



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 14-014356- -00000-0000

Fecha: 2014-01-24 15:50:08 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 96

SOLICITUD

PALETE DE INVENCIÓN

21. EXPEDIENTE No.

54. TITULO: MÉTODO PARA ESTIMAR NÚMERO ATÓMICO EFECTIVO Y DENSIDAD APARENTE DE MUESTRAS DE ROCAS USANDO PROYECCIÓN DE IMÁGENES COMPUTARIZADAS DE RAYOS X DE ENERGÍA DUAL

51. CLASIFICACION INTERNACIONAL G01N 9/24

71. SOLICITANTE: INGRAIN, INC.

DOMICILIO: Texas, Estados Unidos de América

74. APODERADA SILVANA MARIA LÓPEZ DÍAZ

22. BOGOTÁ, D.C.

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO  No. 14-014356- -00000-0000 Fecha: 2014-01-24 15:50:08 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII Act. 411 PRESENTACION Folios: 96 esivo de radicación
---	---

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES
SOLICITUD FASE NACIONAL – PCT

1	TIPO DE SOLICITUD	☒ Patente de invención ☐ Capítulo I	☐ Patente de Modelo de Utilidad ☒ Capítulo II
2	DATOS SOLICITUD INTERNACIONAL PCT (86)		
Solicitud Internacional No.		PCT/US2012/043213	Fecha 20 de Junio de 2012
Publicación Internacional No.		WO 2013/015914 A1	Fecha 31 de Enero de 2013
3	TÍTULO DE LA INVENCIÓN (200 caracteres o espacios máximos)		
MÉTODO PARA ESTIMAR NÚMERO ATÓMICO EFECTIVO Y DENSIDAD APARENTE DE MUESTRAS DE ROCAS USANDO PROYECCIÓN DE IMÁGENES COMPUTARIZADAS DE RAYOS X DE ENERGÍA DUAL			
4	CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL (CIP) G01N 9/24		
5	SOLICITANTE (S) ☐ Esta persona también es inventor. Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria		
APELLIDOS O RAZÓN SOCIAL		NOMBRE	IDENTIFICACIÓN
INGRAIN, INC.			TIPO
6	DATOS DEL SOLICITANTE		
DIRECCIÓN: 3733 Westheimer Road 2nd Floor Houston, No. TELÉFONO:			
CIUDAD: Texas 77027, CORREO ELECTRONICO:			
PAÍS DE RESIDENCIA: Estados Unidos de América LUGAR DE CONSTITUCIÓN: Estados Unidos de América			
7	INVENTOR (ES)		
APELLIDOS		NOMBRES	NACIONALIDAD
DERZHI,		Naum	Estadounidense
DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO:			
8	DATOS INVENTOR (ES)		
DIRECCIÓN		CIUDAD	ESTADO
C/o Ingrain, Inc. 3733 Westheimer Road,		2nd Floor Houston,	Texas 77027,
			PAÍS RESIDENCIA
			Estados Unidos de América
OTRO(S) SOLICITANTE(S) Y/O (OTRO(S)) INVENTOR(ES)			
☐ Los demás solicitantes y/o (demás) inventores se indican en una hoja a continuación.			
9	☐ REPRESENTANTE LEGAL ☒ APODERADO		
APELLIDOS		NOMBRES	IDENTIFICACIÓN
LÓPEZ DÍAZ		SILVANA MARIA	C.C. 22.468.787 T.P. 147463 CSJ
DIRECCIÓN		Cra. 11 No. 86 – 53, Piso 6	No. TELÉFONO 6181088
CIUDAD		Bogotá, D.C.	CORREO ELECTRÓNICO notificaciones@clarkemodet.com.co.
PAÍS		Colombia	
10	DECLARACIONES DE PRIORIDAD ☐ SI ☐ NO		
(33) PAÍS DE ORIGEN		CÓDIGO PAÍS	(31) NÚMERO
Estados Unidos de América		US	61/511.600
			(32) FECHA AAA/MM/DD
			2011/07/26

11	DECLARACIÓN SOBRE USO DE RECURSOS GENÉTICOS O BIOLÓGICOS		
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de recursos genéticos o biológicos de los que cualquiera de los países miembros de la Comunidad Andina es país de origen.			
☐ SI ☐ NO			
Nota: En caso afirmativo deberá anexar copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o número de registro, expedido por la Autoridad competente.			
12	DECLARACIÓN SOBRE USO DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES		
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicionales de comunidades indígenas, afroamericanas o locales de países miembros de la Comunidad Andina.			
☐ SI ☐ NO			
Nota: En caso afirmativo deberá anexar la licencia o autorización de uso de conocimiento tradicional, o certificado, o número de registro expedido por la Autoridad competente.			
13	REDUCCIÓN DE TASAS		
Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.			
☐ SI ☐ NO			
Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.			
Micro, pequeñas y medianas empresas ☐			
Universidades públicas o privadas ☐			
Entidades sin ánimo de lucro ☐			
Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos			
14	AUTORIZACIÓN DE NOTIFICACIÓN EN LÍNEA ☐ SI ☐ NO		
Manifiesto que he leído y entendido perfectamente los términos y condiciones de uso de medios electrónicos para las notificaciones en línea a través de Internet de los actos administrativos proferidos por la Superintendencia de Industria y Comercio que deben ser notificados personalmente y, en consecuencia, autorizo el servicio de notificación a través de internet.			
15	COMPROBANTE DE PAGO O PAGO ELECTRÓNICO	Nº 14-001283 14-007034	Fecha 08/01/2014 23/01/2014
16	FIRMA DEL APODERADO :		
SILVANA MARIA LÓPEZ DÍAZ C.C. 22.468.787 T.P. 147463 CSJ			
17	ANEXOS		
Documentación Técnica Solicitud Internacional en castellano		Documentación Jurídica	
1. ☒ Descripción N° de folios 43		9. ☐ Poderes, si fuera el caso.	
2. ☒ Reivindicaciones N° Reivindicaciones: 50		10. ☐ Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante.	
3. ☒ Dibujos y/o figuras N° folios: 8		11. ☐ Copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, certificado o número de registro, si fuera el caso.	
4. ☒ Resumen.		12. ☐ Copia de la licencia o autorización de Conocimientos Tradicionales, certificado o número de registro, si fuera el caso.	
5. ☐ Certificado de depósito de material biológico si fuera el caso.		13. Reducción de tasas	
6. ☐ Listado de secuencias de nucleótidos y/o aminoácidos en forma digital si fuera el caso.		Micro, pequeñas o medianas empresas	
7. ☐ Arte final 12 x 12.		☐ Copia simple de la declaración de renta del año inmediatamente anterior, o en su defecto prueba documental idónea.	
8. ☐ Anexo formato digital.		☐ Documento de constancia de cumplimiento con lo establecido en la ley 905 de 2004.	
		Universidades públicas o privadas	
		☐ Copia acto de reconocimiento institucional emitido por el Ministerio de Educación	
		Entidades sin ánimo de lucro	
		☐ Copia de registro vigente en Cámara de comercio.	
		☐ Hoja de información complementaria.	
		☐ Otros, especificar	
		14. ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.	
		15. ☐ Comprobante de pago por reivindicación de prioridad.	
		16. ☐ Comprobante de pago de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación.	
		17. ☒ Comprobante de pago por reivindicación adicional a 10.	

MÉTODO PARA ESTIMAR NÚMERO ATÓMICO EFECTIVO Y DENSIDAD
APARENTE DE MUESTRAS DE ROCAS USANDO PROYECCIÓN DE IMÁGENES
COMPUTARIZADAS DE RAYOS X DE ENERGÍA DUAL

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

5 La invención se refiere al campo de la física de rocas digital y específicamente a métodos para estimar el número atómico efectivo y/o densidad aparente de las muestras de rocas.

10 Las mediciones de densidad y número atómico efectivo de núcleos de pozo son valiosas para ingenieros de yacimientos. Las densidades de volumen dan una indicación de porosidad y el número atómico efectivo proporciona una indicación de mineralogía.

15 Hay un número de formas con las que se puede estimar la densidad y número atómico efectivo que incluyen:

 1. Las muestras físicas se pueden retirar del pozo y la densidad se puede medir al pesar la muestra, calculando su volumen y simplemente dividiendo el peso por volumen.

20 2. Las herramientas de registro de pozo se pueden usar para estimar la densidad y número atómico efectivo. Las técnicas de rayos gamma-gamma se usan para estimar la densidad y número atómico efectivo de la absorción de radiación de rayos gamma a medida que pasa a través de la roca en el pozo de perforación.

 3. Los escáneres CT de rayos X se pueden usar para estimar la densidad y el número atómico efectivo al medir la atenuación de rayos X en dos diferentes niveles de energía y

000002

luego usar las mediciones para calcular la densidad y el número atómico efectivo.

En la década de los años 70, los escáneres de tomografía computarizada de rayos X (escáneres CT) comienzan a usarse en
 5 proyección de imágenes médicas. En la década de los años 80, estos escáneres se aplicaron a muestras de rocas extraídas de los pozos de perforación (núcleos). Los escáneres CT tienen la ventaja de mayor resolución que los registros de rayos gamma y que no se afectan por condiciones ambientales como
 10 son registros de rayos gamma-gamma dentro del pozo. Además, los escáneres CT producen una distribución de 3-D de propiedades de las rocas en la muestra, mientras que los registros proporcionan únicamente una distribución de 1-D.

Wellington y Vinegar (Wellington, S.L. and Vinegar,
 15 H.J., "X-Ray Computerized Tomography," JOURNAL OF PETROLEUM TECHNOLOGY, 1987) revisaron el uso de escáneres CT en geofísica. La atenuación de rayos X depende sobre tanto la densidad de electrón (densidad aparente) como número atómico efectivo.

20

$$\mu = \rho \left(a + \frac{bZ^{3.6}}{E^{3.2}} \right)$$

(1)

donde μ es el coeficiente de atenuación de rayos X lineal

ρ es la densidad aparente

Z es el número atómico efectivo

E es la absorción fotoeléctrica

a y b son constantes.

Los escáneres CT médicos proporcionan volúmenes en 3-D

000003

de valores CT, que están en relación lineal con el coeficiente de atenuación, μ . El primer término en la ecuación (1) es significativo en altos niveles de energía de rayos X (por arriba de 100kv) mientras que el segundo término es significativo en bajos niveles de energía de rayos X (por debajo de 100kv). Una exploración de energía dual puede por lo tanto utilizarse para hacer estimaciones de tanto densidad aparente como número atómico efectivo. Considerar una exploración de energía dual, la ecuación (1) lleva a las siguientes ecuaciones:

$$\rho = A * CT_{\text{alto}} + B * CT_{\text{bajo}} + C \quad (2)$$

$$\rho Z_{\text{eff}}^{\alpha} = D * CT_{\text{alto}} + E * CT_{\text{bajo}} + F \quad (3)$$

donde ρ es la densidad del objeto,
 Z_{eff} es su número atómico efectivo,
 A, B, C, D, E, F son coeficientes,
 CT_{alto} y CT_{bajo} son valores CT de rayos X del objeto obtenido en energías alta y baja de los cuantos de rayos X,
 α es aproximadamente 3.8.

Tal como se indica, por ejemplo, por Siddiqui, A. y Khamees, A. A., "Dual-Energy CT-Scanning Applications in Rock Characterization," SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS, 2004, SPE 90520, estimar el número atómico efectivo y las distribuciones de densidad aparente en muestras de núcleo de rayos x de energía dual CT implica:

a) Adquirir la imagen CT de rayos X del objeto de destino junto con al menos tres objetos (objetos de

calibración) con densidad conocida y número atómico efectivo conocido. En el caso de núcleos, el eje del núcleo se alinea con el eje Z de la imagen (ver Figura 1).

5 b) Grabar los valores CT de energía baja/alta de los objetos de calibración y el objeto de destino y promediándolos en cada objeto y/o en cada sección XY de cada objeto.

10 c) Usar las propiedades conocidas de los objetos de calibración y sus valores CT de energía baja/alta, resolver el sistema de las ecuaciones (2,3) para los coeficientes A, B, C, D, E, F.

15 d) Usar los valores CT alto y bajo del objeto de destino y coeficientes de la Etapa c), calcular la densidad del objeto de destino y el número atómico efectivo de las ecuaciones (2, 3).

e) Calcular los registros de densidad y número atómico efectivo al promediar los valores de densidad y número atómico efectivo en cada sección X-Y de exploración.

20 Típicamente, las etapas b) y c) se realizan para cada sección de la imagen CT paralela a la trayectoria de rayos X (por ejemplo, cada sección X-Y), y la etapa d) se realiza en cada punto (por ejemplo voxel) de la imagen 3-D, usando coeficientes determinados para la sección X-Y correspondiente.

