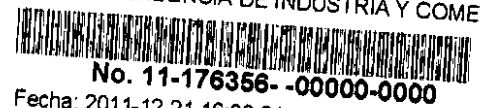




Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-176356-00000-0000

Fecha: 2011-12-21 16:09:24

Tra. 11 PATENTEIYII

Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR

Eve: 379 FASENACIONALII

Folios: 77

SOLICITUD

PATENTE DE INVENCION

21. EXPEDIENTE N° _____

54. TÍTULO MEDICIÓN MAGNÉTICA EN EL FONDO DEL POZO
DURANTE ROTACIÓN Y MÉTODOS DE USO.

51. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL G01V 3/26

71. SOLICITANTE SCIENTIFIC DRILLING INTERNATIONAL, INC.

DOMICILIO Houston, Texas, Estados Unidos de América.

74. APODERADO DILIA MARIA RODRIGUEZ D'ALEMAN

22. BOGOTÁ, D.C. _____



No. 11-176356- -00000-0000

Fecha: 2011-12-21 16:09:24 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 77

**FORMULARIO ÚNICO DE SOLICITUD DE PATENTE
PCT
ENTRADA EN FASE NACIONAL**

1

SOLICITUD DE:

☒

Patente de Invención

☐

Patente de Modelo de Utilidad

☐

Capítulo I.

☒

Capítulo II.

2

**SOLICITANTE
(71)**

**Nombre: SCIENTIFIC DRILLING
INTERNATIONAL, INC.**

Dirección: 16701 Greenspoint Park Dr., Suite
200, Houston, Texas 77073, Estados Unidos de
América

Nacionalidad o domicilio: Houston, Texas,
Estados Unidos de América.

Lugar de Constitución: Estados Unidos de
América.

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☐

NIT ☐

C.E. ☐

Otro ☐

Número

3

**REPRESENTANTE
O APODERADO
(74)**

Nombre: DILIA MARÍA RODRÍGUEZ
D'ALEMAN

Dirección: Carrera 11 No. 86-53, piso 6

Teléfono: 6 181088 **Fax:** 6350824

E-mail: clarkemodet@clarkemodet.com.co

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☒

NIT ☐

C.E. ☐

Otro ☐

Número 41.654.882
TP 20824 CSJ

4

**INVENTOR (ES)
(72)**

Nombre: VER HOJA ANEXA

Dirección:

Nacionalidad o domicilio:

5 **PCT (86)**

Solicitud Internacional No. PCT/US2010/036620 Fecha 28 de mayo de 2010

Publicación Internacional No. WO 2010/141364 A1 Fecha 09 de diciembre de 2011

6 **TÍTULO (54)** MEDICIÓN MAGNÉTICA EN EL FONDO DEL POZO DURANTE
ROTACIÓN Y MÉTODOS DE USO.

7 **Clasificación Internacional (51)** G01V 3/26

8 **Prioridad**

SI ☒ NO ☐

(33) País de Origen

Estados Unidos de América

(32) Fecha

01 de junio de 2009

(31) Número de Solicitud

12/475.927

9 **Comprobante de pago No.** 11-119352//11-119380//11-119454//11-119455//11-119465//11-87423

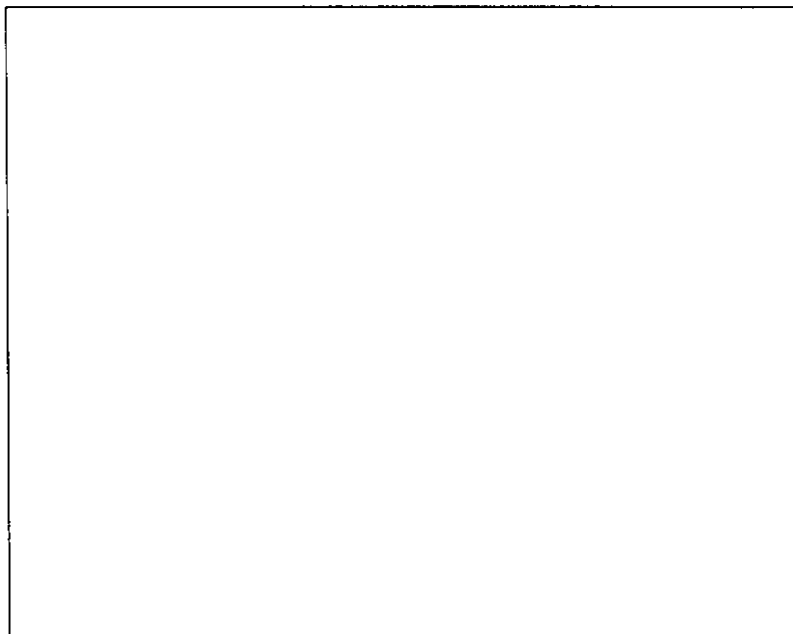
Fecha 09 de diciembre de 2011 // 07 de septiembre de 2011.

10

ANEXOS

- ☐ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud
- ☐ Documento que acredita la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica
- ☐ Poderes si fuere el caso
- ☐ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.
- ☐ Declaraciones
- ☐ Copia de la solicitud internacional. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☐ Traducción de la solicitud internacional al castellano. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☐ Copia del examen preliminar internacional efectuado por la Autoridad Internacional de Examen Preliminar (IPEA).
- ☐ Traducción del examen preliminar internacional efectuado por la IPEA
- ☐ De ser el caso copia de contrato de acceso.
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas
- ☐ De ser el caso, certificado de deposito del material biológico
- ☐ Arte final 12 X 12 .
- ☐ De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionadas parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.
- ☐ De ser el caso, modificaciones efectuadas a la solicitud internacional
- ☐ Otros

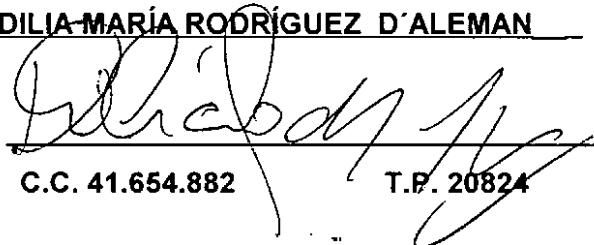
11 FIGURA CARACTERÍSTICA



12 Solicito la concesión de la patente

NOMBRE : DILIA-MARÍA RODRÍGUEZ D'ALEMAN

FIRMA:


C.C. 41.654.882 T.P. 20824

ANEXO

INVENTORES

- 1.) **BERGSTROM, Neil W., Smith**
(10909 East Crestridge Circle, Englewood, CO 80111, Estados Unidos de América);
- 2.) **TOWLE, James, N.**
(3906 Bagley Avenue N, Seattle, WA 98103, Estados Unidos de América);
- 3.) **WHITE, Matthew, A.**
(170 Cattail Road, Templeton, CA 93465, Estados Unidos de América).

- 000002

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 11 - 119352
		Bogotá D.C., Diciembre 09 de 2011 - 07:25:43

RECIBIDO DE : CLARKE MODET	NI 830.008.643
----------------------------	----------------

*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	325090791	07/12/2011	48.105.000.00

*** Conceptos Pagados ***			
CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO Vr.CONCEPTO
1 50005-01-09	OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	99 OTROS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	1.000.000.00 1.000.000.00
			\$1.000.000.00
			=====

SON: **UN MILL&OACUTE;N PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____
Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 11-176356- 00000-0000
Fecha: 2011-12-21 16:09:24 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 77

P-3183

000003

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

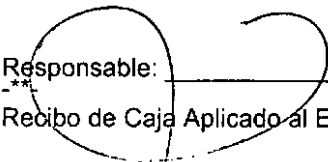
 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 11 - 119380
		Bogotá D.C., Diciembre 09 de 2011 - 07:25:43

RECIBIDO DE : CLARKE MODET NI 830.008.643

*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	325090791	07/12/2011	48.105.000.00

*** Conceptos Pagados ***			
CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. LINDITARIO Vr. CONCEPTO
1 50005-01-09	OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	99 OTROS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	50.000.00 50.000.00
			===== \$50.000.00 =====

SON: **CINCUENTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable:  _____
Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 11-176356- -00000-0000
Fecha: 2011-12-21 16:09:24 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 77

600000

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -



RECIBO DE CAJA

No. 11 - 119454

Bogotá D.C., Diciembre 09 de 2011 - 07:25:43

RECIBIDO DE : CLARKE MODET

NI 830.008.643

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	325090791	07/12/2011	48.105.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
1	50005-01-09 OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	99 OTROS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	2.000.00	2.000.00
				\$2.000.00

SON: **DOS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Resibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-176356-00000-0000

Fecha: 2011-12-21 16:09:24 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 77

- 000005

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Diciembre 9 de 2011 - 07:26:09

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 11 - 119455
		Bogotá D.C., Diciembre 09 de 2011 - 07:25:43

RECIBIDO DE : CLARKE MODET	NI 830.008.643
----------------------------	----------------

*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	325090791	07/12/2011	48.105.000.00

*** Conceptos Pagados ***			
CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO Vr.CONCEPTO
1 50005-01-09	OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	99 OTROS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	2.000.00 2.000.00
			\$2.000.00
			=====

SON: **DOS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____
Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 11-176356-00000-0000
Fecha: 2011-12-21 16:09:24 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 77

. 000006

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

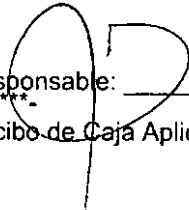
 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 11 - 119465
		Bogotá D.C., Diciembre 09 de 2011 - 07:25:43

RECIBIDO DE : CLARKE MODET	NI 830.008.643
----------------------------	----------------

*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	325090791	07/12/2011	48.105.000.00

*** Conceptos Pagados ***				
CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
1 50005-01-09	OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	99 OTROS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	2.000.00	2.000.00
				\$2.000.00
			=====	

SON: **DOS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: 

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 11-176356- -00000-0000
Fecha: 2011-12-21 16:09:24 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 77

. 000007

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -



RECIBO DE CAJA

No. 11 - 0087423

Bogotá D.C., Septiembre 07 de 2011 - 16:44:52

RECIBIDO DE : CLARKE MODET

NI 830.008.643

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	325037926	07/09/2011	51.575.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNIDITARIO	Vr. CONCEPTO
1	50005-01-09 OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	99 OTROS SERVICIOS ADMINISTRATIVOS	1.000.00	1.000.00
				\$1.000.00

SON: **MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable:

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-176356-00000-0000

Fecha: 2011-12-21 16:09:24 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve. 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 77

000008

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.slc.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Cali Center: (571) 6513240

Septiembre 7 de 2011 - 16:45:18

RESUMEN

Se proporcionan métodos y dispositivos de medición magnéticos en el fondo de pozo para estimación de campos magnéticos durante la perforación. En ciertas realizaciones, se proporcionar un magnetómetro de vector triaxial y se fija a un subensamble de columna de perforación. Aunque el subensamble de columna de perforación permanece rotando, como durante las operaciones de perforación, se determina un valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) como un promedio de la magnitud de vector instantánea de los tres campos magnéticos de componente ortogonal medidos. De esta forma, las estimaciones de campo magnético de fondo de pozo cerca a la broca se pueden obtener y utilizar para una variedad de funciones. Estos dispositivos de medición magnética de fondo de pozo pueden ser útiles para determinar campos magnéticos, y estimar la inclinación del agujero y el azimut de los subensambles de columna de perforación durante las operaciones de perforación. Adicionalmente, se pueden utilizar los dispositivos de medición magnético de fondo de pozo para detectar la presencia y la distancia a materiales ferromagnéticos externos. De esta forma, estos dispositivos se pueden utilizar para varias aplicaciones, que incluyen, prevención de colisión de pozos, intercepción de pozos, y verificación de la integridad de los instrumentos.

. 000009

MEDICIÓN MAGNÉTICA EN EL FONDO DEL POZO DURANTE ROTACIÓN Y MÉTODOS DE USO

ANTECEDENTES

La presente invención se relaciona con métodos y dispositivos de medición magnética de fondo de pozo, que son capaces de ser utilizados durante la perforación. Los dispositivos de medición magnética en el fondo de pozo pueden ser útiles para determinar la orientación de las herramientas en el fondo del pozo, prevención de colisión de pozos, intercepción de pozos, y verificación de la integridad de los instrumentos.

