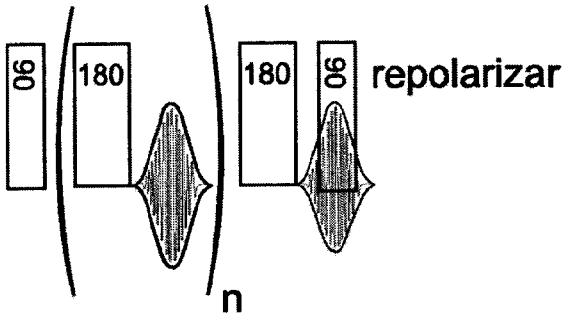


Fig. 2

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

IMPI
INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

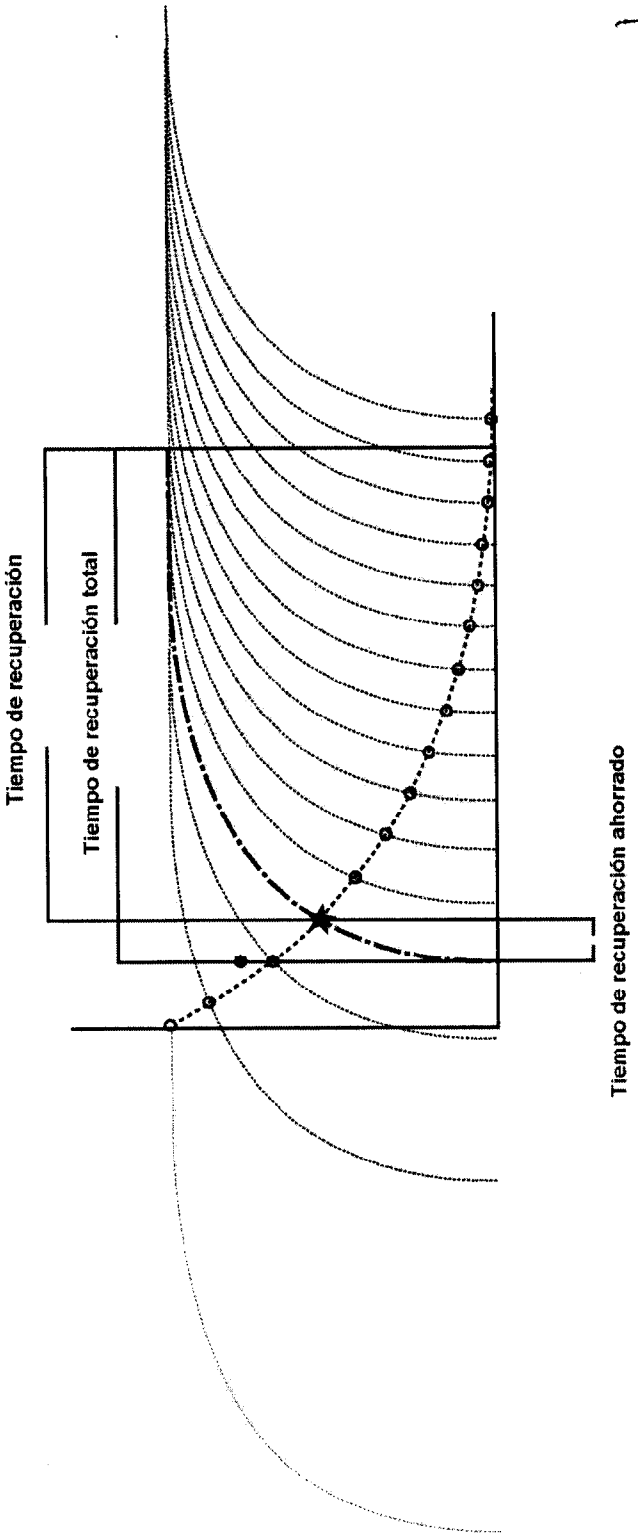


Fig. 3

IMPI
INSTITUTO MEXICANO