El problema con este enfoque es que el modelo determinado por las ecuaciones (2,3) no tiene en cuenta todos los efectos implicados en el proceso de tomografía computarizada de rayos X. Como consecuencia, los valores de

000005

densidad obtenidos en la etapa d) y promediados sobre el objeto de destino no siempre igualan las densidades de objeto determinadas por la medición física directa, masa dividida por volumen. Un ejemplo usando el método tradicional para
5 estimar la densidad aparente y el número atómico efectivo para una muestra de lutita se muestra en la Figura 2 y las Figuras 3a-3b.

Las densidades calculadas son en su mayoría menos de lo medido, con el error que excede algunas veces el nivel
10 típicamente aceptable de 5%. No hay correlación visible entre valores de densidad medidos y calculados (coeficiente de correlación = -0.27).

Además, la relación entre el número atómico efectivo y los valores de densidad aparente calculados del método de
15 energía dual es muy frecuentemente difícil de explicar por los modelos aceptados de física de las rocas, que establecen que la densidad de la roca es, en general, incrementada con el incremento del número atómico efectivo. Ver, por ejemplo, la Figura 3a) muestra número atómico efectivo trazado frente
20 a los valores de densidad aparente para una muestra de lutita obtenida por medición directa, y exhibe en general un incremento en la densidad cuando el número atómico efectivo se incrementa. La tendencia en la Figura 3b), que visualiza el número atómico efectivo trazado frente a la densidad aparente promedio calculada muestra una tendencia casi opuesta. Este efecto se observó por Boyes (Boyes, J., "The Effect of Atomic Number and Mass Density on the Attenuation of X-rays," QUEEN'S HEALTH SCIENCES JOURNAL, 2003). Por otra

000006

parte, los errores del número atómico efectivo están dentro de límites aceptables. Un ejemplo de una coincidencia entre el número atómico efectivo obtenido de la composición mineral de la muestra y el número atómico efectivo estimado con el
5 método de energía dual se muestra en la Figura 4.

En consecuencia, los enfoques previos para estimar la densidad y/o número atómico efectivo de las muestras de rocas o núcleos de pozo han mostrado no ser lo suficientemente precisos para proporcionar la información adecuada a la
10 perforación e industria de recuperación de hidrocarburos. Hay una necesidad por métodos más precisos para estimar los números atómicos efectivos y las densidades de volumen de las muestras de rocas. Además, un método para estimar el número atómico efectivo y/o la densidad aparente de las muestras de
15 rocas necesita proporcionarse para superar uno o más de los problemas identificados anteriormente.

SUMARIO DE LA INVENCION

Un aspecto de la presente invención es proporcionar un
20 método mejorado para estimar el número atómico efectivo y la densidad aparente de las muestras de rocas usando proyección de imágenes computarizadas de rayos X.

Un aspecto adicional de la presente invención es proporcionar un método para reducir el error entre la densidad aparente como se mide en un laboratorio de física y la densidad aparente estimada al crear una corrección de error que es una función del número atómico efectivo.

Un aspecto adicional de la presente invención es generar

000007

las tendencias del número atómico efectivo y la densidad aparente estimada que son consistentes con la relación esperada entre el número atómico efectivo y la densidad aparente.

5 Los aspectos y ventajas adicionales de la presente invención se establecerán en parte en la descripción que sigue, y en parte serán evidentes de la descripción, o se pueden aprender por la práctica de la presente invención. Los objetivos y otras ventajas de la presente invención se
10 realizarán y alcanzarán por medio de los elementos y combinaciones particularmente señaladas en la descripción y reivindicaciones adjuntas.

Para alcanzar estas y otras ventajas, y de acuerdo con los propósitos de la presente invención, como se realiza y
15 describe ampliamente en la presente, la presente invención se refiere a un método para estimar el número atómico efectivo y/o la densidad aparente de un objeto de destino u objetos de destino. El objeto de destino puede ser un núcleo de pozo o muestra de rocas o cuerpo poroso u otro objeto que se puede
20 explorar usando un dispositivo de proyección de imágenes computarizadas de rayos X.

El método puede incluir estimar la densidad aparente y/o número atómico efectivo de un objeto de destino. El método puede implicar una o más de las siguientes etapas:

i. realizar una exploración, tal como una exploración CT de rayos x de energía dual, de dos o más objetos de referencia y tres o más objetos de calibración,

ii. obtener una relación funcional entre el error de

000008

densidad aparente y el número atómico efectivo usando valores de exploración, tal como valores CT, de los objetos de referencia y los objetos de calibración,

5 iii. realizar una exploración, tal como una exploración CT de rayos x de energía dual, del objeto de destino y los tres o más objetos de calibración,

iv. obtener densidad no corregida (por ejemplo, ρ^T_c) y el número atómico efectivo (por ejemplo, Z^T) para el objeto de destino,

10 v. obtener las correcciones de densidad aparente usando la relación funcional entre el error de densidad aparente y el número atómico efectivo de los objetos de referencia y el número atómico efectivo (por ejemplo, Z^T) para el objeto de destino, y

15 vi. obtener la densidad aparente corregida usando las correcciones de densidad aparente.

Además, la presente invención se refiere a un método para estimar la densidad aparente y/o número atómico efectivo de un objeto de destino que puede alcanzar un error de densidad menor que los métodos descritos en la técnica anterior. Los errores de densidad de 2% o menores entre la densidad calculada (por ejemplo, densidad aparente) y la densidad medida (por ejemplo, densidad aparente) se han observado en las muestras de núcleo.

20

La presente invención además se refiere a un método para estimar la densidad aparente de un objeto de destino tal que el coeficiente de correlación entre la densidad calculada y la densidad medida es mayor que los coeficientes de

correlación producidos por los métodos descritos en la técnica anterior. Los coeficientes de correlación en las muestras de núcleo se han observado al menos 0.7 y mayor, tal como 0.87 o más.

5 Es de entenderse que tanto la descripción general anterior y la siguiente descripción detallada son ejemplares y explicativas únicamente y están destinadas para proporcionar una explicación adicional de la presente invención, como se reivindica.

10 Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta solicitud, ilustran aspectos de la presente invención y junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la presente invención.

15 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La Figura 1 es una vista en perspectiva de una muestra de núcleo y el sistema de coordenadas usado para hacer referencia al núcleo.

20 La Figura 2 es una gráfica que muestra una comparación típica de densidades de núcleo de lutita medidas directamente y calculadas con el enfoque de energía dual.

Las Figuras 3a y 3b son gráficas que muestran los gráficos transversales del número atómico efectivo (Z_{eff}) frente a lo medido (a) y calculado por densidades de volumen del método convencional (b).

La Figura 4 es una gráfica que muestra una comparación entre el número atómico efectivo obtenido de mineralogía de diversos ejemplos de muestras de rocas de piedra arenisca,

000010

piedra caliza, y dolomita y el número atómico efectivo de las mismas muestras calculadas con el enfoque de energía dual.

La Figura 5 es una gráfica que muestra la densidad estimada de los rayos x de la energía dual CT usando el método propuesto (densidad corregida) frente a densidad medida.

Las Figuras 6a y 6b son gráficas que muestran una comparación de tendencias Zeff/densidad por densidad aparente medida (a) y densidad calculada con el método de la presente invención (b).

La Figura 7 es un dibujo pictórico (no a escala) de un ejemplo de la configuración del objeto de referencia u objeto de destino en asociación con los objetos de calibración y bandeja del escáner.

La Figura 8 es un diagrama de flujo que muestra diversos métodos para calcular valores promedio de la densidad aparente y el número atómico efectivo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a métodos para estimar la densidad aparente y/o el número atómico efectivo de un objeto de destino. El objeto de destino puede ser una muestra de rocas, o muestra de núcleo de pozo, o cuerpo poroso, o cualquier otro objeto que requiere una estimación de densidad aparente y/o número atómico efectivo. El objeto de destino es generalmente un sólido. El objeto de destino podría ser un líquido o contener un líquido. El objeto de destino puede ser un objeto recibido de un sitio de perforación, sitio de

000011

perforación propuesto, sitio subterráneo, o sitio por arriba del suelo, o cualquier otra ubicación en donde una muestra se puede recuperar y en donde la densidad aparente y/o el número atómico efectivo necesita estimarse. Una serie de dos o más
5 objetos de destino se pueden procesar en los métodos de la presente invención.

El método para estimar la densidad aparente y/o el número atómico efectivo de un objeto de destino puede implicar una o más de las siguientes etapas que se pueden
10 realizar una vez o múltiples veces:

i. realizar una exploración (tal como una exploración CT de rayos x de energía dual) de dos o más objetos de referencia y tres o más objetos de calibración,

ii. obtener una relación funcional entre error de
15 densidad aparente y número atómico efectivo usando valores de exploración (por ejemplo, valores CT) de los objetos de referencia y los objetos de calibración,

iii. realizar una exploración (tal como una exploración CT de rayos x de energía dual) del objeto de destino y los
20 tres o más objetos de calibración,

iv. obtener la densidad no corregida (por ejemplo, ρ^T_c) y el número atómico efectivo (por ejemplo, Z^T) para el objeto de destino,

v. obtener correcciones de densidad aparente usando la relación funcional entre el error de densidad aparente y el número atómico efectivo, y el número atómico efectivo, Z^T , para el objeto de destino, y

vi. obtener la densidad aparente corregida usando las

correcciones de densidad aparente.

La descripción abajo usa una muestra de núcleo de pozo completa (por ejemplo núcleo entero o núcleo redondo) como un ejemplo del objeto de destino, pero es de entenderse que los métodos descritos en la presente no aplican únicamente a muestras de núcleo entero sino a núcleos de bloque, núcleos cortados o rebanados, muestras de rocas generalmente y a cuerpos porosos en general y, como se indicó arriba, a objetos de destino en general.

La raíz del problema descrito está en la simplicidad del modelo expresado por las ecuaciones (2,3). Este modelo no toma en cuenta la naturaleza policromática de la energía de rayos X en los escáneres médicos usados para explorar muestras de rocas tal como núcleos enteros usando Exploración CT de rayos X. En realidad, la presencia del núcleo dentro del escáner cambia no únicamente la intensidad de los rayos X (que está en general compensada por los algoritmos de reconstrucción CT), sino también su espectro. El cambio del espectro está más fuertemente afectado por el número atómico efectivo del núcleo. El efecto también puede cambiar con el tamaño del núcleo (diámetro), el tamaño, y ubicación de objetos de calibración, y otros elementos en el escáner que incluyen la vida del escáner.

La presente invención es única en que utiliza la observación de que el cambio del espectro está más fuertemente afectado por el número atómico efectivo del núcleo y luego correlacionar el error en los valores de densidad de núcleo calculado promedio con número atómico

000013

efectivo calculado promedio del núcleo, y aplicar la corrección de error a todos los pares de densidad calculada/número atómico efectivo. Esto produce el resultado inesperado de que los valores estimados de densidad aparente calculada promedio son bien correlacionados con la densidad aparente medida, y la tendencia de la densidad aparente estimada y el número atómico efectivo emparejan las tendencias observadas en experimentos de laboratorio.

La presente invención tiene la capacidad para mejorar la estimación de la densidad aparente de un objeto de destino tal que la densidad aparente calculada es más cercana a la densidad medida del mismo objeto de destino usando el método descrito en la técnica anterior. Esto se considera el error de densidad (entre la densidad aparente calculada y la densidad aparente medida). Los errores de densidad de menos de 10%, menos de 5%, menos de 2% e inferior se han observado. Este error de densidad puede ser la diferencia entre el promedio de densidades calculadas y densidades medidas del objeto de destino y/o puede ser con base en cada punto individual o exploración. La presente invención puede proporcionar un coeficiente de correlación (entre la densidad calculada y la densidad medida) de al menos 0.7. Una correlación perfecta entre la densidad calculada y la densidad medida del mismo objeto de destino podría ser 1.0. El coeficiente de correlación entre la densidad calculada y la densidad medida puede ser al menos 0.75, al menos 0.8, al menos 0.85, al menos 0.9, al menos 0.925, al menos 0.95, o mayor. Esto nuevamente puede ser un promedio de lecturas y/o

000014

con base en cada punto individual/lectura o exploración. El coeficiente de correlación puede ser determinado como sigue:

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{S_X} \right) \left(\frac{Y_i - \bar{Y}}{S_Y} \right)$$

5

donde

n = número de muestras

$\bar{X}$ y $\bar{Y}$ son medias de la muestra

s = desviación estándar.

Con respecto a los dos o más objetos de referencia, estos objetos pueden ser muestras de rocas, muestras de núcleo de pozo, muestras de núcleo de pozo parcial, u otros objetos que tienen una densidad conocida de volumen. Cada uno de los objetos de referencia tiene un diferente número atómico efectivo y/o densidad aparente el uno del otro. Con respecto a los tres o más objetos de calibración, estos objetos pueden ser materiales líquidos o sólidos tal como polímeros, metales, minerales o compuestos químicos. Cada uno de los objetos de calibración tiene un diferente número atómico efectivo y/o densidad aparente de cada uno de los otros objetos de calibración.