Es deseable determinar en forma precisa y exacta la posición y orientación de un ensamble de perforación durante operaciones de perforación, particularmente cuando se perforan pozos desviados. Tradicionalmente, se utiliza una combinación de sensores para medir la trayectoria de fondo de pozo y las condiciones subterráneas. Los datos recolectados de esta forma se transmiten usualmente a la superficie a través de telemetría MWD conocida en la técnica con el fin de comunicar esta información de trayectoria a la superficie. Se pueden combinar muchos factores para influenciar en forma impredecible la trayectoria de un agujero perforado. Es importante determinar con precisión la trayectoria del agujero para determinar la posición del agujero en cualquier punto de interés dado y para guiar el agujero a su objetivo geológico. Adicionalmente, mientras se perfora, se desea frecuentemente evitar colisiones con otros objetos indeseados,

. 000010

características geológicas, pozos, o zonas. En otros casos, se desea interceptar otros objetos deseables, características geológicas, pozos, o zonas. Por lo tanto, es deseable ser capaz de predecir la presencia de dichas características para evitar una colisión o posición de intercepción.

En algunos casos, el levantamiento de un agujero utilizando métodos convencionales implica la medición periódica de los campos gravitaciones y magnéticos de la tierra para determinar el azimut e inclinación del agujero en el ensamble de fondo de pozo. Históricamente, se ha hecho esta determinación aunque el ensamble de fondo del pozo esté estacionario ya que estas mediciones están influenciadas en gran medida por la rotación del ensamble de fondo del pozo. Estas mediciones "estáticas" se realizan de manera general en "estaciones" de reconocimiento separadas a lo largo del agujero cuando se suspenden las operaciones de perforación tal como cuando se realizan uniones adicionales o soportes de tubería de perforación dentro de la columna de perforación. Por consiguiente, la profundidad del hueco o la distancia del agujero entre estaciones de reconocimiento separadas es de manera general de 30 a 60 a 90 pies o más, que corresponde a lo longitud de las uniones o soportes de tubería de perforación agregadas en la superficie. Aunque existen diversas razones para realizar mediciones durante la perforación (MWD) solo en la ausencia de la rotación de la columna de perforación, una razón principal para hacer eso es que las matrices de sensor utilizadas comúnmente para medición del azimut e inclinación de la columna de perforación (por ejemplo, matrices de sensor de

000011

magnetómetro y acelerómetro triaxial) producen las salidas de sensor más confiables solo cuando la columna de perforación permanece estacionaria.

Sin embargo, ciertos métodos convencionales para levantar el agujero realizan ciertas lecturas de parámetros de agujero o reconocimientos solo cuando la columna de perforación no está rotando. Una consecuencia indeseable de este método convencional de tomar solo lecturas de magnetómetros en la ausencia de la rotación de la columna de perforación es que ninguna lectura de sensor de magnetómetro está disponible durante la perforación, lo que puede frecuentemente durar hasta 30 a 90 pies o más. De acuerdo con lo anterior, durante el periodo de perforación de una sección de tubería, la perforación se realiza sin el beneficio de las mediciones del magnetómetro en tiempo real. Alternativamente, la perforación se puede detener temporalmente para permitir las mediciones del magnetómetro, pero este método resulta en una pérdida de tiempo significativa, lo que produce enormes retrasos en la perforación.

Sin embargo, existen circunstancias en donde es particularmente deseable ser capaz de medir el azimuth y la inclinación aunque la columna de perforación esté rotando. Ejemplos de tales circunstancias incluyen, pero no se limitan a, (a) pozos en donde la perforación es particularmente difícil y cualquier interrupción en la rotación puede aumentar los problemas de pegajosidad de la columna de perforación, y (b)

situaciones en donde se desea el conocimiento del azimut para predecir la ruta en tiempo real del agujero.

Se han realizado intentos para medir el campo magnético durante la rotación de la columna de perforación, principalmente a través de técnicas de interpolación o compensación matemática. Estos métodos convencionales, sin embargo, sufren de un número de desventajas, a saber inexactitudes, que frecuentemente se componen con el tiempo, que resulta en algunos casos, en datos imprecisos e inexactos. Así, los métodos convencionales sufren de una incapacidad para detectar y contar las desviaciones del agujero que ocurren entre estaciones de reconocimiento y/o sufren de una variedad de inexactitudes e imprecisiones. De acuerdo con lo anterior, se necesitan dispositivos y métodos de medición magnéticos de fondo de pozo para superar una o más de las desventajas de la técnica anterior.

RESUMEN

La presente invención se relaciona con métodos y dispositivos de medición magnética de fondo de pozo, que son capaces de ser utilizados durante la perforación. Los dispositivos de medición magnética en el fondo de pozo pueden ser útiles para determinar la orientación de las herramientas en el fondo del pozo, prevención de colisión de pozos, intercepción de pozos, y verificación de la integridad de los instrumentos.

000013

Un ejemplo de un método para determinar un valor de campo magnético total promedio durante la perforación comprende: proporcionar un magnetómetro de vector triaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir tres campos magnéticos de componente ortogonal; permitir que el subensamble de columna de perforación rote; y determinar el valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) como una magnitud promedio de la suma de vectores instantánea de los tres campos magnéticos de componente ortogonal durante la etapa de permitir que el ensamble de columna de perforación rote.

Un ejemplo de un método para detectar una presencia de material ferromagnético externo comprende proporcionar un magnetómetro de vector triaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir tres campos magnéticos de componente ortogonal; permitir que rote el subensamble de la columna de perforación; perforar una sección de agujero; determinar una pluralidad de campos magnéticos totales promedio a lo largo de la sección del agujero en donde los campos magnéticos totales promedio están como un promedio de las magnitudes de vector instantáneas de los tres campos magnéticos de componente ortogonal durante la etapa de permitir que rote el subensamble de la columna de perforación; e identificar la presencia de material ferromagnético externo como una porción de la sección en donde los campos magnéticos totales promedio varían de un campo magnético esperado de la tierra.

000014

Un ejemplo de un método para evaluar la calidad operativa de la instrumentación en el fondo del pozo comprende: proporcionar un magnetómetro de vector triaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir tres campos magnéticos de componente ortogonal; permitir que el subensamble de columna de perforación rote; determinar un campo magnético total promedio (B_{TWR}) como un promedio de las magnitudes de vector instantáneas de los tres campos magnéticos de componente ortogonal durante la etapa de permitir que el subensamble de columna de perforación rote; cesar la rotación temporalmente del subensamble de columna de perforación; medir un campo magnético total estacionario aunque el subensamble de columna de perforación sea estacionario con el fin de producir una medición de campo magnético total estacionario; y comparar el campo magnético total promedio (B_{TWR}) con la medición del campo magnético total estacionario con el fin de determinar una magnitud de error entre el campo magnético total (B_{TWR}) y la medición de campo magnético total estacionario.

Un ejemplo de un dispositivo para determinar un valor de campo total promedio durante la perforación comprende: un ensamble de columna de perforación; un procesador; un primer magnetómetro de vector en donde el primer magnetómetro de vector corresponde a un eje de agujero en donde el primer magnetómetro de vector se adapta para medir un primer componente de campo magnético de vector, el primer magnetómetro de vector tiene una salida acoplada en forma comunicativa al procesador; un segundo

magnetómetro de vector en donde el segundo magnetómetro de vector corresponde a un eje de agujero cruzado en donde el segundo magnetómetro de vector se adapta para medir un segundo componente de campo magnético de vector, el segundo magnetómetro de vector tiene una salida acoplada en forma comunicativa al procesador; un tercer magnetómetro de vector en donde el tercer magnetómetro de vector corresponde a un eje de agujero cruzado en donde el tercer magnetómetro de vector se adapta para medir un tercer componente de campo magnético, el tercer magnetómetro de vector tiene una salida acoplada en forma comunicativa al procesador; en donde el primer magnetómetro de vector, el segundo magnetómetro de vector, y el tercer magnetómetro de vector se fijan al subensamble de columna de perforación; en donde el eje de agujero es ortogonal al eje de agujero cruzado del segundo magnetómetro de vector y el tercer magnetómetro de vector, y en donde el eje de agujero cruzado del segundo magnetómetro de vector es ortogonal al eje de agujero cruzado del tercer magnetómetro de vector, en donde el procesador se adapta para determinar el valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) como un promedio de las magnitudes de vector instantáneas del primer componente de campo magnético de vector, el segundo componente de campo magnético de vector, y el tercer componente de campo magnético de vector.

Un ejemplo de un método para determinar un valor de campo magnético de eje cruzado promedio durante la perforación comprende: proporcionar un magnetómetro de vector biaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector biaxial se adapta para medir dos campos

magnéticos de componente ortogonal; permitir que rote el subensamble de columna de perforación; y determinar el valor de campo magnético de eje cruzado promedio (B_{TWR}) como una magnitud promedio de la suma de vectores instantánea de los dos campos magnéticos de componente ortogonal durante la etapa de permitir que rote el subensamble de columna de perforación en donde el valor de campo magnético total (B_{TWR}) se calcula de acuerdo con la

Fórmula: $B_{TWR} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2)}{n}}$, en donde B_{xi} y B_{yi} cada uno corresponde a un eje de agujero cruzado.

Las características y ventajas de la presente invención serán evidentes para aquellos expertos en la técnica. Aunque los expertos pueden realizar diversos cambios, dichos cambios están dentro del espíritu de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se puede adquirir una comprensión más completa de la presente descripción y sus ventajas con referencia a la siguiente descripción tomada en conjunto con las figuras acompañantes, en donde:

La Figura 1 ilustra una columna de perforación que perfora un agujero desviado, la columna de perforación lleva un dispositivo de medición de campo magnético.

- 000017

La Figura 2 ilustra una representación esquemática de un dispositivo de medición de campo magnético de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente invención.

La Figura 3 muestra una comparación de mediciones de campo magnético total tomadas mientras rota y en posición estacionaria.

Aunque la presente invención es susceptible a diversas modificaciones y formas alternas, se ha mostrado por vía de ejemplo realizaciones específicas de la misma en los dibujos y se describen en detalle aquí. Cabe entender, sin embargo, que la descripción de las realizaciones específicas no se pretende que limiten la invención a las formas particulares descritas, sino por el contrario, la intención es cubrir todas las modificaciones, equivalentes, y alternativas que caen dentro del espíritu y alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

La presente invención se relaciona con métodos y dispositivos de medición magnética de fondo de pozo, que son capaces de ser utilizados durante la perforación. Los dispositivos de medición magnética en el fondo de pozo pueden ser útiles para determinar la orientación de las herramientas en el fondo del pozo, prevención de colisión de pozos, intercepción de pozos, y verificación de la integridad de los instrumentos.

- 000018

Se proporcionan métodos y sistemas que permiten la medición en el fondo de pozo de los campos magnéticos durante la perforación. En ciertas realizaciones, se proporciona un magnetómetro de vector triaxial y se fija a un subensamble de la columna de perforación. Como su nombre lo implica, el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir tres campos magnéticos de componente ortogonal. El subensamble de la columna de perforación se ubica normalmente cerca a la broca del taladro con el fin de aproximarse mejor a las condiciones en la broca del taladro. Aunque el subensamble de la columna de perforación está rotando durante las operaciones de perforación, se determina un valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) como un promedio de las magnitudes de vector instantáneas de los tres campos magnéticos de componente ortogonal. De esta forma, se pueden obtener las estimaciones cerca a la broca del campo magnético del fondo de pozo y utilizar para una variedad de funciones.

Adicionalmente, como se mostrará adelante, la inclinación del agujero y/o el azimut se pueden determinar también a partir de los datos del acelerómetro y del magnetómetro de vector. Adicionalmente, los valores calculados aquí se pueden utilizar para aplicaciones de prevención de colisión de pozos e intercepción de pozo. En ciertas realizaciones, los métodos y dispositivos aquí pueden producir determinaciones más precisas de los valores de campo magnético, inclinación, y azimut que los métodos convencionales. Incluso pequeñas mejoras en la precisión pueden tener un impacto significativo en el reconocimiento del fondo de pozo y las predicciones prevención de colisión de

pozos/intercepción de pozos tal como prevendrá que dichos cálculos tienden a componer errores existentes con el tiempo. Las realizaciones de la presente invención proporcionan otras características opcionales, como se explica aquí. También se proporcionan métodos para detectar la presencia de material ferromagnético externo que también se pueda utilizar para aplicaciones de prevención de colisión de pozos e intercepción de pozos.

Para facilitar la mejor comprensión de la presente invención, se proporcionan los siguientes ejemplos de ciertas realizaciones. No se debe considerar que los siguientes ejemplos limiten o definan, el alcance de la invención.