DE LA PROPIEDAD
INDUSTRIAL

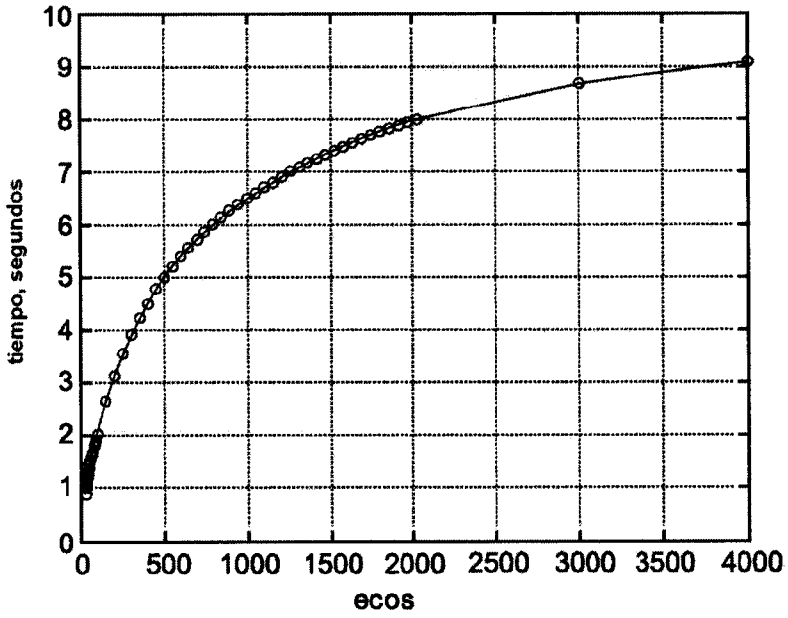


Fig. 4

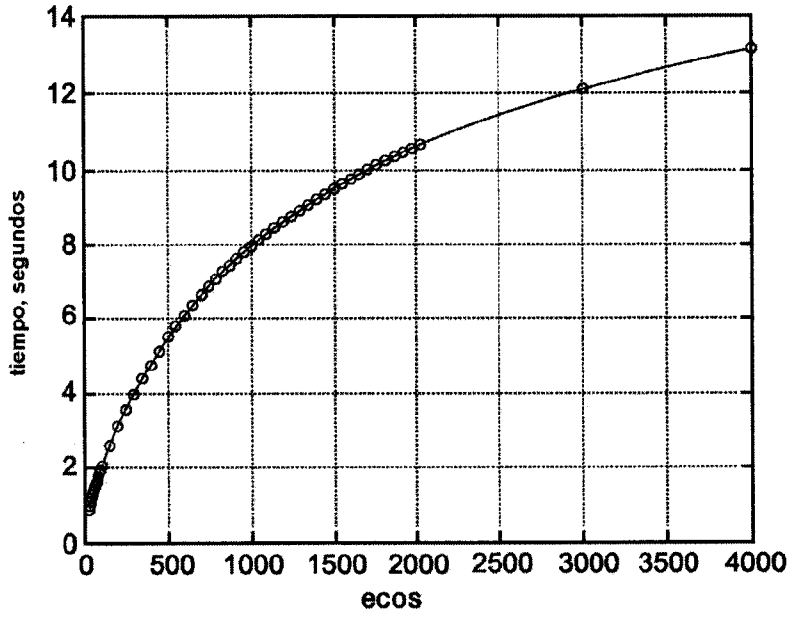


Fig. 5

IMPI
INSTITUTO MEXICANO
DE LA PROPIEDAD
INDUSTRIAL

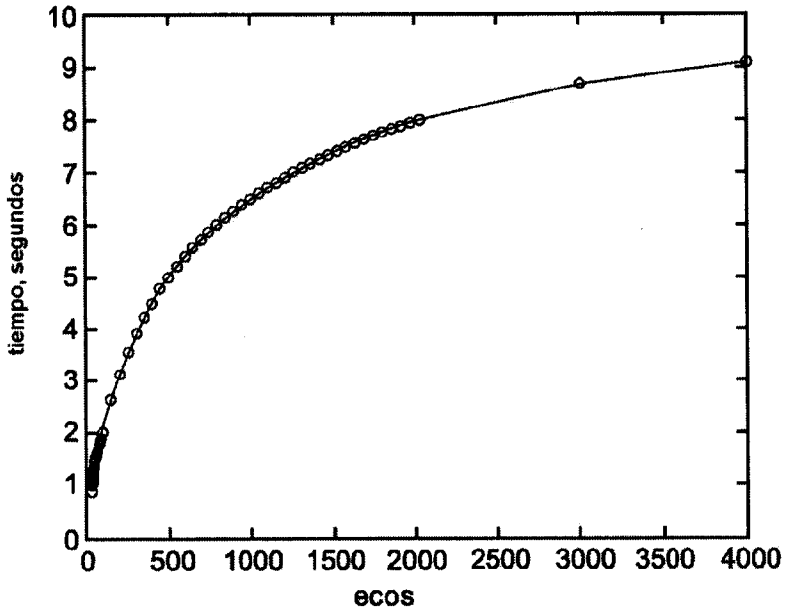


Fig. 6