Con respecto a la exploración de los objetos implicados en el método de la presente invención, la exploración se puede realizar usando un escáner, tal como un escáner de energía dual (por ejemplo, un escáner CT de rayos X de energía dual). Un dispositivo que se puede usar que está comercialmente disponible es un Escáner CereTom™. El escáner por sí mismo puede moverse para explorar e objeto de destino, objetos de referencia, y objetos de calibración. En la

alternativa, los objetos que se exploran pueden moverse a través de un escáner estacionario. Cualquier opción es posible. Con respecto a la configuración de objetos, la Figura 7 muestra un ejemplo de tal configuración. La configuración general de objetos, 10 se muestra. El objeto de referencia 12 u objeto de destino 14 se puede ubicar en una bandeja 16, por ejemplo, una bandeja de madera, que tiene el lado izquierdo y lado derecho. El objeto de referencia u objeto de destino puede reposar sobre esta bandeja. Además, los tres objetos de calibración, 17a, 17b, y 17c, pueden ser ubicados adyacentes al objeto de referencia 12 u objeto de destino 14 en cualquier configuración. Los objetos de calibración 17a-17c pueden estar en contacto con el objeto de destino 14 u objeto de referencia 12 o puede haber cualquier cantidad de espacio entre los objetos de calibración y los objetos de referencia u objeto de destino. Los objetos de calibración 17a-17c se pueden enlazar o de otra manera sujetar en su lugar por la bandeja 16. En el ejemplo, los tres objetos de calibración son cuarzo (17a), Teflón (17b), y agua (17c), que está dentro de un tubo de vidrio. Los tres objetos de calibración pueden rodear el objeto de referencia u objeto de destino en una forma hacia la derecha alrededor del objeto de referencia u objeto de destino. En la alternativa, los objetos de calibración pueden tener cualquier relación espacial al objeto de referencia u objeto de destino. Por lo tanto, los objetos de calibración pueden rodear el objeto de destino u objeto de referencia o estar en un lado del objeto de destino u objeto de referencia, o en

cualquier otra configuración.

Generalmente, un objeto de referencia o el objeto de destino se exploran a la vez. Como una opción, el objeto de destino, junto con uno o más objetos de referencia o diversos
5 objetos de referencia, se pueden explorar al mismo tiempo en serie al colocarlo de forma secuencial en serie en la bandeja. Los objetos de referencia y/u objeto de destino se pueden colocar en un soporte, tal como un soporte de metal (por ejemplo, un tubo circular) que reposa en la bandeja.
10 Como se muestra en la Figura 7, el tubo circular 18 puede contener el objeto de referencia u objeto de destino y puede reposar sobre la bandeja 16. Los ejemplos de materiales que se pueden usar incluyen, pero no se limitan a, aluminio, aleaciones de aluminio, plásticas y similares. No hay
15 criticidad con respecto a la configuración del objeto de referencia, objeto de destino, objetos de calibración, o componentes opcionales adicionales que se usan para sujetar estos diversos objetos. Sin embargo, la configuración de todos los objetos durante la exploración de los objetos de
20 destino debe ser la misma como la configuración durante la exploración de los objetos de referencia. El espaciamiento entre los tres o más objetos de calibración puede ser cualquier distancia, por ejemplo, puede haber un espacio desde 0.1 cm hasta 10 cm, por ejemplo, 1 cm hasta 5 cm, y similares, de cada objeto de calibración.

Con respecto a los objetos de calibración, los objetos de calibración pueden ser diferentes o los mismos con respecto a tamaño y/o forma el uno al otro. Los objetos de

000017

calibración tienen suficientes voxeles en cada sección transversal de cada objeto de calibración para promediado eficiente de los valores explorados. Por ejemplo, cada objeto de calibración puede tener 300 voxeles por sección que se
5 explora o más, tal como 300 voxeles hasta alrededor de 1000 voxeles por sección explorada o más. Ejemplos más específicos incluyen desde 400 voxeles hasta 500 voxeles o 400 voxeles hasta 1000 voxeles, o 600 voxeles hasta 1000 voxeles por sección explorada. Los objetos de calibración, como se
10 estableció, pueden tener cualquier forma o tamaño y, por ejemplo, pueden ser circulares, semi-circulares, rectangulares, o tener otras formas geométricas. Por ejemplo, el diámetro, si el objeto de calibración es semi-circular o circular puede ser desde 1 hasta 5 cm, por ejemplo, desde 2
15 hasta 4 cm.

Además, cada objeto de calibración puede variar en la forma y/o tamaño el uno del otro. Preferiblemente, el objeto de calibración tiene un tamaño y forma uniforme y, más preferiblemente, los objetos de calibración cada uno tienen
20 un tamaño y forma similar, pero esto no se requiere. Los objetos de calibración deben tener suficiente longitud de modo que el objeto de calibración es siempre parte de cualquier exploración de los objetos de referencia y/o el objeto de destino. En consecuencia, para propósitos de la presente invención, los objetos de calibración tienen una longitud que es igual a o mayor que la longitud del objeto de referencia y la longitud del objeto de destino.

Generalmente, los objetos de calibración preferidos se

seleccionan con objeto de abarcar el número atómico efectivo esperado del objeto de destino. Por lo tanto, uno o más de los objetos de calibración puede ser una especie de "punto final," de modo que el número atómico efectivo esperado del
5 objeto de destino puede caer en entre uno o más número atómico efectivo de los objetos de calibración. Generalmente, aunque no se requiere, cada objeto de calibración tendrá un número atómico efectivo y/o densidad aparente que es al menos 10% diferente el uno del otro.

10 Los ejemplos de los materiales del objeto de calibración incluyen, pero no se limitan a, agua (que se puede colocar en un tubo de vidrio), vidrio, cuarzo, Teflón, otros materiales poliméricos, otros materiales basados en mineral, otros
15 materiales basados en líquido, y similares. Siempre que la densidad y número atómico efectivo del objeto de calibración se conoce y los objetos de calibración no incluyen elementos en los cuales la relación de peso atómico a número atómico es mayor que alrededor de 2.1, los objetos pueden servir como
20 objetos de calibración en los métodos presentes. Los objetos de calibración debe ser homogénea en el nivel de resolución de la exploración, que típicamente es menos de 0.2 mm. Como un ejemplo adicional, los objetos de calibración son materiales homogéneos en un nivel de resolución desde 0.2 mm o menos, tal como 0.1 mm o menos, o 0.05 mm o menos, tal como 0.01 hasta 0.1 mm, o 0.001 mm hasta 0.1 mm.

Cuando un método para estimar la densidad aparente y el número atómico efectivo de un objeto de destino se hace, los mismos objetos de calibración se usan durante la exploración

000019

de los objetos de referencia y el objeto de destino.

Con respecto a los objetos de referencia, los objetos de referencia generalmente tienen la misma o similar sección transversal en el tamaño y forma el uno al otro. Además, los
5 objetos de referencia tienen similar o la misma sección transversal en el tamaño y forma al objeto de destino, y se colocan en el mismo o similar porta objeto, si cualquiera se usa para el objeto de destino. Por ejemplo, si el objeto de destino es redondo, entonces el objeto de referencia debe ser
10 redondo o aproximadamente redondo con una misma área en sección transversal o similar área en sección transversal. Como un ejemplo adicional, los objetos de referencia y objeto de destino deben tener un área en sección transversal que está dentro de alrededor de 10% el uno del otro, dentro de 5%
15 el uno del otro, dentro de 1% el uno del otro, o dentro de 0.5% el uno del otro. Como se indicó arriba, los objetos de referencia y el objeto de destino no necesitan ser similares en tamaño o forma a los objetos de calibración. Los ejemplos de objetos de referencia incluyen, pero no se limitan a,
20 cualquier objeto que tiene una densidad conocida de volumen, tal como Piedra Arenisca Berea. Con respecto al objeto de referencia, únicamente la densidad aparente necesita conocerse con respecto a cada objeto de referencia. Como una opción, el número atómico efectivo de uno o más de los objetos de referencia también puede ser conocido.

Los objetos de referencia pueden ser circulares, semi-circulares, rectangulares, o tienen otras formas geométricas. Por ejemplo, en el caso de objetos cilíndricos, los objetos

000020

de referencia y objetos de destino pueden tener un diámetro desde 5 cm hasta 15 cm, y pueden ser de cualquier longitud, tal como desde 50 cm hasta 500 cm o más largo, por ejemplo, 1 hasta 200 cm en longitud.

- 5 La realización de la exploración CT de rayos X de energía dual de los dos o más objetos de referencia y tres o más objetos de calibración puede ocurrir en la misma exploración CT o puede ocurrir en múltiples exploraciones. Generalmente, el mismo dispositivo de exploración CT con los
- 10 mismos ajustes se usa si múltiples exploraciones se usan. Los ejemplos de obtener o determinar la relación funcional entre el error de densidad aparente y el número atómico efectivo de los valores CT de la exploración CT para los objetos de referencia y objetos de calibración se ejemplifican abajo.
- 15 Otras relaciones funcionales usando similares enfoques calculados se pueden realizar.

Es posible realizar la exploración CT para el objeto de destino y los objetos de referencia en una exploración CT combinada o en múltiples exploraciones CT usando cualquier

20 combinación de objetos a explorarse con la restricción que los objetos de calibración se deben presentar en todas las exploraciones. La obtención de la densidad no corregida y el número atómico efectivo para el objeto de destino y la obtención de las correcciones de densidad aparente se ejemplifican abajo. Otros cálculos y determinaciones se pueden usar, también.

La presente invención se refiere a un método para estimar la densidad aparente y/o el número atómico efectivo

000021

de un objeto de destino. Este método de estimación implica el uso de un escáner (por ejemplo, escáner CT de rayos X de energía dual) y las determinaciones relacionadas se pueden realizar por programas que se presentan en uno o más dispositivos de computadora o se pueden instalar dentro del escáner (por ejemplo, escáner CT) en sí mismo. Para propósitos de la presente invención, las diversas etapas de obtener la relación funcional se pueden realizar en uno o más programas de computadora y almacenar en una computadora o disco duro separado u otro dispositivo de memoria. Es de entenderse que los métodos de la presente invención se consideran parte de la presente invención, así como los resultados de realizar el método, incluyendo la densidad aparente corregida y los valores de corrección de densidad aparente obtenidos. En consecuencia, la presente invención se refiere a computadoras, dispositivos de memoria que contienen los programas que permiten al método estimar la densidad aparente y/o el número atómico efectivo.

La correlación entre los errores de valores de densidad y el número atómico efectivo calculado puede ser diferente para diferentes escáneres, tamaño de objeto de destino y ubicación dentro del escáner, posición relativa de los objetos de calibración y la muestra, pero es independiente de las otras propiedades de los objetos de destino y de referencia tal como composición química, porosidad y contenido de fluido, ya que estos están completamente representados por la densidad y número atómico efectivo del objeto. La correlación entre los errores de valores de

000022

densidad y el número atómico efectivo calculado puede tomar muchas formas tal como lineales, polinómicas, exponenciales y otras. Dos ejemplos de la correlación son los siguientes:

1. Correlación lineal de errores absolutos de la
5 densidad con número atómico efectivo, y

2. Correlación lineal de errores relativos de la densidad con el número atómico efectivo.

Aquellos expertos en la técnica reconocerán que los métodos descritos en la presente son adecuados para otros
10 tipos de correlaciones entre errores en valores de densidad y número atómico efectivo.

El error relativo, ε , de los valores de densidad promediados se puede expresar como una función lineal del número atómico efectivo:

15
$$\varepsilon = aZ + b \quad (4)$$

donde $\varepsilon = \frac{(\rho_c - \rho_0)}{\rho_0}$ = el error relativo de densidad promedio,

ρ_c es la densidad promedio calculada por el método de
20 energía dual,

ρ_0 es la densidad medida de la muestra de rocas,

Z = número atómico efectivo,

a y b son constantes.

Una vez que la correlación se establece para una determinada configuración de exploración (escáner, tamaño del núcleo y ubicación, barril de núcleo, etc.), esto se usa para corregir los valores de densidad al predecir el error relativo de los valores Z del objeto de destino al usar la

ecuación 4, y luego calcular la densidad verdadera, ρ'_c , como

$$\rho'_c = \frac{\rho_c}{1+\varepsilon} \quad (5).$$

El error absoluto, δ , de los valores de densidad promediados se puede expresar como una función lineal del número atómico efectivo:

$$\delta = cZ + d \quad (6)$$

donde $\delta = \rho_c - \rho_0$ = el error absoluto de la densidad,

ρ_c es la densidad promedio calculada por método de energía dual,

ρ_0 es la densidad medida de la muestra de rocas,

Z = número atómico efectivo,

c y d son constantes.

Una vez que la correlación se establece para una determinada configuración de exploración (escáner, tamaño del núcleo y ubicación, barril de núcleo, etc.), esto se usa para corregir los valores de densidad al predecir el error relativo de los valores Z del núcleo al usar la ecuación (6), y luego calcular la densidad verdadera como

$$\rho'_c = \rho_c - \delta \quad (7).$$

Ambas de estas correlaciones y, opcionalmente, otras correlaciones se pueden determinar. Como una opción, se puede seleccionar con base en la minimización del error de densidad después de aplicar la corrección. La corrección de densidad se puede aplicar a cada vóxel en la imagen 3D, al promedio de los voxeles en cada plano X-Y, el promedio de todos los voxeles en la muestra completa, u otras submuestras de la

000024

muestra entera.