Determinaciones de campo magnético

La figura 1 ilustra la perforación de un agujero desviado con una columna de perforación que lleva un dispositivo de medición de campo magnético. Más particularmente, se muestra el equipo de perforación 110 en la superficie 115 perforando el agujero 130. En este diagrama simplificado, la columna de perforación 120 está comprendida de numerosas secciones de tubería que incluye el ensamble de agujero 125 con la broca 127.

El dispositivo 150 está en una herramienta de fondo de pozo o paquete de instrumentos de medición para medir los valores de campo magnético y se fija al ensamble de fondo de pozo 125. Aunque aquí se muestra el dispositivo 150 como fijado

.. 000020

específicamente al ensamble de fondo de pozo 125, el dispositivo 150 se puede fijar a cualquier subensable de columna de perforación. Como se utiliza aquí, el término "subensamble de columna de perforación" se refiere a cualquier sección o subensamble de la columna de perforación, que incluye cualquier porción del ensamble de fondo de pozo. Como se utiliza aquí, el término "fijado a" incluye explícitamente incorporar el dispositivo 150 dentro del subensamble de la columna de perforación, adherido sobre la superficie de un subensamble de la columna de perforación, o cualquier combinación de las mismas. En ciertas realizaciones, el dispositivo 150 se fija cerca de la broca en un collar no magnético por encima del motor de lodo. Se muestra el material ferromagnético 177 (por ejemplo en la forma de una segunda tubería de revestimiento o columna de perforación) en proximidad del agujero 130. En ciertas realizaciones, como se explicará adicionalmente adelante, el dispositivo 150 se adapta para detectar la presencia de dicho material ferromagnético externo 177.

La figura 2 muestra una ilustración esquemática de un dispositivo de medición de campo magnético 150 de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente invención. La figura 2 muestra una posible implementación del dispositivo 150. Una persona medianamente versada en la técnica con el beneficio de esta descripción reconocería, muchos de los componentes individuales mostrados en la figura 2 que son opcionales.

- 000021

El magnetómetro de vector triaxial 210 se adapta para medir tres campos magnéticos de componente ortogonal. En esta realización, el magnetómetro de vector triaxial 210 aloja tres magnetómetros de vector separados 211, 212, y 213. En ciertas realizaciones, los magnetómetros de vector 211, 212, y 213 se pueden integrar en un único sensor. De acuerdo con lo anterior, como se utiliza aquí, el término "magnetómetro de vector triaxial" se refiere a magnetómetros de componente triaxial compuestos de una pluralidad de sensores independientes y magnetómetros triaxiales en donde las funciones de medición de componente triaxial se integran en un único sensor.

Los acelerómetros 201, 202 y 203 proporcionan datos de medición adicional que se pueden utilizar mediante los métodos según sea necesario conforme a los dispuesto a continuación. En algunos casos, uno o más de los acelerómetros puede ser un inclinómetro.

Las salidas de sensor 207, 208, 209, 217, 218, y 219 se transmiten al filtro y de nuevo a la unidad de procesamiento 220 para suministrar filtro opcional y/o ganancia de señal según se desee. Se reconoce que el procesamiento suministrado por la unidad de procesamiento de filtro y ganancia 220 se puede lograr mediante circuitos digitales tal como un microprocesador o circuitos análogos. De acuerdo con lo anterior, en este contexto, el término procesamiento no implica necesariamente la presencia de un procesador. El oscilador opcional 261 acciona el reloj

discriminador de flujo 263, que a su vez es utilizado por los magnetómetros discriminadores de flujo.

El multiplexor 230, análogo al convertidor digital 233, y la unidad de enganche 235 junto con el microprocesador 250 se combinan para proporcionar procesamiento de las salidas de los sensores 217, 218, y 219. El bus de control 242 y el bus de datos 244 proporcionan interconectividad y funcionalidad para la comunicación y funcionamiento entre los diversos componentes mostrados aquí. La implementación del hardware exacta particular mostrada aquí solo es una implementación posible y el procesamiento descrito aquí se puede lograr a través de una variedad de implementaciones de hardware como lo reconocerá un experto con el beneficio de esta descripción. Más específicamente, el microprocesador 250, que está energizado mediante la fuente de potencia 249, determinar el valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) de las líneas de sensor 217, 218, y 219.

Otra posible implementación alterna sería incorporar un convertidor análogo a digital de muestreo simultáneo que muestrearía cada una de las entradas B_x , B_y , B_z simultáneamente a diferencia de en secuencia como se muestra en la implementación descrita en la figura 2 con el hardware MUX/A/D sencillo. La ventaja de esta técnica alternativa es la eliminación del error provocado por las muestras B_x , B_y , B_z que se toman en diferentes momentos. Este error se puede reducir, sin embargo, al utilizar un índice de muestra que es suficientemente alto según se compara

con el índice de rotación máximo esperado para la aplicación con el fin de reducir el error que resulta de las diferencias angulares entre las muestras.

Como se utiliza aquí, el término "valor de campo magnético total promedio" significa la magnitud promedio de la zona de vector instantánea de los tres campos magnéticos de componente ortogonal. Como se utiliza aquí, el término "suma de vector instantánea de los tres campos magnéticos de componente

ortogonal" significa
$$B_{avr} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n}$$
 [ecuación B1] o cualquier equivalente matemático sustancial de la misma. Aquí, B_{xi} , B_{yi} , y B_{zi} cada uno corresponde a uno de los tres campos magnéticos de componente ortogonal. Típicamente, B_{zi} se utiliza para denotar el campo magnético de componente que corresponde al eje a lo largo del agujero mientras que B_{xi} y B_{yi} se refiere normalmente a los campos magnéticos de componente de agujero cruzado. Los ejemplos adecuados de equivalentes matemáticos sustanciales para un promedio de las magnitudes de vector instantáneas de los tres campos magnéticos de componente

ortogonal incluyen, pero no se limitan a,
$$B_{avr} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2)}{n} + \left(\frac{\sum_{i=1}^n B_{zi}}{n}\right)^2}$$

[ecuación B2],
$$B_{avr} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2)}{n}}$$
 [ecuación B3], o cualquier función matemática que produzca un resultado sustancialmente similar durante un rango de interés deseado. La ecuación B3 puede ser preferible en algunas realizaciones, debido a que esta

000024

ecuación necesita calcular la raíz cuadrada solo una vez en lugar de varias veces. Se reconoce que la ecuación B1 y la ecuación B3 no son exactamente iguales, excepto cuando $B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2$ es igual para cada i . Las diferencias en estos valores de raíz cuadrada / suma individual resultará en un valor de error diferente dependiendo del orden de las funciones de suma y raíz cuadrada. Las simulaciones han mostrado que la ecuación B1 es ligeramente más precisa con respecto al ruido aleatorio de las muestras de B_{xi} , B_{yi} , y B_{zi} que la ecuación B3. La formulación de la ecuación B2 tiene la ventaja de que el ruido medio cero aleatorio en las muestras de B_z se promediará a cero haciendo este cálculo menos sensible al ruido aleatorio. En ciertas realizaciones, se pueden utilizar solos dos magnetómetros para calcular el valor de campo magnético de eje cruzado promedio. En

$$B_{CWR} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2)}{n}}$$

dichos casos, la ecuación [ecuación B4] se puede utilizar o cualquier equivalente matemático sustancial de la misma. Antes, se reconoce que un magnetómetro biaxial puede estar comprendido de dos sensores independientes o puede estar comprendido de un único sensor que integra las funciones de dos sensores independientes en un único sensor.

Este cálculo se puede lograr aunque el subensamble de la columna de perforación esté rotando, como durante la perforación. De acuerdo con lo anterior, estos algoritmos permiten el cálculo preciso de campo magnético total promedio y el campo magnético de eje cruzado promedio durante la perforación. De esta forma, al colocar el dispositivo 150 en o sobre una porción rotatoria de

000025

una columna de perforación, se puede determinar un campo magnético total promedio y campo magnético de eje cruzado promedio determinado por la porción de la columna de perforación en proximidad con la broca.

Los magnetómetros de vector 211, 212, y 213 deben tener un ancho de banda suficientemente grande de tal manera que ninguna atenuación de señal significativa resulte en el índice de rotación máximo esperado.

Un reloj interno para el microprocesador 250 proporciona el timbre de fecha y hora para los datos medidos y calculados almacenados en la memoria 237. En ciertas realizaciones, la memoria 237 puede comprender una memoria flash. Los datos medidos y calculados también se pueden comunicar al bus serial 257 a través del controlador del bus 255 para comunicación a un computador de superficie o para uso por otros sensores y/o herramientas. La comunicación de estos datos a un computador de superficie se puede lograr mediante el uso de una línea cableada, tubería cableada, mwd de pulso de lodo, mwd electromagnético, u otros métodos de telemetría inalámbrica de fondo de pozo tal como telemetría acústica, o cualquier combinación de las mismas.

Determinaciones magnéticas de ángulos

El dispositivo 150 se puede adaptar adicionalmente para determinar el ángulo entre el eje del agujero y el vector de campo magnético de la tierra, denominado en adelante como

- 000026

$B_{\text{ángulo}}(\theta)$. En particular, el microprocesador 250 se puede adaptar para determinar un $B_{\text{ángulo}}(\theta)$ calculado del subensamble de columna

de perforación de acuerdo con la fórmula
$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{B_z}{B_{\text{inc}}}\right)$$
 [ecuación T1]

o el equivalente matemática sustancial de la misma, en donde B_z se refiere al campo magnético de componente de vector de eje a lo largo del agujero (B_z). De esta forma, el $B_{\text{ángulo}}$ de un subensamble de perforación se puede utilizar para estimar cambios en la dirección del agujero, y como una indicación de cercanía de material ferromagnético durante operaciones de perforación.

Determinaciones de azimuth

El dispositivo 150 se puede adaptar adicionalmente para determinar un azimuth calculado del subensamble de columna de perforación. Una vez se determina una inclinación mediante un sensor independiente tal como un inclinómetro, se puede determinar un azimuth magnético calculado Azm mediante el microprocesador 250. En particular, se puede utilizar la fórmula

$$Azm = \arccos\left(\frac{\cos(B_{\text{ángulo}}) - \sin(Dip) * \cos(Inc)}{\cos(Dip) * \sin(Inc)}\right)$$
 [ecuación A1] en donde inc es una medición del inclinómetro, en donde $B_{\text{ángulo}}(\theta)$ se determina de acuerdo con la ecuación T1, y en donde Dip es el ángulo Dip , es decir, la inclinación desde la horizontal del campo magnético de la tierra. La medición del inclinómetro debe ser por poco tiempo coincidente con las mediciones del magnetómetro utilizadas para determinar $B_{\text{ángulo}}(\theta)$ para evitar el error debido al cambio de inclinación con el tiempo. El ángulo Dip se puede determinar a

000027

partir de un modelo geomagnético o a partir de una medición estacionaria utilizando magnetómetros y acelerómetros. El signo del Azm determinado de esta manera puede ser positivo o negativo y se debe seleccionar con base en reconocimientos anteriores tomadas mientras está estacionario. Adicionalmente, se puede utilizar alternativamente un equivalente matemático sustancial de la ecuación A1 para llegar a un valor sustancialmente similar.

Detección del material ferromagnético externo

El dispositivo 150 también se puede adaptar adicionalmente para detectar la presencia de material ferromagnético durante la perforación. Detectar la presencia de material ferromagnético externo, tal como otros revestimientos de pozo u otras columnas de perforación, es particularmente útil para aplicaciones de prevención de colisión de pozos e intercepción de pozo.

En ciertas realizaciones, los métodos para detectar la presencia de material ferromagnético externo durante la perforación comprenden: determinar una pluralidad de campos magnéticos totales promedio a lo largo de una sección del agujero que se perfora e identificar la presencia de material ferromagnético externo como una porción de la sección en donde el campo magnético total promedio varía de un campo magnético de la tierra esperado. De nuevo, como se utiliza aquí, el término "campo magnético total promedio" significa una magnitud promedio de la suma de vectores instantáneos de los tres campos magnéticos de componente ortogonal, que se pueden estimar mediante

cualquiera de los anteriores métodos descritos aquí. Esta adaptación también incluye utilizar solo algunos de los componentes del campo magnético total promedio que incluyen por lo menos uno de B_{TWR} , B_{CWR} y B_z .