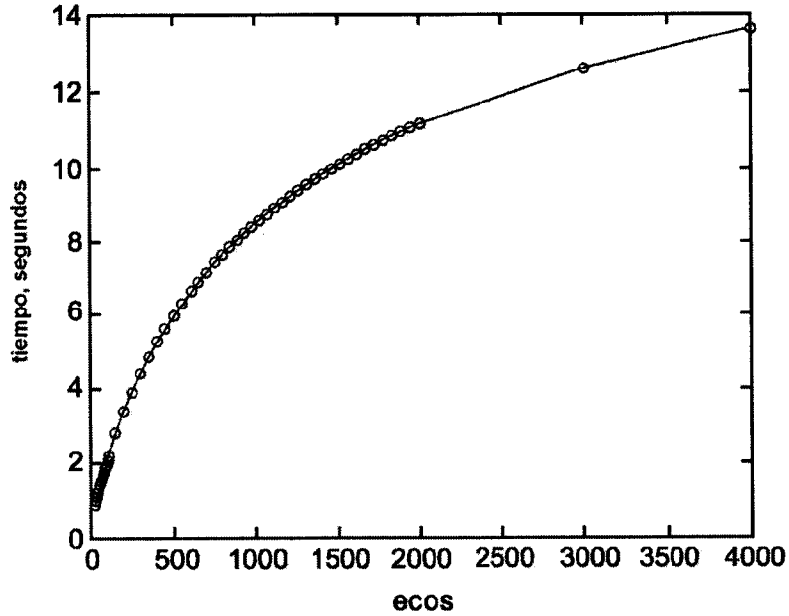


Fig. 7

IMPI
INSTITUTO MEXICANO
DE LA PROPIEDAD
INDUSTRIAL

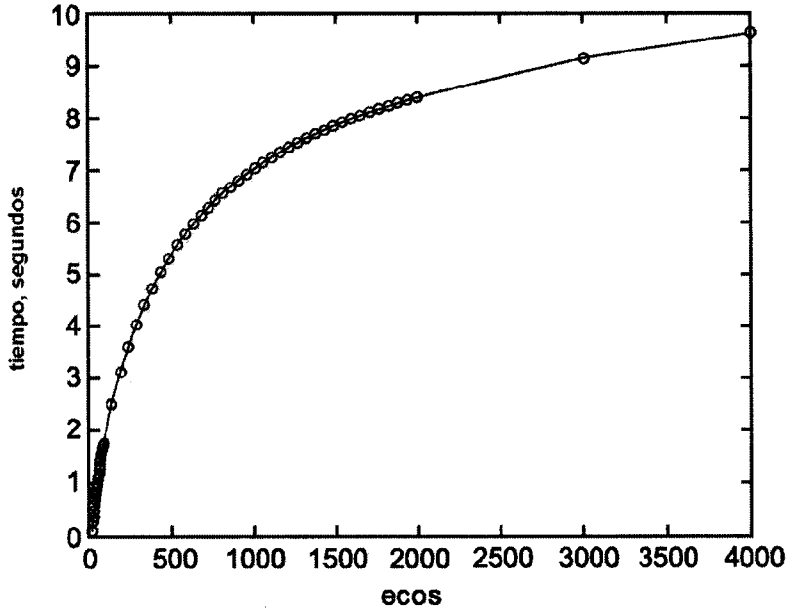


Fig. 8

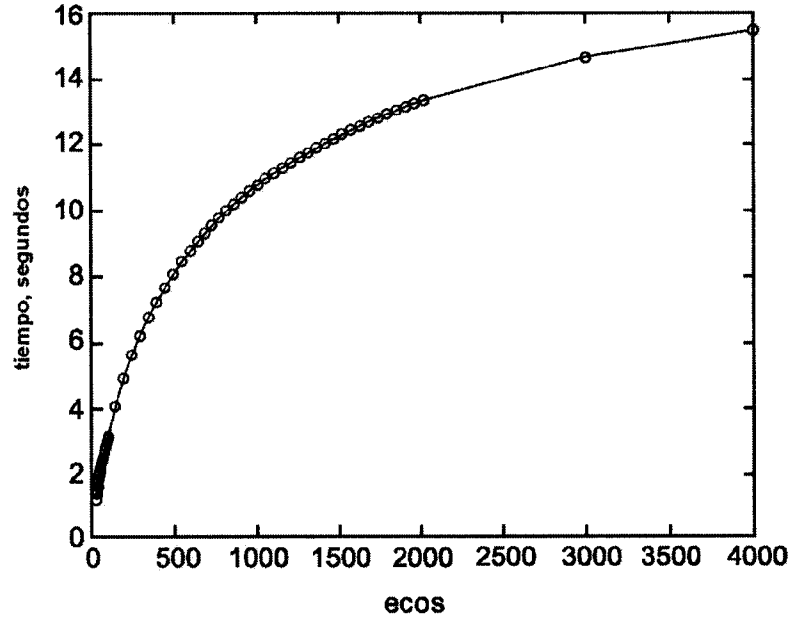


Fig. 9

IMPI
INSTITUTO MEXICANO
DE LA PROPIEDAD
INDUSTRIAL