La presente invención es aplicable en casos donde las distribuciones de la densidad y los valores de número atómico efectivo se obtienen en cada una de una pluralidad de muestras o en cada una de una pluralidad de ubicaciones dentro de una muestra, tal como núcleos de geometría similar (forma y tamaño de la sección transversal).

El método mejorado para estimar la densidad y el número atómico efectivo de una muestra de objeto de destino puede comprender las siguientes etapas (etapas I y II se pueden realizar en cualquier orden):

I. Calcular una relación funcional entre el error de densidad aparente y el número atómico efectivo como sigue:

i. Adquirir un conjunto de al menos cinco objetos con densidad conocida. Al menos dos de estos objetos conocidos coinciden con la geometría de exploración (tamaño de objeto de destino) y se designan como los objetos de referencia y tienen diferentes densidades y composición química. Al menos tres de los cinco objetos se designan como objetos de calibración, y generalmente son homogéneos y hechos de materiales con conocidos y diferentes densidades y números atómicos efectivos. Los objetos de calibración deben ser al menos siempre que los objetos de referencia y objetos de destino de tal forma que los objetos de calibración están siempre en el campo de los rayos X cuando el objeto de destino u objetos de referencia están en el campo de los rayos X. Los objetos de referencia, como se usan aquí, pueden referirse a núcleos enteros, fragmentos de núcleos enteros, u

000025

objetos fabricados para este propósito. La densidad y los valores de número atómico efectivo de los objetos de referencia deben cubrir el intervalo esperado de las densidades y números atómicos efectivos en el objeto de destino bajo investigación.

ii. Calcular la densidad no corregida, ρ_c^R y el número atómico efectivo, Z^R , para los objetos de referencia como sigue.

a. Los objetos de referencia y objetos de calibración se proyectan simultáneamente en un escáner CT de rayos X, tal como una exploración CereTom GEO modelo número NL3100, exploración CereTom OTO modelo número NL3100, o un escáner CT de rayos similares.

b. Grabar el valor CT alto, CTH_v^R , y valor CT bajo, CTL_v^R , para cada vóxel en los objetos de referencia. En el caso de núcleos, el eje del núcleo se alinea con el eje Z de la imagen (ver Figura 1).

c. Grabar el valor CT alto, CTH , y el valor CT bajo, CTL , para cada vóxel de cada uno de los objetos de calibración, CTH_v^C y CTL_v^C , y hacer un promedio de ellos sobre todos de los voxeles en cada plano X-Y de cada uno de los objetos de calibración, CTH_{X-Y}^C y CTL_{X-Y}^C .

d. Usar la densidad aparente conocida, ρ_0^C , y el número atómico efectivo, Z_0^C , de al menos tres de los objetos de calibración y sus respectivos valores CT, CTH_{X-Y}^C y CTL_{X-Y}^C , para resolver el sistema de ecuaciones (8,9)

$$\rho_0^C = A * CTH_{X-Y}^C + B * CTL_{X-Y}^C + C \quad (8)$$

000026

$$\rho_0^C (Z_0^C)^\alpha = D * CTH_{X-Y}^C + E * CTL_{X-Y}^C + F \quad (9)$$

para coeficientes A, B, C, D, E, F. El valor del exponente α puede ser 2.98, 3.6, 3.8, 4.0 u otros valores. Para las muestras de rocas un valor de $\alpha = 3.8$ se prefiere. Si el sistema de ecuaciones se sobre-especifica, mínimos cuadrados u otro método se puede usar para determinar los mejores u óptimos valores de los coeficientes A, B, C, D, E, F.

e. Usar valores CTH_v^R y CTL_v^R de los objetos de referencia y coeficientes (A, B, C, D, E, F) de la etapa I-ii-d anterior, calcular la densidad de los objetos de referencia y el número atómico efectivo para cada vóxel en los objetos de referencia, ρ_v^R y Z_v^R , de las ecuaciones (10,11)

$$\rho_v^R = A * CTH_v^R + B * CTL_v^R + C \quad (10)$$

$$\rho_v^R (Z_v^R)^\alpha = D * CTH_v^R + E * CTL_v^R + F \quad (11).$$

iii. Para cada objeto de referencia, n, promedia los valores de ρ_v^R y Z_v^R . Los promedios, ρ_{avg}^R y Z_{avg}^R , se calculan. Lo que se promedia se puede realizar sobre el volumen completo del objeto de referencia, o sobre una porción seleccionada de esto, libre de los efectos del contorno de la exploración. El método preferido es para promediar los valores CT para cada corte en el objeto de referencia, n, y luego calcular la densidad aparente y el número atómico efectivo para cada corte directamente de los valores CT promedio, y luego promediar la densidad y el número atómico efectivo de las cortes.

000027

iv. Para cada objeto de referencia, n , mide su masa y volumen y calcula la densidad aparente promedio medida, ρ_0^R , como una relación de masa sobre volumen.

5 v. Para cada objeto de referencia, n , calcula el error absoluto en la densidad, δ y el error relativo en la densidad, ε , de

$$\delta = \rho_{avg}^R - \rho_0^R \quad (12)$$

$$\varepsilon = \frac{\rho_{avg}^R - \rho_0^R}{\rho_0^R} \quad (13).$$

10 vi. Determinar una relación funcional entre ε y el número atómico efectivo, Z , al resolver el siguiente sistema de ecuaciones (14) para a y b

$$\varepsilon(1) = a * Z_{avg}^R(1) + b \quad (14a)$$

$$\varepsilon(2) = a * Z_{avg}^R(2) + b \quad (14b)$$

15
$$\varepsilon(n) = a * Z_{avg}^R(n) + b \quad (14c)$$

donde $\varepsilon(n)$ error relativo de la densidad para objeto de referencia n ,

20 $Z_{avg}^R(n)$ = número atómico efectivo promedio calculado para objeto de referencia n ,

a y b son constantes.

Si el sistema de ecuaciones (14) se sobre-especifica, mínimos cuadrados u otro método se puede usar para determinar los mejores u óptimos valores de los coeficientes a y b .

vii. Determinar una relación funcional entre δ y el número atómico efectivo, Z , al resolver el siguiente sistema de ecuaciones (15) para a y b

$$\delta(1) = c * Z_{avg}^R(1) + d \quad (15a)$$

000028

$$\delta(2) = c * Z_{avg}^R(2) + d \quad (15b)$$

$$\delta(n) = c * Z_{avg}^R(n) + d \quad (15c)$$

donde $\delta(n)$ = error relativo de densidad para objeto de referencia n ,

$Z_{avg}^R(n)$ = número atómico efectivo promedio calculado para objeto de referencia n ,

a y b son constantes.

Si el sistema de ecuaciones (15) se sobre-especifica, se puede usar mínimos cuadrados u otro método para determinar los mejores u óptimos valores de los coeficientes c y d .

II. Calcular la densidad no corregida, ρ_C^T , y número atómico efectivo, Z^T , para el objeto de destino como sigue:

i. El objeto de destino y los objetos de calibración se proyectan simultáneamente en un escáner CT de rayos X, tal como exploración CereTom™ GEO modelo número NL3100, exploración CereTom™ OTO modelo número NL3100, o un escáner CT de rayos similares usando la misma configuración geométrica de objetos como en la etapa I.ii.a anterior. Los objetos de calibración usados aquí son los mismos objetos de calibración como se usan en I-i anterior. En el caso de núcleos, el eje del núcleo se alinea con el eje Z de la imagen (ver Figura 1).

ii. Grabar el valor CT alto, CTH_v^T , y valor CT bajo, CTL_v^T , para cada vóxel en el objeto de destino. En el caso de núcleos, el eje del núcleo se alinea con el eje Z de la imagen (ver Figura 1).

iii. Grabar el valor CT alto, CTH_v^C , y el valor CT bajo,

CTL_v^C , para cada vóxel de cada uno de los objetos de calibración y promedio de ellos sobre todos de los voxels en cada plano X-Y de cada uno de los objetos de calibración, CTH_{X-Y}^C y CTL_{X-Y}^C .

5

iv. Usar la densidad aparente conocida, ρ_0^C , y número atómico efectivo, Z_0^C , de los objetos de calibración y los valores CT CTH_{X-Y}^C y CTL_{X-Y}^C para resolver el sistema de ecuaciones (16, 17) en cada plano X-Y de la exploración:

10

$$\rho_0^C = G * CTH_{X-Y}^C + H * CTL_{X-Y}^C + J \quad (16)$$

$$\rho_0^C (Z_0^C)^a = K * CTH_{X-Y}^C + L * CTL_{X-Y}^C + M \quad (17)$$

15

para coeficientes G, H, J, K, L, M. Si el sistema de ecuaciones se sobre-especifica, se puede usar mínimos cuadrados u otro método para determinar los mejores u óptimos valores de los coeficientes G, H, J, K, L, M.

20

v. Usar valores CT del objeto de destino, CTH_v^T , y CTL_v^T , y coeficientes (G, H, J, K, L, M) desde la etapa II-iv anterior, para calcular la densidad del objeto de destino, ρ_v^T , y número atómico efectivo, Z_v^T , para cada vóxel en el objeto de destino, desde las ecuaciones (18, 19):

$$\rho_v^T = G * CTH_v^T + H * CTL_v^T + J \quad (18)$$

$$\rho_v^T (Z_v^T)^a = D * CTH_v^T + E * CTL_v^T + F \quad (19)$$

III. Para cada vóxel en el objeto de destino, calcular el error relativo en la densidad, ε_v^T , desde la ecuación (20)

$$\varepsilon_v^T = a * Z_v^T + b \quad (20)$$

donde a y b son coeficientes calculados desde la etapa I-vi anterior.

000030

IV. Para cada vóxel en el objeto de destino, calcular el error absoluto en la densidad, δ_v^T , desde ecuación (21)

$$\delta_v^T = c * Z_v^T + d \quad (21)$$

donde c y d son coeficientes calculados desde la etapa I-vii anterior.

V. Calcular valores de densidad aparente corregidos, $\rho_v^{T\epsilon}$, al aplicar los factores de corrección de error relativos, ϵ_v^T , a los valores de densidad calculados, ρ_v^T , usando la ecuación (22):

$$\rho_v^{T\epsilon} = \frac{\rho_v^T}{1 + \epsilon_v^T} \quad (22).$$

VI. Calcular los valores de densidad aparente corregidos, $\rho_v^{T\delta}$, al aplicar los factores de corrección de error absolutos, δ_v^T , a los valores de densidad calculados, ρ_v^T , usando la ecuación (23):

$$\rho_v^{T\delta} = \rho_v^T - \delta_v^T \quad (23).$$

VII. Ya sea $\rho_v^{T\epsilon}$ o $\rho_v^{T\delta}$ se pueden usar como una estimación mejorada de densidad aparente con base en elegir el modelo determinado el menos error promedio en la densidad aparente.

VIII. Opcionalmente, ya sea $\rho_v^{T\epsilon}$ o $\rho_v^{T\delta}$ puede ser promediado sobre los voxeles en cada plano X-Y del objeto de destino para producir un registro de densidad aparente.

IX. Opcionalmente, Z_v^T se puede promediar sobre los voxeles en cada plano X-Y del objeto de destino para producir un registro de número atómico efectivo.

X. Opcionalmente, ya sea $\rho_v^{T\epsilon}$ o $\rho_v^{T\delta}$ se puede promediar sobre todos los voxeles en el objeto de destino entero para

000031

producir una densidad aparente promedio para el objeto de destino entero.

XI. Opcionalmente, tanto $\rho_{T\epsilon}^{Te}$ como $\rho_{T\delta}^{T\delta}$ se pueden promediar usando promedios simples o ponderados para producir registros de densidad o valores de densidad aparente promedio.

XII. Opcionalmente, calcular la desviación estándar, σ_{ϵ} , de las diferencias entre la densidad aparente calculada corregida promedio usando corrección de error relativa y la densidad aparente físicamente medida promedio, $\rho_{avg}^{Re} - \rho_{\delta}^R$, para cada objeto de referencia. Calcular la desviación estándar, σ_{δ} , de las diferencias entre la densidad aparente calculada corregida promedio usando corrección de error absoluta y la densidad aparente físicamente medida promedio, $\rho_{avg}^{Ra} - \rho_{\delta}^R$, para cada objeto de referencia. El método de corrección, absoluta o relativa, con la desviación estándar más baja, σ_{ϵ} o σ_{δ} , se usa para estimar la densidad aparente corregida del objeto de destino.