El término "campo magnético de la tierra esperado" es el valor del campo magnético de la tierra en ausencia de cualquier material ferromagnético externo. Este valor se puede determinar mediante una variedad de métodos, que incluyen, pero no se limitan a, medición del campo magnético de la tierra en una sección de agujero conocida que está fuera del rango de cualquier ferromagnético. Alternativamente, este valor se puede inferir a partir de un modelo matemático del campo geomagnético, una medición de la superficie o cualquier combinación de las mismas.

Adicionalmente, para determinar la presencia de material ferromagnético externo, también se pueden estimar distancia al material ferromagnético externo. Los métodos para estimar distancias al material ferromagnético externo comprenden determinar la amplitud y frecuencia espacial de la diferencia entre el campo magnético de la tierra esperado y el valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) sobre una sección de agujero y comparar la amplitud y frecuencia espacial de una señal de diferencia B_{TWR} con una frecuencia espacial y amplitud de una señal de diferencia esperada a partir de una fuente asumida en una distancia asumida. La señal de diferencia esperada se puede estimar a partir de datos teóricos de un modelo por computador.

En general, la señal de diferencia B_{TWR} se puede determinar al restar el campo magnético total de la tierra de la señal B_{TWR} .

La frecuencia espacial y la amplitud es característico de la distancia a la fuente de la interferencia, que puede ser una tubería de revestimiento u otra columna de perforación. Al comparar la amplitud y la frecuencia espacial de la señal de diferencia B_{TWR} medida con la señal de diferencia esperada de una fuente asumida en una distancia asumida, uno puede estimar la distancia hasta el material ferromagnético externo como la distancia que corresponde a una distancia y fuente asumidas que producen la misma frecuencia espacial y amplitud. De acuerdo con lo anterior, se puede utilizar esta distancia estimada para prevención de colisión de pozos o intercepción de pozo.

Verificación de integridad de instrumentos

El campo magnético total promedio (B_{TWR}) que se calcula durante la perforación también se puede utilizar para verificación de la integridad de los instrumentos. Se puede calcular un campo magnético total promedio (B_{TWR}) como antes durante la perforación. Este valor se puede comparar después con las mediciones de campo magnético estacionarias. Uno puede comparar el campo magnético total promedio (B_{TWR}) con la medición de campo magnético total estacionario con el fin de determinar una magnitud de error entre el campo magnético total (B_{TWR}) y la medición de campo magnético total estacionaria. Si los valores divergen en la ausencia de material ferromagnético externo, uno puede inferir que existe un problema en los instrumentos.

000030

En ciertas realizaciones, la etapa de medir un campo magnético total estacionario se puede lograr al medir el campo magnético total estacionario mediante una instrumentación de campo magnético independiente mientras el subensamble de la columna de perforación está estático. En otras realizaciones, la etapa de medir un campo magnético total estacionario se puede lograr al medir el campo magnético total estacionario con el magnetómetro de vector triaxial aunque el subensamble de columna de perforación esté estático.

Se reconoce explícitamente que cualquiera de los elementos y características de cada uno de los dispositivos descritos aquí son capaces de utilizarse con cualquier de los otros dispositivos descritos aquí sin limitación. Adicionalmente, se reconoce explícitamente que las etapas de los métodos aquí se pueden realizar en cualquier orden excepto a menos que se indique explícitamente otra cosa o se requiera inherentemente de otra forma por el método particular.

EJEMPLOS

Para facilitar una mejor comprensión de la presente invención, se proporcionan los siguientes ejemplos de ciertos aspectos de algunas realizaciones. De ninguna forma se deben constituir los siguientes ejemplos como limitantes o que redefinen el alcance de la invención.

000031

Un instrumento MWD modificado para registrar B_{TWR} se ejecuta en un agujero en combinación con un instrumento MWD estándar. Los valores medidos del B_{TWR} se registran mientras continúa la perforación. Se toman valores estacionarios cada dos pies de largo del agujero sin rotación de la columna de rotación y se hacen coincidir los puntos de datos versus B_{TWR} . Se ajustan los valores B_z de los dos instrumentos diferentes para compensar la interferencia magnética debido a las diferentes posiciones en la columna de perforación.

La figura 3 muestra una comparación de los datos B_{TWR} registrados mientras rota con valores B_{total} estacionarios adquiridos con un instrumento MWD estándar (profundidad ajustada). El instrumento B_{TWR} se ubica cerca de seis pies por debajo del MWD. Así, como se muestra por los datos en la figura 3, los valores calculados de B_{TWR} durante la perforación se correlación bastante bien con los valores B_{total} adquiridos con un instrumento MWD estándar mientras permanece estacionario, lo que demuestra la eficacia de ciertas realizaciones de la presente invención.

Por lo tanto, la presente invención se adapta bien para lograr los fines y ventajas mencionados así como también aquellos que son inherentes allí. Las realizaciones particulares descritas anteriormente solo son de ilustración, ya que la presente invención se puede modificar y practicar en diferentes formas pero equivalentes que son evidentes para los expertos en la técnica que tienen el beneficio de estas enseñanzas.

000032

Adicionalmente, no se pretenden limitaciones a los detalles de construcción o diseños mostrados aquí, diferentes a los descritos en las reivindicaciones adelante. Es por lo tanto evidente que las realizaciones ilustrativas particulares descritas anteriormente se pueden alterar o modificar y todas dichas variaciones se consideran dentro del espíritu y alcance de la presente invención. También, los términos en las reivindicaciones tienen sus mediciones ordinarias, planas, a menos que se defina explícita y claramente de otra forma por el solicitante.

REIVINDICACIONES

Lo que se reivindica es:

1. Un método para determinar un valor de campo magnético total promedio durante perforación que comprende:

Proporcionar un magnetómetro de vector triaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir tres campos magnéticos de componente ortogonal;

permitir que el subensamble de columna de perforación rote; y

determinar el valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) como una magnitud promedio de la suma de vectores instantánea de los tres campos magnéticos de componente ortogonal durante la etapa de permitir que el subensamble de columna de perforación rote.

2. El método de la reivindicación 1 en donde el magnetómetro periaxial comprende tres magnetómetros de vector.
3. El método de la reivindicación 1 en donde el valor de campo magnético total (B_{TWR}) se calcula de acuerdo con una fórmula seleccionada del grupo que consiste de:

$$B_{TWR} = \frac{\sum_{j=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n}; B_{TWR} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2)}{n} + \left(\frac{\sum_{j=1}^n B_{zi}}{n} \right)^2}; \text{ y}$$

000034

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2)}{n}}$$

, en donde B_{xi} , B_{yi} , y B_{zi} cada uno corresponde a uno de los tres campos magnéticos de componente ortogonal.

4. El método de la reivindicación 3 en donde B_{zi} corresponde a un eje de agujero y en donde B_{xi} y B_{yi} corresponden a un eje de agujero cruzado.
5. El método de la reivindicación 1 en donde el promedio se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula o un equivalente matemático sustancial de la misma:

$$B_{twR} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n}$$

, en donde B_{xi} , B_{yi} , y B_{zi} cada uno corresponde a uno de los tres campos magnéticos de componente ortogonal.

6. El método de la reivindicación 5 en donde los tres magnetómetros de vector son de un ancho de banda suficientemente grande de tal manera que no hay una atenuación de señal significativa en el índice de rotación máximo esperado.
7. El método de la reivindicación 3 que comprende adicionalmente:

. 000035

Determinar un campo magnético de componen de vecgtor de eje de agujero (B_z); y

Determinar un $B_{\text{ángulo}}$ (θ) calculado del subensamble de columna

de perforación de acuerdo con la fórmula
$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{B_z}{B_{\text{TWK}}} \right).$$

8. El método de la reivindicación 3 que comprende adicionalmente:

Determinar un valor de campo magnético de componente de vector de eje de agujero (B_z); y

Determinar un $B_{\text{ángulo}}$ (θ) calculado del subensamble de columna

de perforación de acuerdo con la fórmula
$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{B_z}{B_{\text{TWK}}} \right)$$
 o un equivalente matemático sustancial del mismo.

9. El método de la reivindicación 7 que comprende adicionalmente:

Detener temporalmente la rotación del subensamble de columna de perforación;

Medir una inclinación y un azimut de subensamble de columna de perforación aunque el subensamble de columna de perforación permanezca estático con el fin de determinar un azimut estacionario inicial y la inclinación;

Permitir que el subensamble de columna de perforación rote durante la perforación; y

Determinar un azimut calculado (Azm) durante la perforación

de acuerdo con la fórmula
$$Azm = \alpha \cos \left(\frac{\cos(B_{\text{ángulo}}) - \sin(Dip) * \cos(Inc)}{\cos(Dip) * \sin(Inc)} \right)$$
 en donde Inc es la inclinación durante la perforación, en donde dip es una inclinación desde la horizontal del campo magnético de la tierra, y en donde B_{ángulo} es el B_{ángulo} (θ) calculado.

10. El método de la reivindicación 9 que comprende adicionalmente evitar una colisión de pozo utilizando el Azm calculado para determinar una dirección de agujero.
11. El método de la reivindicación 7 que comprende adicionalmente interceptar un pozo utilizando el Azm calculado para determinar una dirección de pozo.
12. El método de la reivindicación 9 que comprende adicionalmente utilizar el B_{ángulo} (θ) calculado y el Azm calculado para uno de: prevención de colisión de pozos e intercepción de pozo.
13. El método de la reivindicación 9 que comprende adicionalmente la etapa de generar un valor en donde el valor se selecciona del grupo que consiste de: el B_{TWR}, el B_{ángulo} (θ) calculado, una inclinación calculada, y un Azm calculado, en donde la etapa de generación se selecciona del grupo que consiste de: almacenar el valor en una memoria y transmitir el valor a un computador en la superficie.

000037

- 14 El método de la reivindicación 3 que comprende adicionalmente:

Proporcionar un inclinómetro fijado al subensamble de columna de perforación;

Medir una inclinación utilizando un inclinómetro;

Detener temporalmente la rotación del subensamble de columna de perforación;

Medir un azimut del subensamble de columna de perforación mientras el subensamble de columna de perforación permanece estático con el fin de determinar un azimut estacionario inicial;

Permitir que el subensamble de columna de perforación rote durante la perforación; y

Determinar un azimut calculado durante la perforación de

acuerdo con la fórmula
$$Azim = aCos\left(\frac{\cos(B_{Angle}) - \sin(Dip) * \cos(Inc)}{\cos(Dip) * \sin(Inc)}\right)$$
, en donde Inc es la inclinación y Dip es una inclinación de la horizontal del campo magnético de la tierra.

15. Un método para detectar una presencia de material ferromagnético externo que comprende:

Proporcionar un magnetómetro de vector triaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir tres campos magnéticos de componente ortogonal;

Permitir que el subensamble de columna de perforación rote;

Perforar una sección de agujero;

Determinar una pluralidad de campos magnéticos total promedio a lo largo de la sección de agujero en donde el campo magnético total promedio es un promedio de las magnitudes de vector instantáneas de los tres campos magnéticos de componente ortogonal durante la etapa de permitir que el subensamble de columna de perforación rote; y

Identificar la presencia de material ferromagnético externo como una porción de la sección en donde los campos magnéticos total promedio varían de un campo magnético de la tierra esperado.

16. El método de la reivindicación 15 en donde el campo magnético de la tierra esperado se determina como un campo magnético estacionario en la ausencia de cualquier material ferromagnético externo.

17. El método de la reivindicación 15 que comprende adicionalmente:

Determinar una amplitud y frecuencia espacial de una diferencia entre un campo magnético total de la tierra esperado y el valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) sobre la sección de agujero;

Comparar una amplitud y una frecuencia espacial de una señal de diferencia B_{TWR} con una frecuencia espacial y de amplitud de una señal de diferencia esperada desde una fuente asumida en una distancia asumida con el fin de producir una

comparación en donde la señal de diferencia esperada son datos teóricos estimados de un modelo de computador; y

Estimar una distancia hasta la materia ferromagnética externa que corresponde a la distancia en donde la frecuencia espacial y de amplitud de la señal de diferencia medida B_{TWR} es sustancialmente similar a la señal de diferencia esperada.

18. El método de la reivindicación 17 en donde la etapa de estimar la distancia se utiliza para uno de: evitar la colisión de pozos e intercepción de pozos.