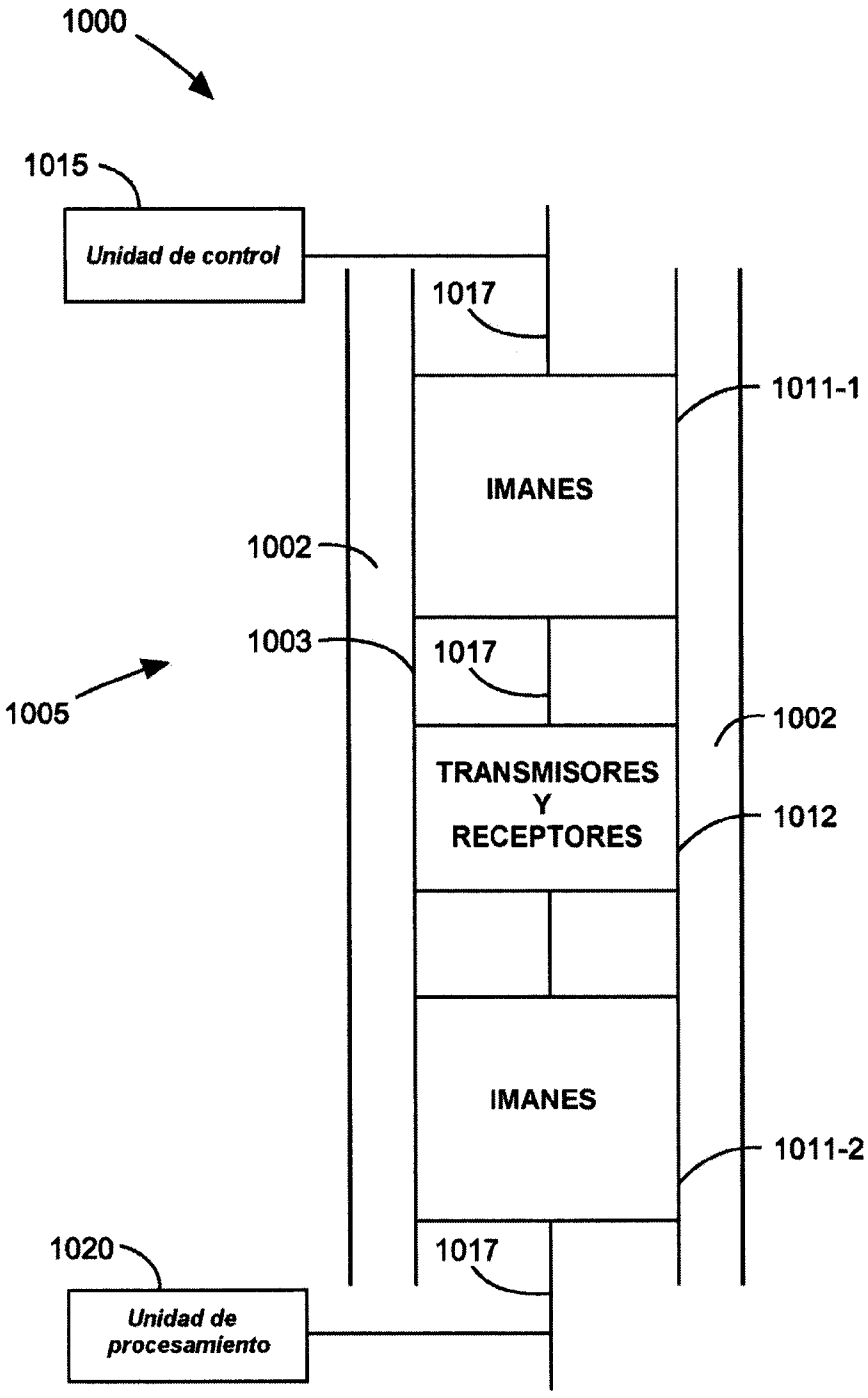


Fig. 10

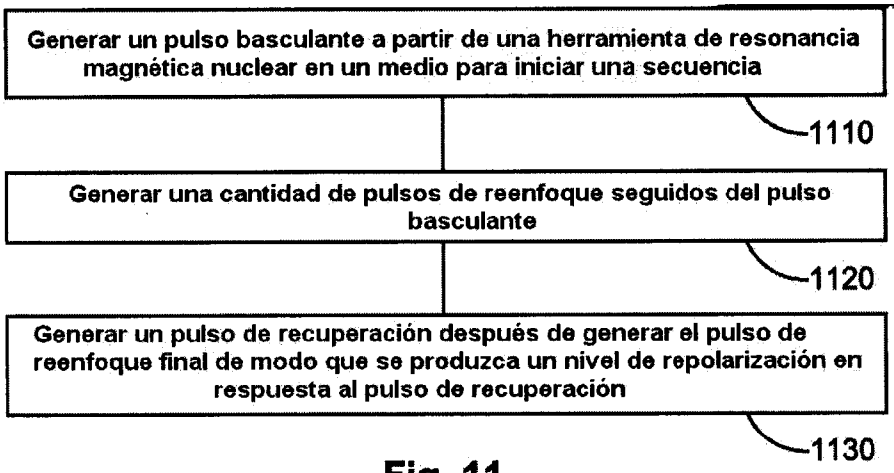

Generar un pulso basculante a partir de una herramienta de resonancia magnética nuclear en un medio para iniciar una secuencia
1110
Generar una cantidad de pulsos de reenfoque seguidos del pulso basculante
1120
Generar un pulso de recuperación después de generar el pulso de reenfoque final de modo que se produzca un nivel de repolarización en respuesta al pulso de recuperación
1130