Hay diversos métodos opcionales que se pueden aplicar para calcular la densidad aparente promedio corregida y el número atómico efectivo promedio para cada corte en un objeto de destino (núcleo) o para el objeto de destino entero (núcleo). Promediar se puede realizar en el nivel de valores CT, densidad aparente no corregida o densidad corregida para estimar la densidad aparente promedio corregida. Similarmente, promediar se puede realizar en el nivel de valores CT o número atómico efectivo para estimar el número

000032

atómico efectivo promedio. La Figura 8 muestra estas opciones esquemáticamente.

La presente invención incluye los siguientes aspectos/modalidades/aspectos en cualquier orden y/o en
5 cualquier combinación:

1. La presente invención se refiere a un método para estimar la densidad aparente y/o el número atómico efectivo de al menos un objeto de destino que comprende:

i. realizar una exploración de dos o más objetos de
10 referencia tres o más objetos de calibración,

ii. obtener una relación funcional entre el error de densidad aparente y el número atómico efectivo usando valores de exploración de los objetos de referencia y los objetos de calibración,

15 iii. realizar una exploración del objeto de destino y los tres o más objetos de calibración,

iv. obtener densidad no corregida y el número atómico efectivo para el objeto de destino,

v. obtener correcciones de densidad aparente usando la
20 relación funcional entre error de densidad aparente y número atómico efectivo de los objetos de referencia, y el número atómico efectivo para el objeto de destino, y

vi. obtener la densidad aparente corregida usando las correcciones de densidad aparente.

2. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde el objeto de destino es un cuerpo poroso.

3. El método de acuerdo con cualquier

000033

modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde el objeto de destino es una muestra de rocas.

4. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde el
5 objeto de destino es un núcleo de pozo.

5. Un método para estimar la densidad aparente de un objeto de destino que comprende determinar una función de error de densidad aparente de un conjunto de objetos con la densidad aparente conocida y/o el número atómico efectivo y
10 luego usando la función de error de densidad aparente para ajustar la estimación no corregida de densidad aparente de un objeto con densidad aparente desconocida y número atómico.

6. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde
15 tal objeto de destino es un sólido.

7. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde el objeto de destino es un líquido o comprende un líquido.

8. El método de acuerdo con cualquier
20 modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tal objeto de destino se obtiene de un sitio de perforación, sitio de perforación propuesto, sitio subterráneo, o sitio por arriba del suelo.

9. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tal exploración es una exploración CT.

10. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde

000034

tal exploración es una exploración CT de rayos X de energía dual.

11. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde
5 tales dos o más objetos de referencia son muestras de rocas, muestras de núcleo de pozo, muestras de núcleo de pozo parcial, u otros objetos que tienen una densidad aparente conocida.

12. El método de acuerdo con cualquier
10 modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales tres o más objetos de calibración tienen un diferente número atómico efectivo y/o densidad aparente el uno del otro.

13. El método de acuerdo con cualquier
15 modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde al menos uno de los tres o más objetos de calibración comprende un líquido.

14. El método de acuerdo con cualquier
20 modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde al menos uno de los tres o más objetos de calibración comprende un sólido.

15. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde al menos uno de tales tres o más objetos de calibración es un material mineral, un material de polímero, o una solución acuosa.

16. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde

000035

tales objetos de calibración son cuarzo, Teflón, y agua.

17. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tal exploración se realiza con un escáner, en donde tal
5 escáner se mueve a la exploración del objeto de destino, objetos de referencia, y objetos de calibración.

18. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tal exploración se realiza con un escáner, en donde el objeto
10 de destino, objetos de referencia, y objetos de calibración se mueve a través de un escáner estacionario.

19. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tal objetos de referencia y/o objeto de destino se encuentran
15 en una bandeja.

20. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de calibración se encuentran adyacentes a los objetos de referencia y/o objeto de destino.

20 21. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de calibración están en contacto con el objeto de destino y/o al menos un objeto de referencia.

22. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de calibración se encuentran adyacentes a los objetos de referencia y/o objeto de destino, pero no en contacto con los objetos de referencia u objeto de destino.

000036

23. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de calibración se fijan o de otra manera sujetan en su lugar por tal bandeja.

5 24. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de calibración se espacian igualmente alrededor de tales objetos de referencia o tal objeto de destino.

10 25. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de referencia y tal objeto de destino se exploran con la misma exploración.

15 26. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de referencia y tal objeto de destino se exploran en serie.

20 27. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tal de uno o más objetos de referencia y tal objeto de destino se exploran de forma separada.

28. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de calibración tienen suficientes voxeles en cada sección transversal de cada objeto de calibración por promediado eficiente de los valores explorados.

29. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde cada objeto de calibración tiene 300 voxeles o más por

sección que se explora.

30. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde cada objeto de calibración tiene 400 voxeles hasta 1,000 voxeles por sección que se explora.

31. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de calibración son circulares o semi-circulares.

32. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde cada objeto de calibración varía en forma y/o tamaño el uno del otro.

33. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de calibración tienen un tamaño y forma uniforme con respecto el uno al otro.

34. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de calibración tienen una suficiente longitud de tal forma que cada objeto de calibración es siempre parte de cualquier exploración de tales objetos de referencia o tal objeto de destino.

35. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde cada uno de tales objetos de calibración evitan elementos que tienen una relación de peso atómico a número atómico de mayor que 2.1.

000035

36. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde cada uno de los objetos de calibración son homogéneos en un nivel de resolución de tal exploración.

5 37. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tal de cada uno de tales objetos de calibración son homogéneos en un nivel de resolución de 0.2 mm o menos.

10 38. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde los mismos objetos de calibración se usan durante la exploración de los objetos de referencia y objeto de destino.

15 39. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde los objetos de referencia tienen una similar o misma sección transversal en tamaño y forma a tal objeto de destino.

40. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tales objetos de referencia son circulares o semi-circulares.

20 41. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde las etapas i. y iii. se pueden realizar en cualquier orden.

42. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tal densidad no corregida y/o el número atómico efectivo se basa sobre un promedio por corte de tal exploración del objeto de destino.

43. El método de acuerdo con cualquier

modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde la densidad aparente corregida se basa sobre un promedio por corte de tal exploración en vista de tales correcciones de densidad aparente.

5 44. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde tal densidad no corregida y/o el número atómico efectivo se basa sobre un promedio de exploración completa del objeto de destino.

10 45. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde la densidad aparente corregida se basa sobre un promedio de exploración completa en vista de tales correcciones de densidad aparente.

15 46. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde obtener una relación funcional entre error de densidad aparente y número atómico efectivo usando valores de exploración de los objetos de referencia y los objetos de
20 calibración comprende

i. explorar los objetos de referencia y objetos de calibración en un escáner CT de rayos X, y

ii. grabar los valores CT alto y bajo de las exploraciones CT de rayos X, y

iii. promediar los valores CT alto y bajo en cada plano X-Y de los objetos de referencia y objetos de calibración, y

iv. usando la densidad aparente conocida y el número atómico efectivo de los objetos de calibración y sus

respectivos valores CT para calcular una relación funcional entre error de densidad aparente y número atómico efectivo.

47. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde la
5 obtención de correcciones de densidad aparente usando la relación funcional entre error de densidad aparente y número atómico efectivo de los objetos de referencia, y el número atómico efectivo para el objeto de destino comprende una corrección de densidad aparente absoluta y/o corrección de
10 densidad aparente relativa.

48. El método de acuerdo con cualquier modalidad/aspecto/aspecto precedente o siguiente, en donde la obtención de la densidad aparente corregida usando las correcciones de densidad aparente comprende aplicar
15 corrección de densidad aparente absoluta y/o corrección de densidad aparente absoluta.

49. Un producto de programa de computadora en un medio legible por computadora que realiza uno o más de los métodos descritos en cualquiera de los métodos en cualquiera de las
20 modalidades/aspectos/aspectos precedentes o siguientes. La presente invención también se refiere a un programa de computadora, cuando se realiza en un controlador en un dispositivo computarizado proporciona uno o más de cualquiera de los métodos en cualquiera de las modalidades/aspectos/aspectos precedentes o siguientes. El programa de computadora en un medio legible por computadora puede ser no transitorio y/o puede excluir señales.

La presente invención puede incluir cualquier

000041

combinación de estos diversos aspectos o modalidades anteriores y/o de abajo como se establece en frases y/o párrafos. Cualquier combinación de aspectos descritos en la presente se considera parte de la presente invención y sin
5 limitación se pretende con respecto a aspectos combinables.

La presente invención además se clarificará por los siguientes ejemplos, que se pretenden que sean ejemplares de la presente invención.

10

EJEMPLOS

Las Figuras 5 y 6a-6b muestran los resultados de aplicar el método de la presente invención a los mismos datos como se muestran en las Figuras 2 y 3a-3b. No únicamente es el error de densidad pequeño (nunca excediéndose de 2%), las dos
15 densidades ahora se correlacionan muy bien, con un coeficiente de correlación 0.87. Las tendencias de densidad/número atómico efectivo ahora también emparejan expectativas con base en la física de rocas.

20

La Figura 4 es una gráfica que muestra una validación de número atómico efectivo (Zeff) que muestra una comparación entre el número atómico efectivo obtenido de mineralogía ("COREHD") de los diversos ejemplos de muestras de piedra arenisca, piedra caliza, y dolomita de rocas indicadas en la Tabla 1 y el número atómico efectivo de las mismas muestras calculadas con el enfoque de energía dual ("XRD"). Los valores de número atómico efectivo que se obtuvieron o calcularon de estas maneras respectivas se indican en la Tabla 1. En la Figura 4, la línea de identidad es la línea

000042

sólida ubicada entre la línea +4% que se extiende por encima de ella, y la línea -4% que se extiende debajo de ella.

Tabla 1

Material	Zeff de composición mineral (COREHD)	Zeff de Mediciones de Energía Dual (XRD)
Piedra Arenisca Buff Berea	11.8	11.8
Piedra Arenisca Crab Orchard	11.9	11.8
Piedra Caliza Rosa del Desierto	15.7	15.8
Piedra Caliza Blanca Edwards	15.7	15.6
Piedra Arenisca Idaho	12.5	12.7
Dolomita Siluriana	13.7	13.1
Piedra Arenisca Scioto	12.7	12.3
Líneas de comparación	0	18
	0	18.72
	0	17.28

Los solicitantes específicamente incorporan los contenidos completos de todas las referencias citadas en esta descripción. Además, cuando una cantidad, concentración, u otro valor o parámetro se determina como cualquiera de un intervalo, intervalo preferido, o una lista de valores preferibles superiores y valores preferibles inferiores, esto se ha de entender como que específicamente describe todos los intervalos formados de cualquier par de cualquier límite de intervalo superior o valor preferido y cualquier límite de

intervalo inferior o valor preferido, independientemente de si los intervalos se describen de forma separada. Donde un intervalo de valores numéricos se recita en la presente, a menos que se establezca de otra manera, el intervalo se pretende que incluya los puntos finales de los mismos, y todos los enteros y fracciones dentro del intervalo. No se pretende que el alcance de la invención se limite a los valores específicos recitados cuando define un intervalo.

Otras modalidades de la presente invención serán evidente para aquellos expertos en la técnica desde la consideración de la presente especificación y práctica de la presente invención descrita en la presente. Se pretende que la presente especificación y ejemplos se consideren como ejemplares únicamente con un alcance verdadero y espíritu de la invención que se indica por las siguientes reivindicaciones y equivalentes de los mismos.

NOVEDAD DE LA INVENCION

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

5

REIVINDICACIONES

1. Un método para estimar la densidad aparente y/o el número atómico efectivo de al menos un objeto de destino caracterizado porque comprende:

10

i. realizar una exploración de dos o más objetos de referencia y tres o más objetos de calibración,

15

ii. obtener una relación funcional entre error de densidad aparente y el número atómico efectivo usando valores de exploración de los objetos de referencia y los objetos de calibración,

iii. realizar una exploración del objeto de destino y los tres o más objetos de calibración,

iv. obtener densidad no corregida y número atómico efectivo para el objeto de destino,

20

v. obtener correcciones de densidad aparente usando la relación funcional entre error de densidad aparente y el número atómico efectivo de los objetos de referencia, y el número atómico efectivo para el objeto de destino, y

vi. obtener la densidad aparente corregida usando las correcciones de densidad aparente.

2. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el objeto de destino es un cuerpo poroso.

000045

3. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el objeto de destino es una muestra de rocas.

5 4. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el objeto de destino es un núcleo de pozo.

10 5. Un método para estimar la densidad aparente de un objeto de destino caracterizado porque comprende determinar una función de error de densidad aparente de un conjunto de objetos con densidad aparente conocida y/o el número atómico efectivo, y luego usar la función de error de densidad aparente para ajustar la estimación no corregida de densidad aparente de un objeto con densidad aparente desconocida y número atómico.

15 6. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el objeto de destino es un sólido.

7. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el objeto de destino es un líquido o comprende un líquido.

20 8. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el objeto de destino se obtiene de un sitio de perforación, sitio de perforación propuesto, sitio subterráneo, o sitio por arriba del suelo.

9. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la exploración es una exploración CT.

10. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la exploración es una exploración CT de rayos X de energía dual.

000046

11. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los dos o más objetos de referencia son muestras de rocas, muestras de núcleo de pozo, muestras de núcleo de pozo parcial, u otros objetos que tienen una
5 densidad aparente conocida.

12. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los tres o más objetos de calibración tienen un diferente número atómico efectivo y/o densidad aparente el uno del otro.

10 13. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque al menos uno de los tres o más objetos de calibración comprende un líquido.

14. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque al menos uno de los tres o más objetos
15 de calibración comprende un sólido.

15. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque al menos uno de los tres o más objetos de calibración es un material mineral, un material de polímero, o una solución acuosa.

20 16. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración son cuarzo, Teflón, y agua.

17. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la exploración se realiza con un escáner, en donde el escáner mueve a la exploración del objeto de destino, objetos de referencia, y objetos de calibración.

18. El método de conformidad con la reivindicación 1,

000047

caracterizado porque la exploración se realiza con un escáner, en donde el objeto de destino, objetos de referencia, y objetos de calibración se mueven a través de un escáner estacionario.

5 19. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de referencia y/u objeto de destino se encuentran en una bandeja.

10 20. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración se encuentran adyacentes a los objetos de referencia y/U objeto de destino.

21. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración están en contacto con el objeto de destino y/o al menos un objeto de referencia.

15 22. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración se encuentran adyacentes a los objetos de referencia y/o objeto de destino, pero no en contacto con los objetos de referencia u objeto de destino.

20 23. El método de conformidad con la reivindicación 21, caracterizado porque los objetos de calibración se fijan o de otra manera sujetan en su lugar por la bandeja.

24. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración se espacian igualmente alrededor de los objetos de referencia o el objeto de destino.

25. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de referencia y el objeto de

000046

destino se exploran con la misma exploración.

26. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de referencia y el objeto de destino se exploran en serie.

5 27. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque uno o más objetos de referencia y el objeto de destino se exploran de forma separada.

28. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración tienen
10 suficientes voxeles en cada sección transversal de cada objeto de calibración para promediado eficiente de los valores explorados.

29. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada objeto de calibración tiene 300
15 voxeles o más por sección que se explora.

30. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada objeto de calibración tiene 400 voxeles hasta 1,000 voxeles por sección que se explora.

31. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración son
20 circulares o semi-circulares.

32. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada objeto de calibración varía en forma y/o tamaño el uno del otro.

33. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración tienen un tamaño y forma uniforme con respecto el uno al otro.

34. El método de conformidad con la reivindicación 1,

000049

caracterizado porque los objetos de calibración tienen una suficiente longitud de tal forma que cada objeto de calibración es siempre parte de cualquier exploración de los objetos de referencia o el objeto de destino.

5 35. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada uno de los objetos de calibración evitan elementos que tienen una relación de peso atómico a número atómico mayor que 2.1.

10 36. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada uno de los objetos de calibración son homogéneos en un nivel de resolución de la exploración.

37. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada uno de los objetos de calibración son homogéneos en un nivel de resolución de 0.2 mm o menos.

15 38. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los mismos objetos de calibración se usan durante la exploración de los objetos de referencia y objeto de destino.

20 39. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de referencia tienen una sección similar o misma sección transversal en tamaño y forma al objeto de destino.

40. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de referencia son circulares o semi-circulares.

41. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque las etapas i. y iii. se pueden realizar en cualquier orden.

000050

42. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la densidad no corregida y/o el número atómico efectivo se basa sobre un promedio por corte de la exploración del objeto de destino.

5 43. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la densidad aparente corregida se basa sobre un promedio por corte de la exploración en vista de las correcciones de densidad aparente.

10 44. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la densidad no corregida y/o el número atómico efectivo se basa sobre un promedio de exploración completa del objeto de destino.

15 45. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la densidad aparente corregida se basa sobre un promedio de exploración completa en vista de las correcciones de densidad aparente.

20 46. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque obtener una relación funcional entre error de densidad aparente y número atómico efectivo usando valores de exploración de los objetos de referencia y los objetos de calibración comprende

i. explorar los objetos de referencia y objetos de calibración en un escáner CT de rayos X, y

ii. grabar los valores CT alto y bajo de las exploraciones CT de rayos X, y

iii. promediar los valores CT alto y bajo en cada plano X-Y de los objetos de referencia y objetos de calibración, y

iv. usar la densidad aparente conocida y número atómico

efectivo de los objetos de calibración y sus respectivos valores CT para calcular una relación funcional entre error de densidad aparente y número atómico efectivo.

47. El método de conformidad con la reivindicación 1,
5 caracterizado porque la obtención de correcciones de densidad aparente usando la relación funcional entre error de densidad aparente y número atómico efectivo de los objetos de referencia, y el número atómico efectivo para el objeto de destino comprende una corrección de densidad aparente
10 absoluta y/o corrección de densidad aparente relativa.

48. El método de conformidad con la reivindicación 1,
caracterizado porque la obtención de densidad aparente corregida usando las correcciones de densidad aparente comprende aplicar corrección de densidad aparente absoluta
15 y/o corrección de densidad aparente absoluta.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

Se proporciona un método para estimar número atómico efectivo y densidad aparente de objetos, tal como muestras de rocas o núcleos de pozo, usando técnicas de proyección de imágenes computarizadas de rayos X. El método efectivamente compensa por errores en la interpretación de datos de exploración CT y produce densidades de volumen que tienen error residual inferior comparado con densidades de volumen actuales y produce tendencias de densidad aparente - número atómico efectivo que son consistentes con observaciones físicas.