19. Un método para evaluar la calidad operacional de instrumentación en el fondo de pozo que comprende:

Proporcionar un magnetómetro de vector triaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir tres campos magnéticos de componente ortogonal;

Permitir que el subensamble de columna de perforación rote;

Determinar un campo magnético total promedio (B_{TWR}) como un promedio de la magnitud de vector instantánea de los tres campos magnéticos de componente ortogonal durante la etapa de permitir que el subensamble de columna de perforación rote;

Detener temporalmente la rotación del subensamble de columna de rotación;

Medir un campo magnético total estacionario mientras el subensamble de columna de perforación permanece estático con

000040

el fin de producir una medición del campo magnético total estacionario; y

Comparar un campo magnético total promedio (B_{TWR}) con la medición de campo magnético total estacionario con el fin de determinar una magnitud de error entre el campo magnético total (B_{TWR}) y la medición de campo magnético total estacionario.

20. El método de la reivindicación 19 en donde la etapa de medir un campo magnético total estacionario comprende medir el campo magnético total estacionario mediante una instrumentación de campo magnético independiente mientras el ensamble de columna de perforación permanece estático con el fin de producir una medición de campo magnético total estacionario.
21. El método de la reivindicación 19 en donde la etapa de medir un campo magnético total estacionario comprende medir el campo magnético total estacionario mediante el magnetómetro de vector triaxial mientras el subensamble de columna de perforación permanece estático con el fin de producir una medición de campo magnético total estacionario.
22. El método de la reivindicación 19 en donde la etapa de determinar un campo magnético total promedio (B_{TWR}) ocurre sustancialmente en ausencia de material ferromagnético externo.

000041

23. Un dispositivo para determinar un valor de campo magnético total durante la perforación que comprende:

Un subensamble de columna de perforación;

Un procesador;

Un primer magnetómetro de vector en donde el primer magnetómetro de vector corresponde a un eje de agujero en donde el primer magnetómetro de vector se adapta para medir un primer componente de campo magnético de vector, el primer magnetómetro de vector tiene una salida acoplada en forma comunicativa al procesador;

un segundo magnetómetro de vector en donde el segundo magnetómetro de vector corresponde a un eje de agujero cruzado en donde el segundo magnetómetro de vector se adapta para medir un segundo componente de campo magnético de vector, el segundo magnetómetro de vector tiene una salida acoplada en forma comunicativa al procesador;

un tercer magnetómetro de vector en donde el tercer magnetómetro de vector corresponde a un eje de agujero cruzado en donde el tercer magnetómetro de vector se adapta para medir un tercer componente de campo magnético de vector, el tercer magnetómetro de vector tiene una salida acoplada en forma comunicativa al procesador;

en donde el primer magnetómetro de vector, el segundo magnetómetro de vector, y el tercer magnetómetro de vector se fijan al subensamble de columna de perforación;

en donde el eje de agujero es ortogonal al eje de agujero cruzado del segundo magnetómetro de vector y el tercer magnetómetro de vector, y en donde el eje de agujero cruzado

000042

del segundo magnetómetro de vector es ortogonal al eje de agujero cruzado del tercer magnetómetro de vector;

en donde el procesador se adapta para determinar el valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) como un promedio de las magnitudes de vector instantáneas del primer componente de campo magnético de vector, el segundo componente de campo magnético de vector, y el tercer componente de campo magnético de vector.

24. El dispositivo de la reivindicación 23 en donde el procesador se adapta para determinar las magnitudes de vector instantáneas medidas durante una rotación de subensamble de columna de perforación,

25. El dispositivo de la reivindicación 23 en donde el procesador se adapta adicionalmente para determinar un valor de campo magnético total (B_{TWR}) de acuerdo con una fórmula seleccionada del grupo que consiste de

$$B_{TWR} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n} ; \text{ y } \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2)}{n}}, \text{ en donde } B_{zi}$$

corresponde al primer componente de campo magnético de vector, en donde B_{xi} corresponde al segundo componente de campo magnético de vector, y en donde B_{yi} , corresponde al tercer componente de campo magnético de vector.

26. El dispositivo de la reivindicación 23 en donde el procesador se adapta adicionalmente para determinar el promedio de acuerdo con la siguiente fórmula o un

000043

equivalente matemático sustancial del mismo:

$$B_{TWR} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n}$$
, en donde B_{zi} corresponde al primer componente de campo magnético de vector, en donde B_{xi} corresponde al segundo componente de campo magnético de vector, y en donde B_{yi} , corresponde al tercer componente de campo magnético de vector.

27. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 26 en donde el procesador se adapta adicionalmente para determinar un ángulo calculado entre el eje del agujero y el vector de campo magnético de la tierra ($B_{\text{ángulo}}$) del subensamble de

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{B_z}{B_{TWR}} \right)$$

columna de perforación de acuerdo con la fórmula

o

Un equivalente matemática sustancial del mismo.

28. Un método para determinar un valor de campo magnético de eje cruzado promedio durante la perforación que comprende:

Proporcionar un magnetómetro de vector biaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir dos campos magnéticos de componente ortogonal;

Permitir que el subensamble de columna de perforación rote;

y

Determinar el valor de campo magnético de eje cruzado promedio (B_{TWR}) como una magnitud promedio de la suma de vector instantánea de los dos campos magnéticos de

000044

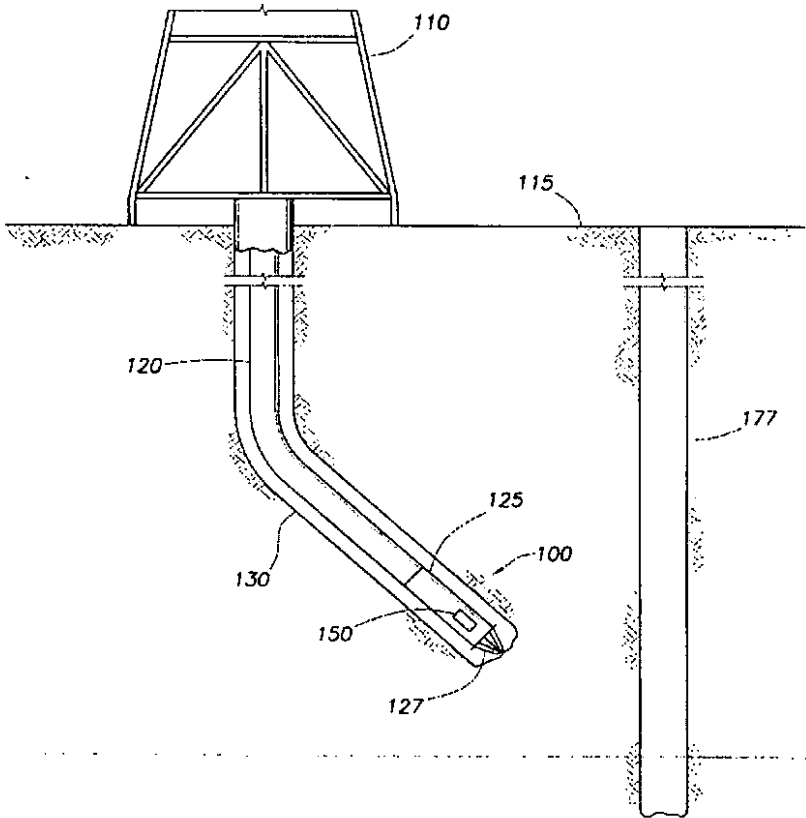
componente ortogonal durante la etapa de permitir que el subensamble de columna de perforación rote en donde el valor de campo magnético total (B_{CWR}) se calcula de acuerdo con la

fórmula:
$$B_{CWR} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2)}{n}}$$
 en donde B_{xi} y B_{yi} cada uno corresponde a un eje de agujero cruzado.

000045

+

1/3



000046

000047

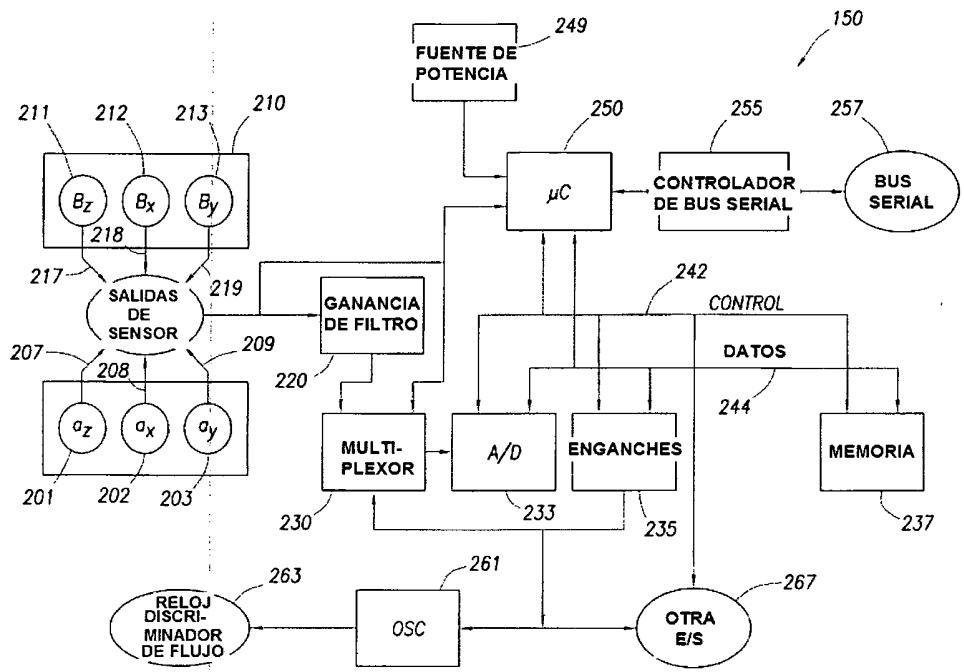


FIG.2

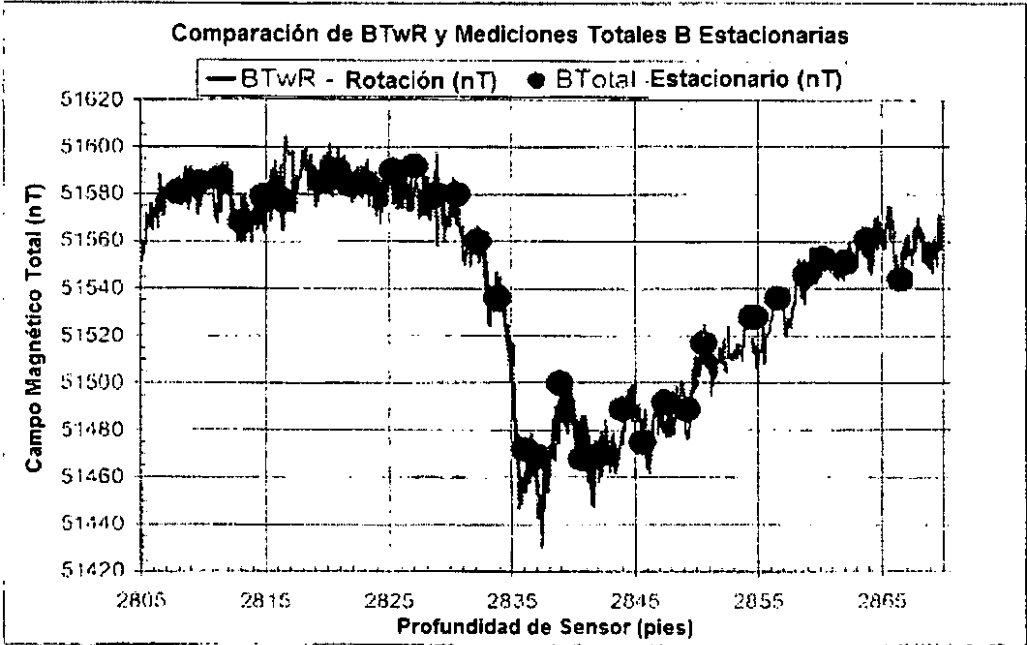


FIGURA 3

000048

— file copy —

PCT/US2010/036620 01.08.2011

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINING AUTHORITY

To:
ABIMBOLA BUKOYE
JACKSON WALKER L.L.P.
1401 MCKINNEY STREET, SUITE 1900
HOUSTON, TX 77010

PCT

NOTIFICATION OF TRANSMITTAL OF
INTERNATIONAL PRELIMINARY
REPORT ON PATENTABILITY
(Chapter II of the Patent Cooperation Treaty)

(PCT Rule 71.1)

Date of mailing
(day/month/year)

Applicant's or agent's file reference

132622.00066

IMPORTANT NOTIFICATION

International application No.

International filing date (day/month/year)

Priority date (day/month/year)

PCT/US10/36620

28 May 2010 (28.05.2010)

01 June 2009 (01.06.2009)

Applicant

SCIENTIFIC DRILLING INTERNATIONAL, INC.