Fig. 11

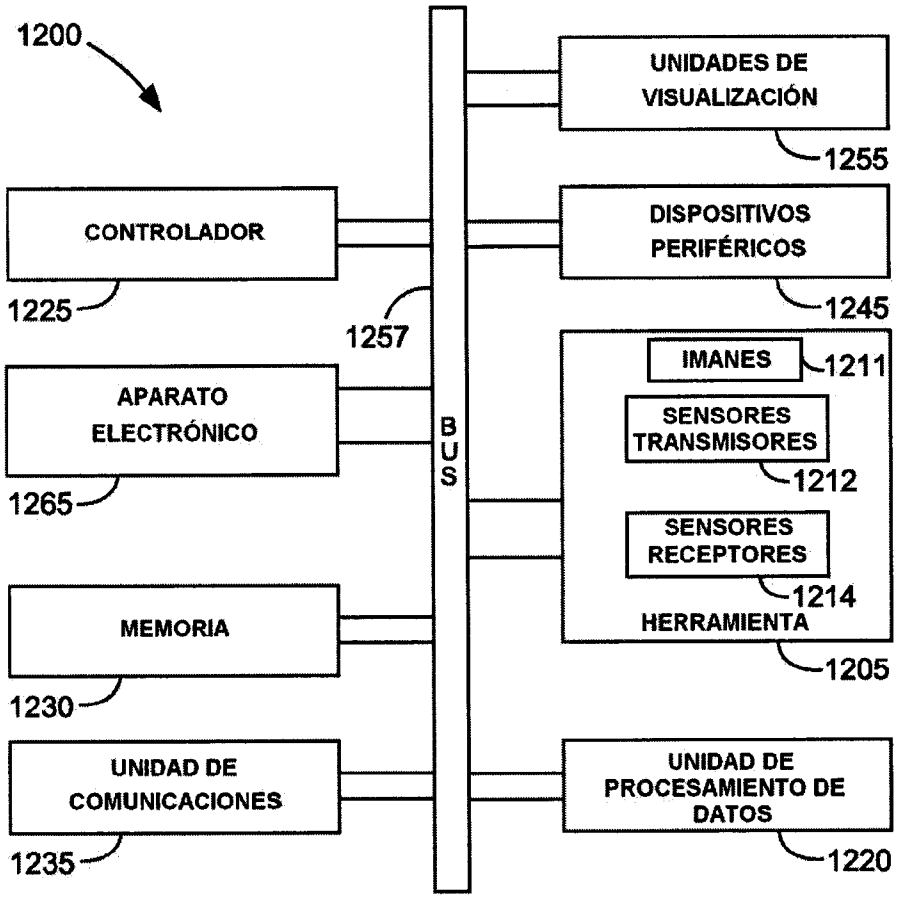

1200
UNIDADES DE VISUALIZACIÓN
1255
CONTROLADOR
1225
DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS
1245
1257
IMANES
1211
SENSORES TRANSMISORES
1212
APARATO ELECTRÓNICO
1265
BUS
SENSORES RECEPTORES
1214
HERRAMIENTA
1205
MEMORIA
1230
UNIDAD DE COMUNICACIONES
1235
UNIDAD DE PROCESAMIENTO DE DATOS
1220