15

20

000053

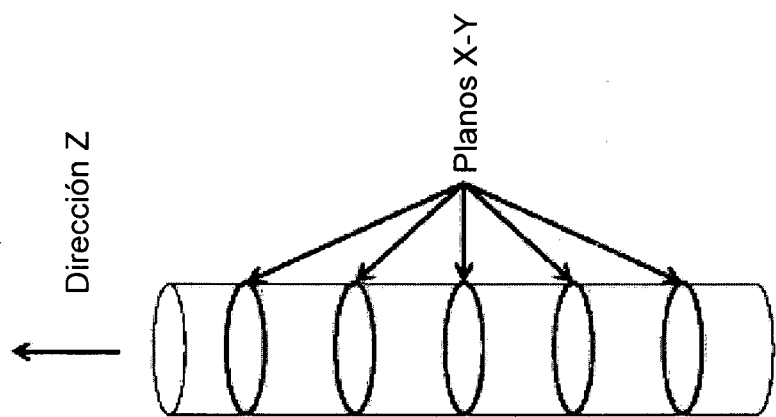


Figura 1

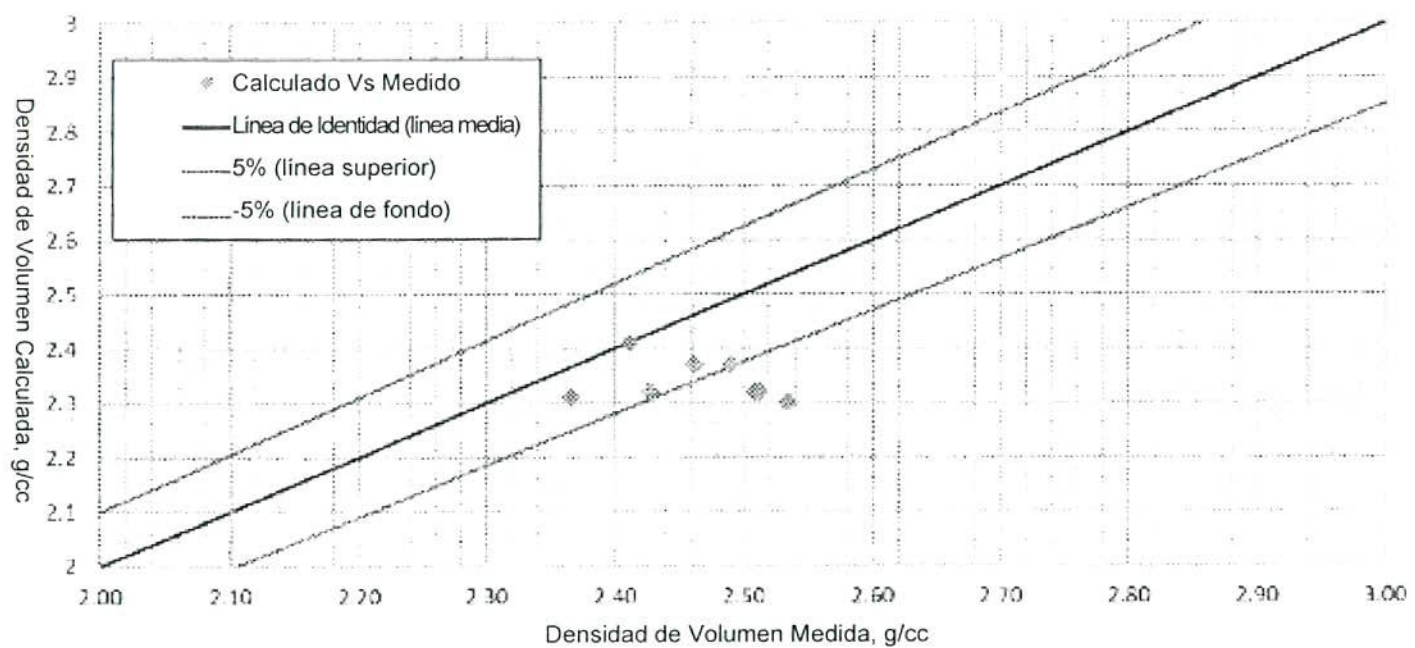


Figura 2

000055

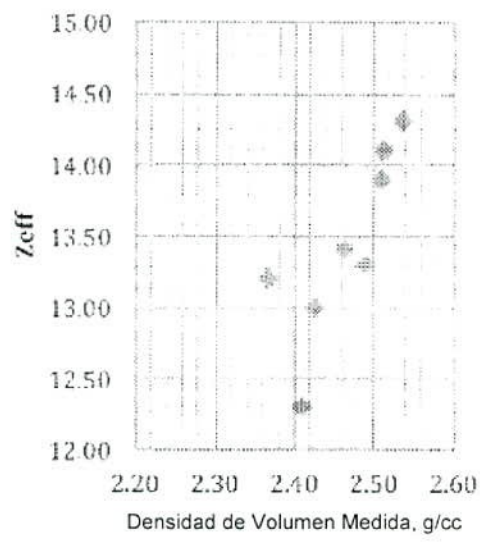


Figura 3a

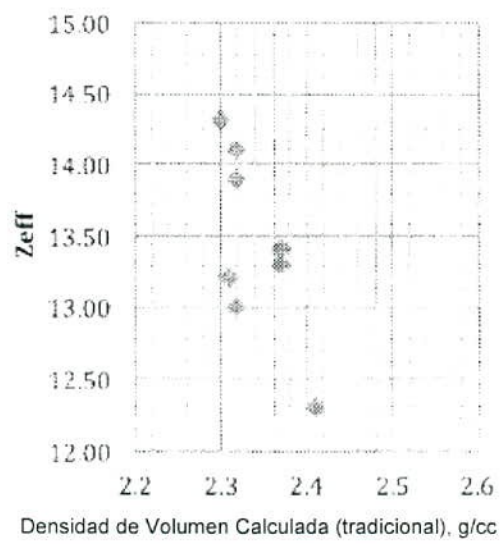


Figura 3b

000056

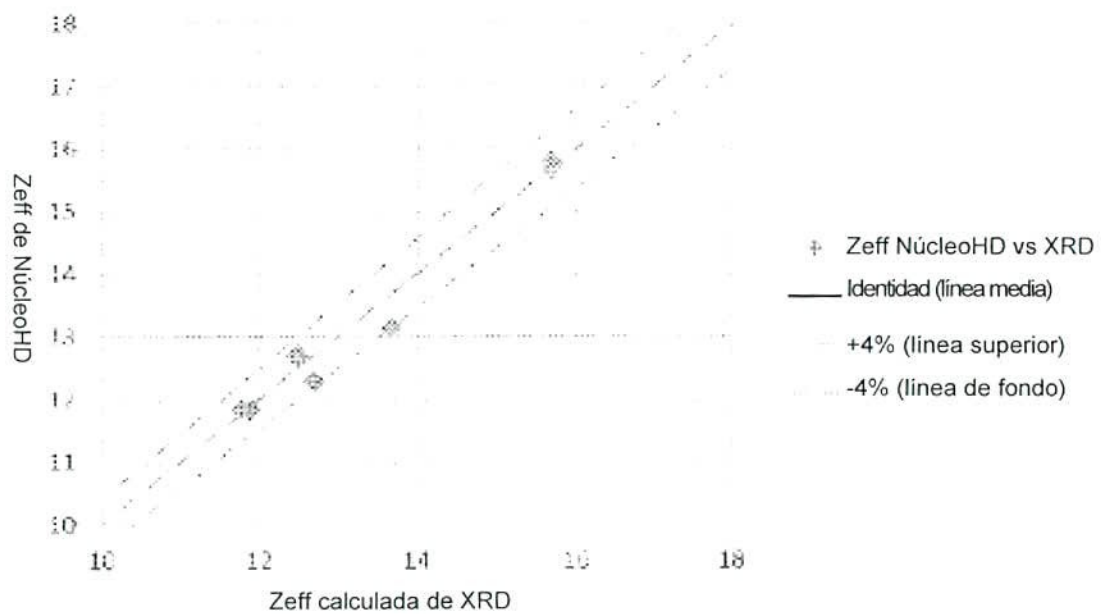


Figura 4

000057

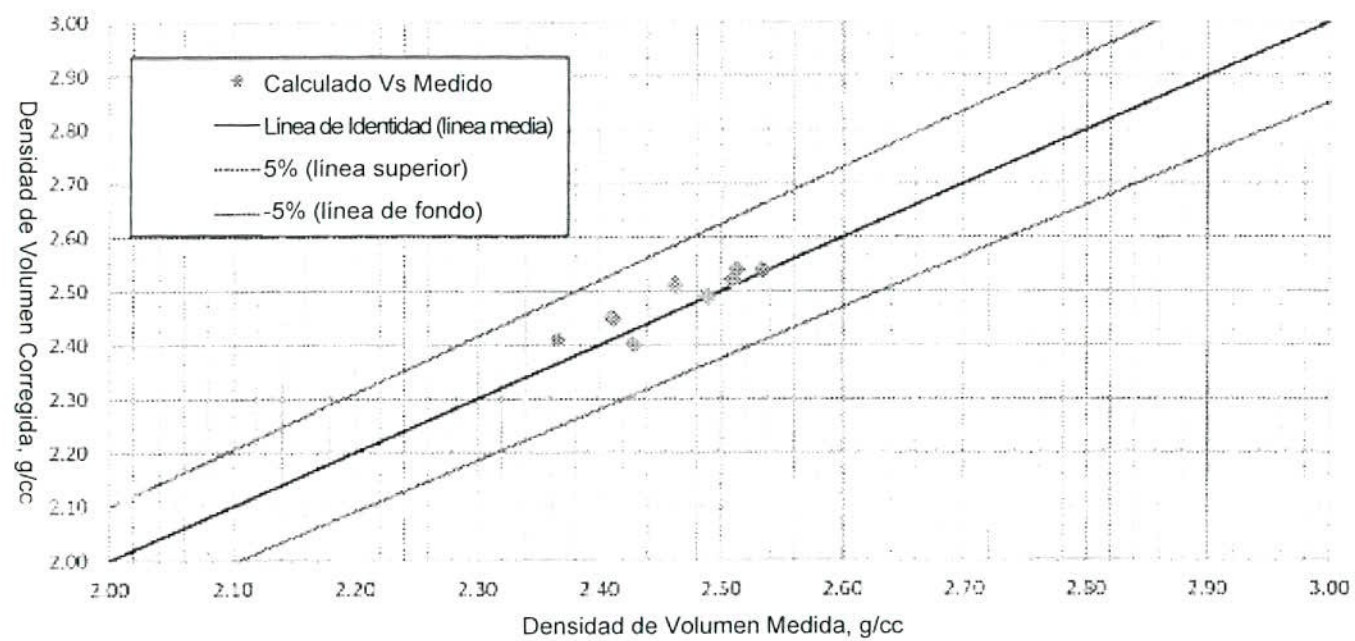


Figura 5

000055

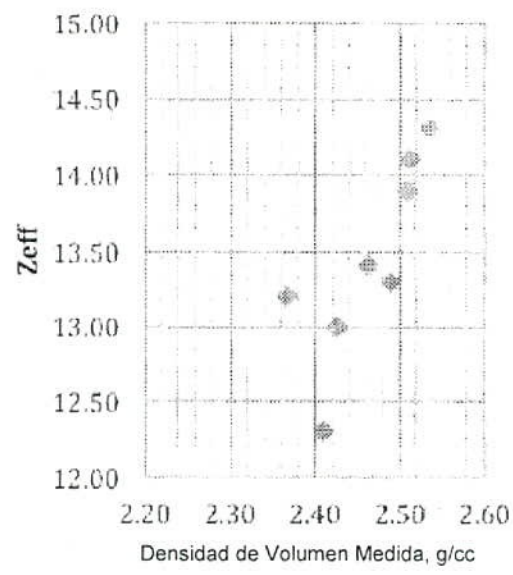


Figura 6a

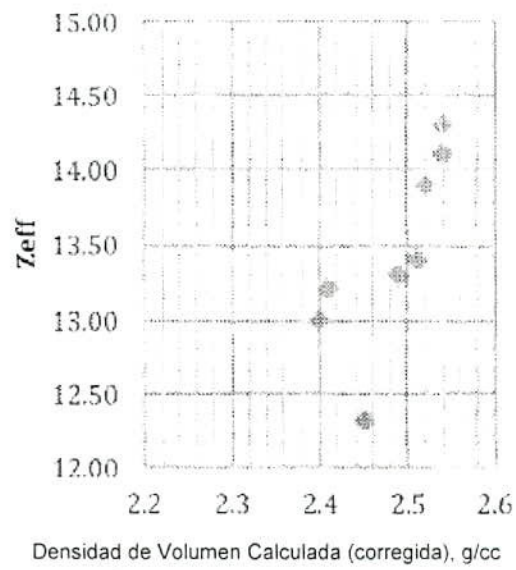


Figura 6b

000059

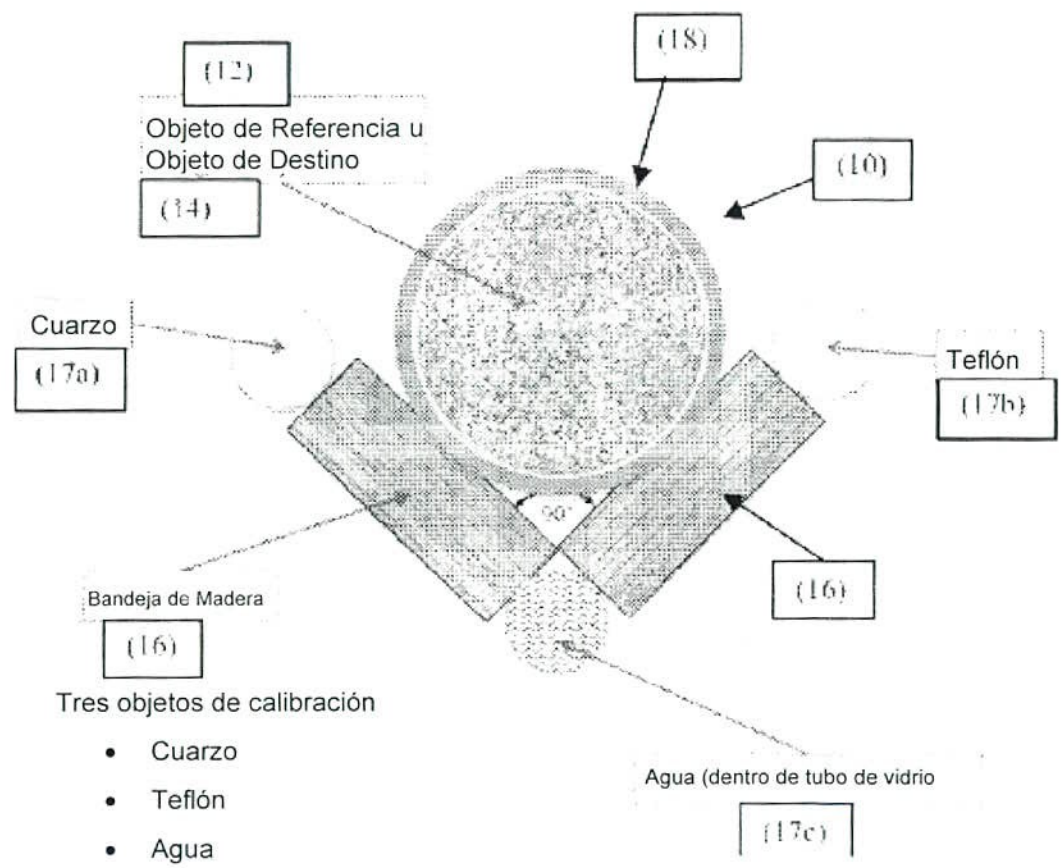
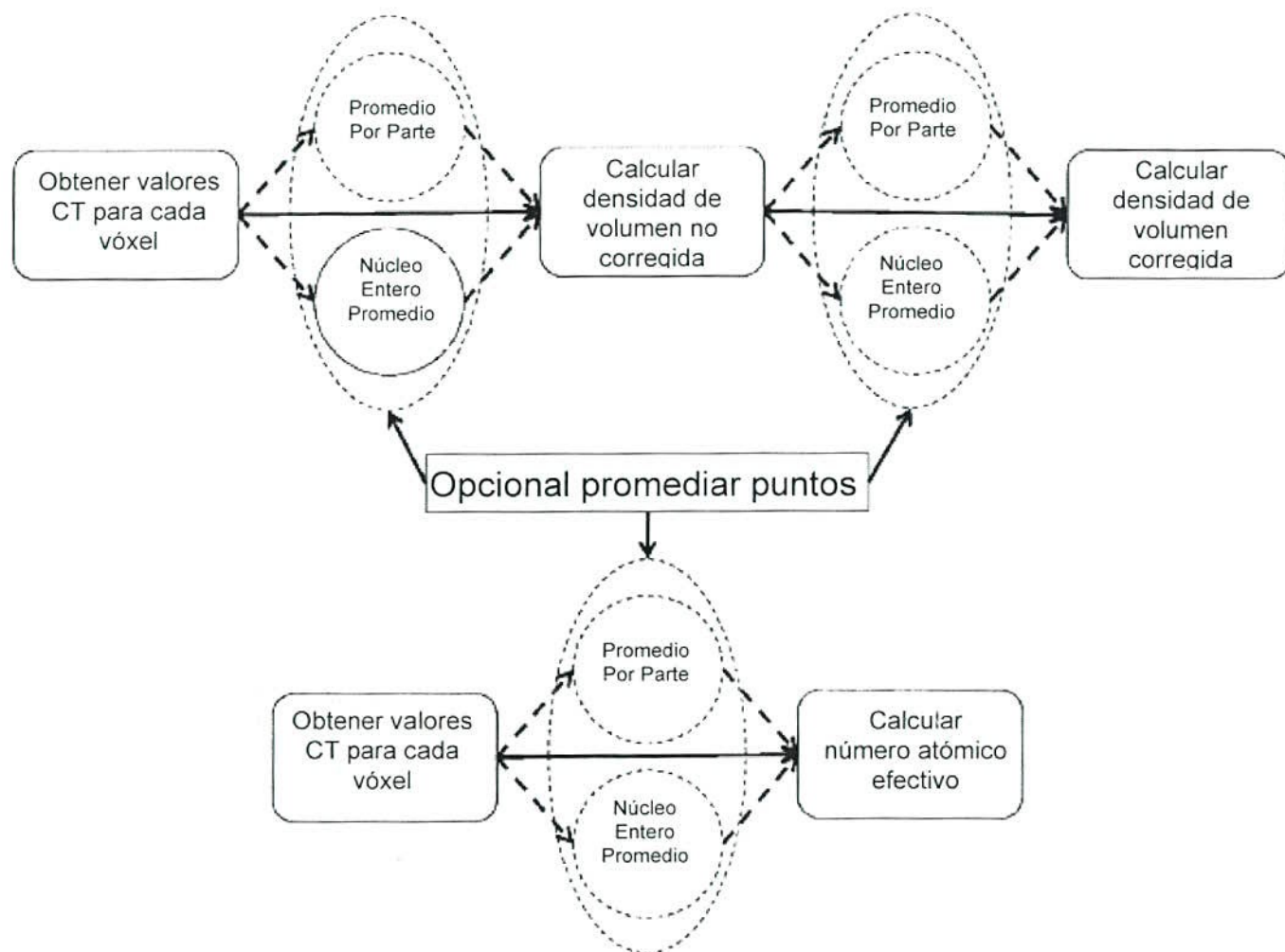


Figura 7

000060

Figura 8



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

(19) World Intellectual Property

Organization

International Bureau

(43) International Publication Date
31 January 2013 (31.01.2013)



(10) International Publication Number
WO 2013/015914 A1

- (51) International Patent Classification:
G01N 9/24 (2006.01) *G01N 23/087* (2006.01)
- (21) International Application Number:
PCT/US2012/043213
- (22) International Filing Date:
20 June 2012 (20.06.2012)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
61/511,600 26 July 2011 (26.07.2011) US
- (71) Applicant (for all designated States except US): **INGRAIN, INC.** [US/US]; 3733 Westheimer Road, 2nd Floor, Houston, TX 77027 (US).
- (72) Inventor; and
- (75) Inventor/Applicant (for US only): **DERZHI, Naum** [US/US]; c/o Ingrain, Inc., 3733 Westheimer Road, 2nd Floor, Houston, TX 77027 (US).
- (74) Agent: **KILYK, Luke, A.**; Kilyk & Bowersox, P.L.L.C., 400 Holiday Court, Suite 102, Warrenton, VA 20186 (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, QA, RO, RS, RU, RW, 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, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