1. The applicant is hereby notified that this International Preliminary Examining Authority transmits herewith the international preliminary report on patentability and its annexes, if any, established on the international application.
2. A copy of the report and its annexes, if any, is being transmitted to the International Bureau for communication to all the elected Offices.
3. Where required by any of the elected Offices, the International Bureau will prepare an English translation of the report (but not of any annexes) and will transmit such translation to those Offices.

4. REMINDER

The applicant must enter the national phase before each elected Office by performing certain acts (filing translations and paying national fees) within 30 months from the priority date (or later in some Offices)(Article 39(1))(see also the reminder sent by the International Bureau with Form PCT/IB/301).

Where a translation of the international application must be furnished to an elected Office, that translation must contain a translation of any annexes to the international preliminary report on patentability. It is the applicant's responsibility to prepare and furnish such translation directly to each elected Office concerned.

For further details on the applicable time limits and requirements of the elected Offices, see Volume II of the *PCT Applicant's Guide*.

The applicant's attention is drawn to Article 33(5), which provides that the criteria of novelty, inventive step and industrial applicability described in Article 33(2) to (4) merely serve the purposes of international preliminary examination and that "any Contracting State may apply additional or different criteria for the purposes of deciding whether, in that State, the claimed invention is patentable or not" (see also Article 27(5)). Such additional criteria may relate, for example, to exemptions from patentability, requirements for enabling disclosure, clarity and support for the claims.

Name and mailing address of the IPEA/ US

Mail Stop PCT, Attn: IPEA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No.

Authorized officer

JOHN KRECK

Telephone No. (571)272-4177

Form PCT/IPEA/416 (January 2004)

000049

— file copy — PCT/US2010/036620 01.08.2011

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

(Chapter II of the Patent Cooperation Treaty)

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 132622.00066	FOR FURTHER ACTION	See Form PCT/IPEA/416
International application No. PCT/US10/36620	International filing date (day/month/year) 28 May 2010 (28.05.2010)	Priority date (day/month/year) 01 June 2009 (01.06.2009)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC IPC: G01V 3/26 (2006.01) USPC: 175/40,41,50		
Applicant SCIENTIFIC DRILLING INTERNATIONAL, INC.		
1. This report is the international preliminary examination report, established by this International Preliminary Examining Authority under Article 35 and transmitted to the applicant according to Article 36. 2. This REPORT consists of a total of ___ sheets, including this cover sheet. 3. This report is also accompanied by ANNEXES, comprising: a. ☐ (sent to the applicant and to the International Bureau) a total of ___ sheets, as follows: ☐ sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis of this report and/or sheets containing rectifications authorized by this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions). ☐ sheets which supersede earlier sheets, but which this Authority considers contain an amendment that goes beyond the disclosure in the international application as filed, as indicated in item 4 of Box No. I and the Supplemental Box. b. ☐ (sent to the International Bureau only) a total of (indicate type and number of electronic carrier(s)) ___, containing a sequence listing and/or tables related thereto, in electronic form only, as indicated in the Supplemental Box Relating to Sequence Listing (see Section 802 of the Administrative Instructions). 4. This report contains indications relating to the following items: ☒ Box No. I Basis of the report ☐ Box No. II Priority ☒ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability ☐ Box No. IV Lack of unity of invention ☒ Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement ☐ Box No. VI Certain documents cited ☐ Box No. VII Certain defects in the international application ☒ Box No. VIII Certain observations on the international application		
Date of submission of the demand	Date of completion of this report 24 July 2011 (24.07.2011)	
Name and mailing address of the IPEA/ US Mail Stop PCT, Attn: IPEA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No.	Authorized officer JOHN KRECK Telephone No. (571)272-4177	

Form PCT/IPEA/409 (cover sheet) (April 2007)

000050

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.

PCT/US10/36620

Box No. 1 Basis of the report

1. With regard to the language, this report is based on:

- ☒ the international application in the language in which it was filed.
- ☐ a translation of the international application into English, which is the language of a translation furnished for the purposes of:
- ☐ international search (under Rules 12.3(a) and 23.1(b))
- ☐ publication of the international application (under Rule 12.4(a))
- ☐ international preliminary examination (under Rules 55.2(a) and/or 55.3(a))

2. With regard to the elements of the international application, this report is based on (replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report):

- ☐ the international application as originally filed/furnished
- ☒ the description:
 pages 2-14 as originally filed/furnished
 pages* NONE received by this Authority on _____
 pages* NONE received by this Authority on _____
- ☒ the claims:
 pages _____ as originally filed/furnished
 pages* NONE as amended (together with any statement) under Article 19
 pages* 15-17, 17a, 18-21 received by this Authority on 14 January 2011 (14.01.2011)
 pages* NONE received by this Authority on _____
- ☒ the drawings:
 pages 1-3 as originally filed/furnished
 pages* NONE received by this Authority on _____
 pages* NONE received by this Authority on _____
- ☐ a sequence listing and/or any related table(s) - see Supplemental Box Relating to Sequence Listing.

3. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/figs _____
- ☐ the sequence listing (specify): _____
- ☐ any table(s) related to the sequence listing (specify): _____

4. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments annexed to this report and listed below had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/figs _____
- ☐ the sequence listing (specify): _____
- ☐ any table(s) related to the sequence listing (specify): _____

5. ☐ This report has been established taking into account the rectification of an obvious mistake authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 70.2(e)).

* If item 4 applies, some or all of those sheets may be marked "superseded."

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.

PCT/US10/36620

Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability

The questions whether the claimed invention appears to be novel, to involve an inventive step (to be non obvious), or to be industrially applicable have not been examined in respect of:

☐ the entire international application

☒ claims Nos. 28

because:

☐ the said international application, or the said claim Nos. _____ relate to the following subject matter which does not require an international preliminary examination (*specify*):

☐ the description, claims or drawings (*indicate particular elements below*) or said claims Nos. _____ are so unclear that no meaningful opinion could be formed (*specify*):

☐ the claims, or said claims Nos. _____ are so inadequately supported by the description that no meaningful opinion could be formed (*specify*):

☒ no international search report has been established for said claims Nos. 28

☐ a meaningful opinion could not be formed without the sequence listing; the applicant did not, within the prescribed time limit:

☐ furnish a sequence listing on paper complying with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions, and such listing was not available to the International Preliminary Examining Authority in a form and manner acceptable to it.

☐ furnish a sequence listing in electronic form complying with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions, and such listing was not available to the International Preliminary Examining Authority in a form and manner acceptable to it.

☐ pay the required late furnishing fee for the furnishing of a sequence listing in response to an invitation under Rules 13ter.1(a) or (b) and 13ter.2.

☐ a meaningful opinion could not be formed without the tables related to the sequence listings; the applicant did not, within the prescribed time limit, furnish such tables in electronic form complying with the technical requirements provided for in Annex C-bis of the Administrative Instructions, and such tables were not available to the International Preliminary Examining Authority in a form and manner acceptable to it.

☐ the tables related to the nucleotide and/or amino acid sequence listing, if in electronic form only, do not comply with the technical requirements provided for in Annex C-bis of the Administrative Instructions.

☐ See Supplemental Box for further details

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.
PCT/US10/36620**Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement****I. Statement**

Novelty (N)	Claims <u>1-27</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO
Inventive Step (IS)	Claims <u>1-27</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO
Industrial Applicability (IA)	Claims <u>1-27</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO

2. Citations and Explanations (Rule 70.7)

Claims 1-27 meet the criteria set out in PCT Article 33(2)-(3), because the prior art does not teach or fairly suggest the drill string with triaxial vector magnetometer which is rotated and the calculation of the average total magnetic field value by average magnitude of vector sums, or by any of the equations of claim 3.

Claims 1-27 meet the criteria set out in PCT Article 33(4), and thus the invention has industrial applicability because the subject matter claimed can be made or used in industry.

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY	International application No. PCT/US10/36620
Box No. VIII Certain observations on the international application	
The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made: Claims 1-27 are objected to under PCT Article 6 as lacking clarity for the following reason(s): the claims call for determining the "average magnitude of the instantaneous vector sum" of the 3 orthogonal magnetic field components. The equations shown do not perform that calculation—they appear to calculate the average magnitude of the overall magnetic field. For example, (eqn B1) calculates the average of a series of the square root of the sum of the squares of the individual vector components. The square root of the sum of the squares of the individual components is commonly known as the "norm" or "magnitude" of the vector; and is plainly not an instantaneous vector sum. Therefore, the equation B1 represents the "average magnitude of the magnetic field". A "vector sum" is generally understood to be a vector quantity rather than a scalar quantity. The values Bx, By, Bz are plainly disclosed as scalar quantities. Therefore the result of the given equations would be scalar-not vector. An average of vector sums over a period of rotation can be expected to be zero orthogonally to the axis of rotation; and therefore would return a value corresponding to the average magnetic field component of the axis of rotation. Moreover, for equations B2 and B3: the placement of "n" under the radical raises questions about the mathematical value of the equations. With the "n" under the radical, the equations are no longer averages. The second equation—with "n" under the radical in the first term, and "n²" under the radical in the second term is particularly confusing.	

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.
PCT/US10/36620

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:

CLAIM AMENDMENTS

1. (Currently amended) A method for determining an average total magnetic field value during drilling comprising:

- providing a triaxial vector magnetometer affixed to a drill string subassembly wherein the triaxial vector magnetometer is adapted to measure three orthogonal component magnetic fields;
- allowing rotating the drill string subassembly ~~to rotate~~; and
- determining the average total magnetic field value (B_{TWR}) as an average magnitude of the instantaneous vector sum of the three orthogonal component magnetic fields during the step of allowing rotating the drill string subassembly ~~to rotate~~.

2. The method of claim 1 wherein the triaxial magnetometer comprises three vector magnetometers.

3. The method of claim 1 wherein the total magnetic field value (B_{TWR}) is computed according to a formula selected from the group consisting of:

$$B_{TWR} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n}; B_{TWR} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2)}{n} + \left(\frac{\sum_{i=1}^n B_{zi}}{n}\right)^2}; \text{ and}$$

$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2)}{n}}$, wherein B_{xi} , B_{yi} , and B_{zi} each correspond to one of the three orthogonal component magnetic fields.

4. The method of claim 3 wherein B_{zi} corresponds to an along-borehole axis and wherein B_{xi} and B_{yi} correspond to cross-borehole axis.

5. The method of claim 1 wherein the average is computed according to the following formula or substantial mathematical equivalent thereto:

$$B_{TWR} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n}, \text{ wherein } B_{xi}, B_{yi}, \text{ and } B_{zi} \text{ each correspond to one of the three orthogonal component magnetic fields.}$$

REPLACEMENT PAGE 15

AMENDED SHEET - IPEA/US

000056

6. The method of claim 5 wherein the three vector magnetometers are of a sufficiently high bandwidth such that there is no significant signal attenuation at the maximum expected rotation rate.
7. The method of claim 3 further comprising:
determining an along-borehole axis vector component magnetic field (B_z); and
determining a calculated $B_{Angle}(\theta)$ of the drill string subassembly according to the formula $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{B_z}{B_{TWR}}\right)$.
8. The method of claim 3 further comprising:
determining an along-borehole axis vector component magnetic field value (B_z); and
determining a calculated $B_{Angle}(\theta)$ of the drill string subassembly according to the formula $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{B_z}{B_{TWR}}\right)$ or substantial mathematical equivalent thereto.
9. (Currently amended) The method of claim 7 further comprising:
temporarily ceasing temporarily rotation of the drill string subassembly;
measuring an inclination and an azimuth of the drill string subassembly while the drill string subassembly is stationary so as to determine an initial stationary azimuth and the inclination;
allowing the drill string subassembly to rotate during drilling; and
determining a calculated azimuth (Azm) during drilling according to the formula $Azm = aCos\left(\frac{\cos(B_{Angle}) - \sin(Dip) * \cos(Inc)}{\cos(Dip) * \sin(Inc)}\right)$ wherein Inc is the inclination during drilling, wherein Dip is an inclination from horizontal of the Earth's magnetic field, and wherein B_{Angle} is the calculated $B_{Angle}(\theta)$.
10. (Currently amended) The method of claim 9 further comprising a step of avoiding a well collision using the calculated Azm to determine a borehole direction.
11. (Currently amended) The method of claim 7 further comprising a step of intercepting a well using the calculated Azm to determine a borehole direction

REPLACEMENT PAGE 16

AMENDED SHEET - IPEA/US

000057

12. (Currently amended) The method of claim 9 further comprising a step of using the calculated $B_{Angle}(\theta)$ and the calculated Azm for one of: well collision avoidance and well intercept.