Fig. 12

IMPI
INSTITUTO MEXICANO
DE LA PROPIEDAD
INDUSTRIAL

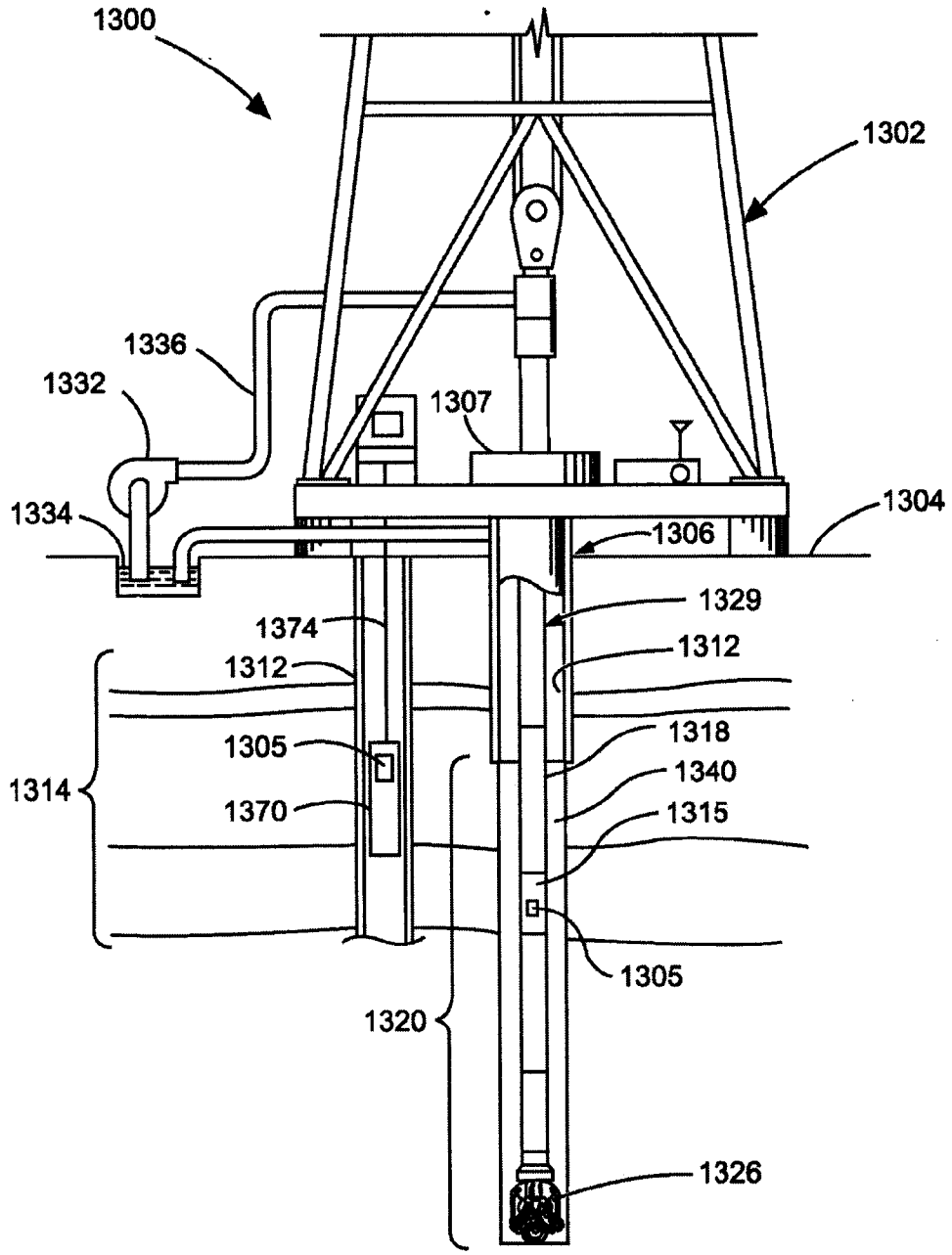


Fig. 13