13. (Currently amended) The method of claim 9 further comprising [[the]] a step of outputting a value wherein the value is selected from the group consisting of: the B_{TWR} , the calculated $B_{Angle}(\theta)$, a calculated inclination, and the calculated Azm, wherein the step of outputting is selected from the group consisting of: storing the value in a memory and transmitting the value to a surface computer.

14. (Currently amended) The method of claim 3 further comprising:
 providing an inclinometer affixed to the drill string subassembly;
 measuring an inclination using an inclinometer;
 ceasing temporarily rotation of the drill string subassembly;
 measuring an azimuth of the drill string subassembly while the drill string subassembly is stationary so as to determine an initial stationary azimuth;
 allowing the drill string subassembly to rotate during drilling; and
 determining a calculated azimuth during drilling according to the formula

$$Azm = \alpha \cos \left(\frac{\cos(B_{Angle}) - \sin(Dip) * \cos(Inc)}{\cos(Dip) * \sin(Inc)} \right)$$
, where Inc is the inclination and Dip is an inclination from horizontal of the Earth's magnetic field.

15. [[A]] The method of claim 1 further for detecting a presence of external ferromagnetic material comprising:
 providing a triaxial vector magnetometer affixed to a drill string subassembly wherein the triaxial magnetometer is adapted to measure three orthogonal component magnetic fields;
 allowing the drill string subassembly to rotate;
 drilling a section of borehole;
 determining a plurality of average total magnetic fields along the section of borehole wherein the average total magnetic fields is as an average of the instantaneous vector magnitudes of the three orthogonal component magnetic fields during the step of allowing the drill string subassembly to rotate; and

REPLACEMENT PAGE 17

AMENDED SHEET - IPEA/US

000058

PCT/US10/36620 14-01-2011

PCT/US2010/036620 01.08.2011

Docket No. 132622.00066

identifying the presence of external ferromagnetic material as a portion of the section where the average total magnetic fields vary from an expected Earth's magnetic field.

REPLACEMENT PAGE 17A

AMENDED SHEET - IPEA/US

000059

16. The method of claim 15 wherein the expected Earth's magnetic field is determined as a stationary magnetic field in absence of any external ferromagnetic material.

17. The method of claim 15 further comprising:

determining an amplitude and spatial frequency of a difference between an the expected earth's total magnetic field and the average total magnetic field value (B_{TWR}) over the section of borehole;

comparing an amplitude and spatial frequency of a B_{TWR} difference signal to an amplitude and spatial frequency of an expected difference signal from an assumed source at an assumed distance so as to produce a comparison wherein the expected difference signal is estimated theoretical data from a computer model; and

estimating a distance to external ferromagnetic matter corresponding to the distance where the amplitude and spatial frequency of the B_{TWR} measured difference signal is substantially similar to the expected difference signal.

18. The method of claim 17 wherein the step of estimating the distance is used for one of: well collision avoidance and well intercept.

19. ~~[[A]] The method of claim 1 further for assessing the operational quality of downhole instrumentation~~ comprising:

providing a triaxial vector magnetometer affixed to a drill string subassembly wherein the triaxial vector magnetometer is adapted to measure three orthogonal component magnetic fields;

allowing the drill string subassembly to rotate;

determining an average total magnetic field (B_{TWR}) as an average of the instantaneous vector magnitudes of the three orthogonal component magnetic fields during the step of allowing the drill string subassembly to rotate;

ceasing temporarily rotation of the drill string subassembly;

measuring a stationary total magnetic field while the drill string subassembly is stationary so as to produce a stationary total magnetic field measurement; and

comparing the average total magnetic field (B_{TWR}) to the stationary total magnetic field measurement so as to determine a magnitude of error between the total magnetic field (B_{TWR}) and the stationary total magnetic field measurement.

REPLACEMENT PAGE 18

AMENDED SHEET - IPEA/US

000060

20. The method of claim 19 wherein the step of measuring a stationary total magnetic field comprises measuring the stationary total magnetic field by an independent magnetic field instrumentation while the drill string subassembly is stationary so as to produce a stationary total magnetic field measurement.

21. The method of claim 19 wherein the step of measuring a stationary total magnetic field comprises measuring the stationary total magnetic field by the triaxial vector magnetometer while the drill string subassembly is stationary so as to produce a stationary total magnetic field measurement.

22. The method of claim 19 wherein the step of determining an average total magnetic field (B_{TWR}) occurs substantially in absence of a presence of external ferromagnetic material.

23. A device for determining an average total magnetic field value during drilling comprising:

a drill string subassembly;

a processor;

a first vector magnetometer wherein the first vector magnetometer corresponds to an along-borehole axis wherein the first vector magnetometer is adapted to measure a first vector magnetic field component, the first vector magnetometer having an output communicatively coupled to the processor;

a second vector magnetometer wherein the second vector magnetometer corresponds to an cross-borehole axis wherein the second vector magnetometer is adapted to measure a second vector magnetic field component, the second vector magnetometer having an output communicatively coupled to the processor;

a third vector magnetometer wherein the third vector magnetometer corresponds to an cross-borehole axis wherein the third vector magnetometer is adapted to measure a third vector magnetic field component, the third vector magnetometer having an output communicatively coupled to the processor;

wherein the first vector magnetometer, the second vector magnetometer, and the third vector magnetometer are affixed to the drill string subassembly;

wherein the along-borehole axis is orthogonal to the cross-borehole axis of the second vector magnetometer and the third vector magnetometer, and wherein the cross-

REPLACEMENT PAGE 19

AMENDED SHEET - IPEA/US

000061

borehole axis of the second vector magnetometer is orthogonal to the cross-borehole axis of the third vector magnetometer;

wherein the processor is adapted to determine the average total magnetic field value (B_{TWR}) as an average of the instantaneous vector magnitudes of the first vector magnetic field component, the second vector magnetic field component, and the third vector magnetic field component.

24. The device of claim 23 wherein the processor is adapted to determine the instantaneous vector magnitudes measured during a drill string subassembly rotation.

25. The device of claim 23 wherein the processor is further adapted to determine the total magnetic field value (B_{TWR}) according to a formula selected from the group

consisting of: $B_{TWR} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n}$; and $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2)}{n}}$, wherein B_{xi}

corresponds to first vector magnetic field component, wherein B_{xi} corresponds to the second vector magnetic field component, and wherein B_{yi} corresponds to the third vector magnetic field component.

26. The device of claim 23 wherein the processor is further adapted to determine the average according to the following formula or substantial mathematical equivalent

thereto: $B_{TWR} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n}$, wherein B_{xi} corresponds to first vector magnetic field component, wherein B_{xi} corresponds to the second vector magnetic field component, and wherein B_{yi} corresponds to the third vector magnetic field component.

27. The device of claim 26 wherein the processor is further adapted to determine a calculated angle between the axis of the borehole and the Earth's magnetic field vector (B_{Angle}) of the drill string subassembly according to the formula $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{B_z}{B_{TWR}}\right)$ or substantial mathematical equivalent thereto.

28. A method for determining an average cross-axis magnetic field value during drilling comprising:

REPLACEMENT PAGE 20

AMENDED SHEET - IPEA/US

000062

providing a biaxial vector magnetometer affixed to a drill string subassembly wherein the biaxial vector magnetometer is adapted to measure two orthogonal component magnetic fields;

allowing the drill string subassembly to rotate; and

determining the average cross-axis magnetic field value (B_{CWR}) as an average magnitude of the instantaneous vector sum of the two orthogonal component magnetic fields during the step of allowing the drill string subassembly to rotate wherein the total magnetic

field value (B_{CWR}) is computed according to the formula: $B_{CWR} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2)}{n}}$, wherein B_{xi} and B_{yi} each correspond to a cross-borehole axis.

REPLACEMENT PAGE 21

AMENDED SHEET - IPEA/US

000063

REIVINDICACIONES CORREGIDAS

1. (Actualmente corregida) Un método para determinar un valor de campo magnético total promedio durante perforación que comprende:

Proporcionar un magnetómetro de vector triaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir tres campos magnéticos de componente ortogonal;

rotar el subensamble de columna de perforación; y

determinar el valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) como una magnitud promedio de la suma de vectores instantánea de los tres campos magnéticos de componente ortogonal durante la etapa de hacer rotar el subensamble de columna de perforación.

2. El método de la reivindicación 1 en donde el magnetómetro periaxial comprende tres magnetómetros de vector.
3. El método de la reivindicación 1 en donde el valor de campo magnético total (B_{TWR}) se calcula de acuerdo con una fórmula seleccionada del grupo que consiste de:

$$B_{TWR} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n}; B_{TWR} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2)}{n} + \left(\frac{\sum_{i=1}^n B_{zi}}{n}\right)^2}; \text{ y}$$

000064

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2)}{n}}$$

, en donde B_{xi} , B_{yi} , y B_{zi} cada uno corresponde a uno de los tres campos magnéticos de componente ortogonal.

4. El método de la reivindicación 3 en donde B_{zi} corresponde a un eje de agujero y en donde B_{xi} y B_{yi} corresponden a un eje de agujero cruzado.
5. El método de la reivindicación 1 en donde el promedio se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula o un equivalente matemático sustancial de la misma:

$$B_{TAK} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n}$$

, en donde B_{xi} , B_{yi} , y B_{zi} cada uno corresponde a uno de los tres campos magnéticos de componente ortogonal.

6. El método de la reivindicación 5 en donde los tres magnetómetros de vector son de un ancho de banda suficientemente grande de tal manera que no hay una atenuación de señal significativa en el índice de rotación máximo esperado.
7. El método de la reivindicación 3 que comprende adicionalmente:
Determinar un campo magnético de componen de vector de eje de agujero (B_z); y

000065

Determinar un $B_{\text{ángulo}} (\theta)$ calculado del subensamble de columna

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{B_z}{B_{TWR}} \right).$$

de perforación de acuerdo con la fórmula

8. El método de la reivindicación 3 que comprende adicionalmente:

Determinar un valor de campo magnético de componente de vector de eje de agujero (B_z); y

Determinar un $B_{\text{ángulo}} (\theta)$ calculado del subensamble de columna

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{B_z}{B_{TWR}} \right)$$

de perforación de acuerdo con la fórmula o un equivalente matemático sustancial del mismo.

9. (Actualmente corregida) El método de la reivindicación 7 que comprende adicionalmente:

Temporalmente detener la rotación del subensamble de columna de perforación;

Medir una inclinación y un azimut de subensamble de columna de perforación aunque el subensamble de columna de perforación permanezca estático con el fin de determinar un azimut estacionario inicial y la inclinación;

Permitir que el subensamble de columna de perforación rote durante la perforación; y

Determinar un azimut calculado (Azm) durante la perforación

de acuerdo con la fórmula
$$Azm = \arccos \left(\frac{\cos(B_{\text{ángulo}}) - \sin(Dip) * \cos(Inc)}{\cos(Dip) * \sin(Inc)} \right)$$
 en donde

Inc es la inclinación durante la perforación, en donde dip

000066

es una inclinación desde la horizontal del campo magnético de la tierra, y en donde $B_{\text{ángulo}}$ es el $B_{\text{ángulo}} (\theta)$ calculado.

10. (Actualmente corregida) El método de la reivindicación 9 que comprende adicionalmente una etapa de evitar una colisión de pozo utilizando el Azm calculado para determinar una dirección de agujero.
11. (Actualmente corregida) El método de la reivindicación 7 que comprende adicionalmente una etapa de interceptar un pozo utilizando el Azm calculado para determinar una dirección de pozo.
12. (Actualmente corregida) El método de la reivindicación 9 que comprende adicionalmente una etapa de utilizar el $B_{\text{ángulo}} (\theta)$ calculado y el Azm calculado para uno de: prevención de colisión de pozos e intercepción de pozos.
13. (Actualmente corregida) El método de la reivindicación 9 que comprende adicionalmente una etapa de generar un valor en donde el valor se selecciona del grupo que consiste de: el B_{TwR} , el $B_{\text{ángulo}} (\theta)$ calculado, una inclinación calculada, y un Azm calculado, en donde la etapa de generación se selecciona del grupo que consiste de: almacenar el valor en una memoria y transmitir el valor a un computador en la superficie.
14. (Actualmente corregida) El método de la reivindicación 3 que comprende adicionalmente:

000067

Proporcionar un inclinómetro fijado al subensamble de columna de perforación;

Medir una inclinación utilizando un inclinómetro;

Detener temporalmente la rotación del subensamble de columna de perforación;

Medir un azimuth del subensamble de columna de perforación mientras el subensamble de columna de perforación permanece estático con el fin de determinar un azimuth estacionario inicial;

Permitir que el subensamble de columna de perforación rote durante la perforación; y

Determinar un azimuth calculado durante la perforación de

acuerdo con la fórmula
$$Azim = \arccos\left(\frac{\cos(B_{Angle}) - \sin(Dip) * \cos(Inc)}{\cos(Dip) * \sin(Inc)}\right)$$
, en donde Inc es la inclinación y Dip es una inclinación de la horizontal del campo magnético de la tierra.

15. El método de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:

Proporcionar un magnetómetro de vector triaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir tres campos magnéticos de componente ortogonal;

Permitir que el subensamble de columna de perforación rote;

Perforar una sección de agujero;

Determinar una pluralidad de campos magnéticos total promedio a lo largo de la sección de agujero en donde el campo magnético total promedio es un promedio de las

000068

magnitudes de vector instantáneas de los tres campos magnéticos de componente ortogonal durante la etapa de permitir que el subensamble de columna de perforación rote; y

Identificar la presencia de material ferromagnético externo como una porción de la sección en donde los campos magnéticos total promedio varían de un campo magnético de la tierra esperado.

16. El método de la reivindicación 15 en donde el campo magnético de la tierra esperado se determina como un campo magnético estacionario en la ausencia de cualquier material ferromagnético externo.

17. El método de la reivindicación 15 que comprende adicionalmente:

Determinar una amplitud y frecuencia espacial de una diferencia entre un campo magnético total de la tierra esperado y el valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) sobre la sección de agujero;

Comparar una amplitud y una frecuencia espacial de una señal de diferencia B_{TWR} con una frecuencia espacial y de amplitud de una señal de diferencia esperada desde una fuente asumida en una distancia asumida con el fin de producir una comparación en donde la señal de diferencia esperada son datos teóricos estimados de un modelo de computador; y

Estimar una distancia hasta la materia ferromagnética externa que corresponde a la distancia en donde la

000069

frecuencia espacial y de amplitud de la señal de diferencia medida B_{TWR} es sustancialmente similar a la señal de diferencia esperada.

18. El método de la reivindicación 17 en donde la etapa de estimar la distancia se utiliza para uno de: evitar la colisión de pozos e intercepción de pozos.

19. El método de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:

Proporcionar un magnetómetro de vector triaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir tres campos magnéticos de componente ortogonal;

Permitir que el subensamble de columna de perforación rote;

Determinar un campo magnético total promedio (B_{TWR}) como un promedio de la magnitud de vector instantánea de los tres campos magnéticos de componente ortogonal durante la etapa de permitir que el subensamble de columna de perforación rote;

Detener temporalmente la rotación del subensamble de columna de rotación;

Medir un campo magnético total estacionario mientras el subensamble de columna de perforación permanece estático con el fin de producir una medición del campo magnético total estacionario; y

Comparar un campo magnético total promedio (B_{TWR}) con la medición de campo magnético total estacionario con el fin de

000070

determinar una magnitud de error entre el campo magnético total (B_{TWR}) y la medición de campo magnético total estacionario.

20. El método de la reivindicación 19 en donde la etapa de medir un campo magnético total estacionario comprende medir el campo magnético total estacionario mediante una instrumentación de campo magnético independiente mientras el ensamble de columna de perforación permanece estático con el fin de producir una medición de campo magnético total estacionario.
21. El método de la reivindicación 19 en donde la etapa de medir un campo magnético total estacionario comprende medir el campo magnético total estacionario mediante el magnetómetro de vector triaxial mientras el subensamble de columna de perforación permanece estático con el fin de producir una medición de campo magnético total estacionario.
22. El método de la reivindicación 19 en donde la etapa de determinar un campo magnético total promedio (B_{TWR}) ocurre sustancialmente en ausencia de material ferromagnético externo.
23. Un dispositivo para determinar un valor de campo magnético total durante la perforación que comprende:
Un subensamble de columna de perforación;
Un procesador;

000071

Un primer magnetómetro de vector en donde el primer magnetómetro de vector corresponde a un eje de agujero en donde el primer magnetómetro de vector se adapta para medir un primer componente de campo magnético de vector, el primer magnetómetro de vector tiene una salida acoplada en forma comunicativa al procesador;

un segundo magnetómetro de vector en donde el segundo magnetómetro de vector corresponde a un eje de agujero cruzado en donde el segundo magnetómetro de vector se adapta para medir un segundo componente de campo magnético de vector, el segundo magnetómetro de vector tiene una salida acoplada en forma comunicativa al procesador;

un tercer magnetómetro de vector en donde el tercer magnetómetro de vector corresponde a un eje de agujero cruzado en donde el tercer magnetómetro de vector se adapta para medir un tercer componente de campo magnético de vector, el tercer magnetómetro de vector tiene una salida acoplada en forma comunicativa al procesador;

en donde el primer magnetómetro de vector, el segundo magnetómetro de vector, y el tercer magnetómetro de vector se fijan al subensamble de columna de perforación;

en donde el eje de agujero es ortogonal al eje de agujero cruzado del segundo magnetómetro de vector y el tercer magnetómetro de vector, y en donde el eje de agujero cruzado del segundo magnetómetro de vector es ortogonal al eje de agujero cruzado del tercer magnetómetro de vector;

000072

en donde el procesador se adapta para determinar el valor de campo magnético total promedio (B_{TWR}) como un promedio de las magnitudes de vector instantáneas del primer componente de campo magnético de vector, el segundo componente de campo magnético de vector, y el tercer componente de campo magnético de vector.

24. El dispositivo de la reivindicación 23 en donde el procesador se adapta para determinar las magnitudes de vector instantáneas medidas durante una rotación de subensamble de columna de perforación,

25. El dispositivo de la reivindicación 23 en donde el procesador se adapta adicionalmente para determinar un valor de campo magnético total (B_{TWR}) de acuerdo con una fórmula seleccionada del grupo que consiste de

$$B_{TWR} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n} ; \text{ y } \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2)}{n}}, \text{ en donde } B_{zi}$$

corresponde al primer componente de campo magnético de vector, en donde B_{xi} corresponde al segundo componente de campo magnético de vector, y en donde B_{yi} , corresponde al tercer componente de campo magnético de vector.

26. El dispositivo de la reivindicación 23 en donde el procesador se adapta adicionalmente para determinar el promedio de acuerdo con la siguiente fórmula o un equivalente matemático sustancial del mismo:

000073

$$B_{TWK} = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{B_{xi}^2 + B_{yi}^2 + B_{zi}^2}}{n},$$
 en donde B_{zi} corresponde al primer componente de campo magnético de vector, en donde B_{xi} corresponde al segundo componente de campo magnético de vector, y en donde B_{yi} , corresponde al tercer componente de campo magnético de vector.

27. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 26 en donde el procesador se adapta adicionalmente para determinar un ángulo calculado entre el eje del agujero y el vector de campo magnético de la tierra ($B_{\text{ángulo}}$) del subensamble de

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{B_z}{B_{TWK}} \right)$$

columna de perforación de acuerdo con la fórmula

o

Un equivalente matemática sustancial del mismo.

28. Un método para determinar un valor de campo magnético de eje cruzado promedio durante la perforación que comprende:

Proporcionar un magnetómetro de vector biaxial fijado a un subensamble de columna de perforación en donde el magnetómetro de vector triaxial se adapta para medir dos campos magnéticos de componente ortogonal;

Permitir que el subensamble de columna de perforación rote; y

Determinar el valor de campo magnético de eje cruzado promedio (B_{TWR}) como una magnitud promedio de la suma de vector instantánea de los dos campos magnéticos de componente ortogonal durante la etapa de permitir que el

000074

subensamble de columna de perforación rote en donde el valor de campo magnético total (B_{cwR}) se calcula de acuerdo con la

fórmula: $B_{CwR} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{xi}^2 + B_{yi}^2)}{n}}$ en donde B_{xi} y B_{yi} cada uno corresponde a un eje de agujero cruzado.

000075

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
9 December 2010 (09.12.2010)

(10) International Publication Number
WO 2010/141364 A1

(51) International Patent Classification:
G01V 3/26 (2006.01)

(21) International Application Number:

PCT/US2010/036620

(22) International Filing Date:

28 May 2010 (28.05.2010)

(25) Filing Language:

English

(26) Publication Language:

English

(30) Priority Data:

12/475,927

1 June 2009

(01.06.2009)

US

(71) Applicant (for all designated States except US): SCIENTIFIC DRILLING INTERNATIONAL, INC. [US/US]; 1100 Rankin Road, Houston, TX 77073 (US).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): BERGSTROM, Neil W., Smith [US/US]; 10909 East Crestridge Circle, Englewood, CO 80111 (US). TOWLE, James, N. [US/US]; 3906 Bagley Avenue N, Seattle, WA 98103 (US). WHITE, Matthew, A. [US/US]; 170 Cattail Road, Templeton, CA 93465 (US).

(74) Agent: BUKOYE, Abimbola; Jackson Walker L.L.P., 1401 McKinney Street, Suite 1900, Houston, Texas 77010 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continued on next page]

(54) Title: DOWNHOLE MAGNETIC MEASUREMENT WHILE ROTATING AND METHODS OF USE

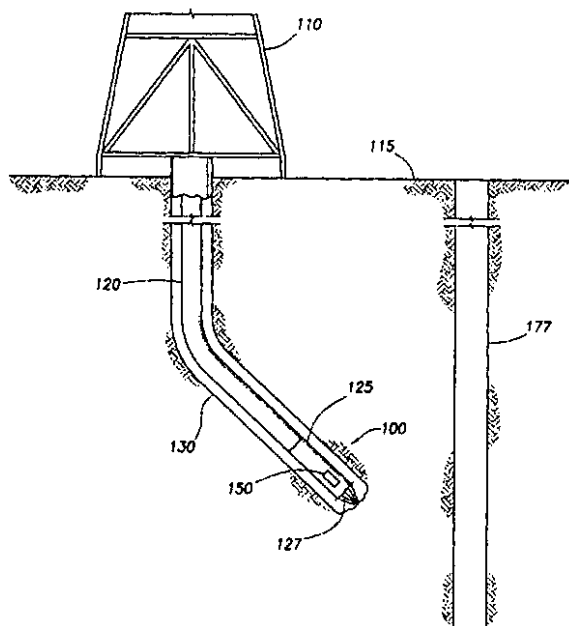


FIG. 1

(57) Abstract: Downhole magnetic measurement devices and methods are provided for estimation of magnetic fields during drilling. In certain embodiments, a triaxial vector magnetometer 150 is provided and affixed to a drill string subassembly 125. While the drill string subassembly 125 is rotating, as during drilling operations, an average total magnetic field value (BTWR) is determined as an average of the instantaneous vector magnitudes of the three measured orthogonal component magnetic fields. In this way, near-bit 127 estimates of the downhole magnetic field may be obtained and used for a variety of functions. These downhole magnetic measurement devices may be useful determining magnetic fields, and estimating borehole inclination and azimuth of drill string subassemblies 125, 100 during drilling operations. Additionally, downhole magnetic measurement devices may be used for detecting the presence and distance to external ferromagnetic materials. In this way, these devices may be used for various applications, including, well avoidance, well intercept, and verification of instrument integrity.

WO 2010/141364 A1

000076



Published:

— with international search report (Art. 21(3))

— before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments (Rule 48.2(h))



No. 11-176356-00000-0000

Fecha: 2011-12-21 16:09:24

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR

Tra. 11 PATENTEIYII

Eve: 379 FASENACIONALII

Act. 411 PRESENTACION

Folios: 77

LISTA DE CHEQUEO
ADMISIÓN A TRÁMITE - NUEVAS CREACIONESPATENTE DE INVENCION ☐MODELO DE UTILIDAD ☐

Art. 33 Decisión 486/00

☐	Indicación que se solicita una patente.
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Descripción de la invención
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☒MODELO DE UTILIDAD PCT ☐

Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

☒	Indicación que se solicita una PCT
☒	Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
☒	Dibujos de ser estos pertinentes
☒	Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
Completa ☒	Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐

(Art. 119 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita Diseño industrial
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐

(Art. 92 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita un esquema de trazado
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica de un esquema de trazado
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