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

(54) Title: METHOD FOR ESTIMATING EFFECTIVE ATOMIC NUMBER AND BULK DENSITY OF ROCK SAMPLES USING DUAL ENERGY X-RAY COMPUTED TOMOGRAPHIC IMAGING

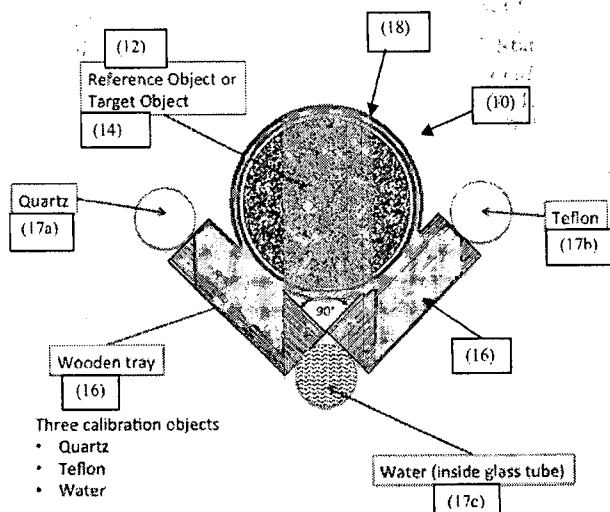


Figure 7

(57) Abstract: A method for estimating effective atomic number and bulk density of objects, such as rock samples or well cores, using X-ray computed tomographic imaging techniques is provided. The method effectively compensates for errors in the interpretation of CT scan data and produces bulk densities which have lower residual error compared to actual bulk densities and produces bulk density - effective atomic number trends which are consistent with physical observations.

WO 2013/015914 A1

000062

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINING AUTHORITY

To:

KILYK & BOWERSOX, P.L.L.C.
400 Holiday Court, Suite 102
Warrenton VA 20186
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

RECEIVED

OCT 10 2013

KILYK & BOWERSOX, P.L.L.C.

PCT

NOTIFICATION OF TRANSMITTAL OF
THE INTERNATIONAL PRELIMINARY
REPORT ON PATENTABILITY

(PCT Rule 71.1)

+ VIA FACSIMILE

Date of mailing
(day/month/year)

04.10.2013

Applicant's or agent's file reference
3091-016-01 PCT

IMPORTANT NOTIFICATION

International application No.
PCT/US2012/043213

International filing date (day/month/year)
20.06.2012

Priority date (day/month/year)
26.07.2011

Applicant
Ingrain, 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 inventions 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.

Docketed

Due Date

LRG NC

By

3091-016-01 PCT

JMS

Name and mailing address of the international
preliminary examining authority:



European Patent Office
D-80298 Munich
Tel. +49 89 2399 - 0
Fax: +49 89 2399 - 4465

Authorized Officer:

Luukkonen, Kirsi

Tel. +49 89 2399-7957

000063



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 3091-016-01 PCT	FOR FURTHER ACTION		See Form PCT/IPEA/416
International application No. PCT/US2012/043213	International filing date (day/month/year) 20.06.2012	Priority date (day/month/year) 26.07.2011	
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC INV. G01N9/24			
Applicant Ingrain, 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 <u>6</u> 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 <u>14</u> 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, in electronic form only, as indicated in the Supplemental Box Relating to Sequence Listing (see paragraph 3bis of Annex C 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 20.02.2013		Date of completion of this report 04.10.2013	
Name and mailing address of the international preliminary examining authority:  European Patent Office D-80298 Munich Tel. +49 89 2399 - 0 Fax: +49 89 2399 - 4465		Authorized officer Rouault, Patrick Telephone No. +49 89 2399-2776	



**INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT
ON PATENTABILITY**

International application No.
PCT/US2012/043213

Box No. I 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 , 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):*

Description, Pages

1-35 as originally filed

Claims, Numbers

1-50 filed with telefax on 26-08-2013

Drawings, Sheets

1/8-8/8 as originally filed

- ☐ a sequence listing - 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 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 either they are considered to go beyond the disclosure as filed, or they were not accompanied by a letter indicating the basis for the amendments in the application as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rules 70.2(c) and (c-bis)):
- ☐ the description, pages
 - ☐ the claims, Nos.
 - ☐ the drawings, sheets/figs
 - ☐ the sequence listing (*specify*):
5. ☐ This opinion 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)).
6. ☐ Supplementary international search report(s) from Authority(ies) have been received and taken into account in drawing up this report (Rule 45bis.8(b) and (c)).

000065

**INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT
ON PATENTABILITY**

International application No.
PCT/US2012/043213

Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Yes: Claims	<u>1-50</u>
	No: Claims	
Inventive step (IS)	Yes: Claims	<u>1-50</u>
	No: Claims	
Industrial applicability (IA)	Yes: Claims	<u>1-50</u>
	No: Claims	

2. Citations and explanations (Rule 70.7):

see separate sheet

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:

see separate sheet

000066

Concerning item V.

1 Cited prior art

Reference is made to the following documents:

- D1 IOVEA M ET AL: "Dual-energy X-ray computer axial tomography and digital radiography investigation of cores and other objects of geological interest",
ENGINEERING GEOLOGY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS,
AMSTERDAM, NL,
vol. 103, no. 3-4, 10 February 2009 (2009-02-10), pages 119-126,
XP025923227,
ISSN: 0013-7952, DOI: 10.1016/J.ENGGE0.2008.06.018
[retrieved on 2008-08-20]
- D2 PHILLIPS D H ET AL: "Measuring physical density with X-ray computed tomography",
NDT & E INTERNATIONAL, BUTTERWORTH-HEINEMANN, OXFORD,
GB,
vol. 30, no. 6, 1 December 1997 (1997-12-01), pages 339-350,
XP004292531,
ISSN: 0963-8695, DOI: 10.1016/S0963-8695(97)00020-0

2 Independent claim 1

Claim 1 relates to a method for estimating the bulk density and the effective atomic number of a target object.

A scan of reference objects and calibration objects is used so that a functional relationship between bulk density error and effective atomic number is obtained.

000067

A scan of the target object is further used in order to obtain uncorrected density and effective atomic number of the target object.

Then, corrected bulk density is obtained by using the above-mentioned relationship.

There is no mention in the available prior art of a correlation between bulk density error and effective atomic number.

Document D1 only describes the use of dual-energy x-rays for determining the density and effective atomic number of a core sample.

Document D2 relates to a method of measuring only physical density with x-ray computed tomography, i.e. the effective number of the target object is not determined.

For all these reasons, the subject-matter of independent claim 1 is considered to be novel and inventive.

Claim 5 also contains this step of correlating the bulk density error with the effective atomic number, its subject-matter is therefore also novel and inventive.

3 Dependent claims 2-4, 6-50

Claims 2-4 and 6-50 are either dependent on independent claim 1 or on independent claim 5. The subject-matter of these claims is therefore novel and inventive. Accordingly, the present application meets the requirements of Articles 33 (2) and (3) PCT.

000068

**INTERNATIONAL PRELIMINARY
REPORT ON PATENTABILITY
(SEPARATE SHEET)**

International application No.

PCT/US2012/043213

Concerning item VIII.

The object of independent claims 1 and 5 is the same, namely, to estimate the bulk density of one target object. The steps listed in these claims seem to be more or less the same. These claims appear to differ from each other only in that in claim 1 scans are performed whereas in claim 5 other methods could be apparently contemplated in order to obtain the claimed measurements. However, according to the only embodiment described in the description, only scans are disclosed so that this feature should also be contained in claim 5. This would then lead to two independent claims of the same scope.

Therefore, it is not understood why the present set of claims comprises two independent claims. An objection of lack of conciseness is accordingly raised against the claims pursuant to Art. 6 PCT

000069.

**IN THE INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION AUTHORITY/
EUROPEAN PATENT OFFICE**

IDENTIFICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION

In re Application of)
INGRAIN, INC.)
International Application No.: PCT/US2012/043213)
International Filing Date: 20 June 2012)
Attorney Docket No.: 3091-016-01 PCT)

For: Method For Estimating Effective Atomic Number And Bulk Density Of Rock
Samples Using Dual Energy X-Ray Computed Tomographic Imaging

AMENDMENT UNDER ARTICLES 34 PCT AND 66 PCT

**European Patent Office
D-80298 Munich
Via Facsimile: 4989 2399 4465**

August 26, 2013

Dear Sir:

This Amendment Under Articles 34 PCT and 66 PCT is filed in response to the Written Opinion issued by IPEA/EP under PCT Rule 66 and mailed July 1, 2013. The following amendments and remarks remove all grounds for rejection of the application, thereby placing it in condition for a favorable International Preliminary Examination Report.

Amendments to the Claims are set forth beginning on page 2 of this paper.

Remarks begin on page 5 of this paper.

Replacement Sheets 36-42 are attached following page 7 of this paper.

000070

International Application No.: PCT/US2012/043213
Amendment Under Articles 34 PCT and 66 PCT

AMENDMENTS TO THE CLAIMS:

Status of Claims:

Claim 1 is amended; claims 2-3 are unchanged; claims 4-5 are amended; claims 6-10 are unchanged; claims 11-16 are amended; claims 17-48 are unchanged; claim 49 is amended; claim 50 is unchanged.

Basis for the Amendments

Claim 1, step i, is amended to change "utilizing" to 'performing,' which is supported by the original claim 1, step i, and to indicate the use of "two or more" reference objects and "three or more" calibration objects, which is supported by original claim 1, step i. Claim 1, step iii, and similar in part to the indicated amendment made to step i, is amended to change "utilizing" to 'performing,' which is supported by the original claim 1, step iii.

Claim 4 is amended to delete the references to the specific numbers of reference objects and calibrations objects, which subject matter has been restored in parent claim 1 by these amendments, and to add an indication that the target object is a well core, which is supported by original claim 4.

Claim 5, step i, is amended to indicate the measurements are obtained "using scanning of the target object and the reference objects," which is supported by the application at paragraphs 00040 and 00049, and to indicate the use of a set of objects including "two or more" reference objects with known bulk density and "three or more calibration objects with known bulk density and effective atomic number," which is supported by the application at paragraphs 00038, 00043, 00044, and 00059(I)(ii)(d). Claim 5, step iv, is amended to replace the term "predict" with 'calculate,' which is supported in paragraphs 00059(V) and (VI). Claim 5, step v, is amended to replace "adjusting" with 'calculate,' which is supported in paragraphs 00059(V) and (VI).

Claims 11-16 are amended to depend from claim 1. The amendment is supported by original claims 1 and 11-16.

Claim 49 is amended to delete the phrase "or any combinations thereof" and recite the rock samples, well core samples, or partial well core samples in the alternative, which is supported by the application at paragraph 00038.

000071

International Application No.: PCT/US2012/043213
Amendment Under Articles 34 PCT and 66 PCT

Description of claim amendments

Claim amendments made in claims 1, 4, 5, 11-16 and claim 49 are indicated below with deleted text shown by strikethrough and additions by underlining in the claims. Unchanged claims 2-3, 6-10, 17-48, and 50 are indicated in double brackets.

1. A method for estimating the bulk density of at least one target object comprising:
 - i. ~~utilizing performing~~ a scan of two or more reference objects with known bulk density and three or more calibration objects with known bulk density and effective atomic number,
 - ii. obtaining a functional relationship between bulk density error and effective atomic number using scan values from the reference objects and the calibration objects,
 - iii. ~~utilizing performing~~ a scan of the target object and the calibration objects,
 - iv. obtaining uncorrected density and effective atomic number for the target object,
 - v. obtaining bulk density corrections using the functional relationship between bulk density error and effective atomic number from the reference objects, and the effective atomic number for the target object, and
 - vi. obtaining the corrected bulk density using the bulk density corrections.

2.-3. [[unchanged]]

4. The method of claim 1, wherein ~~the reference objects are two or more reference objects and the calibration objects are three or more calibration objects~~ the target object is a well core.

5. A method for estimating the bulk density of a target object comprising:
 - i. obtaining measurements of bulk density and effective atomic number from a set of objects including ~~at least two or more~~ reference objects with known bulk density and three or more reference objects with known bulk density and effective atomic number, using scanning of the target object and the reference objects;
 - ii. expressing an error of the reference objects' bulk density obtained from the measurement in step i as a function of the effective atomic number of said reference objects;
 - iii. obtaining measurements of bulk density and effective atomic number from the target object with unknown bulk density, in a manner identical to step i;

000072

International Application No.: PCT/US2012/043213
Amendment Under Articles 34 PCT and 66 PCT

iv. ~~predict~~ calculate the error of the target object's bulk density obtained from the measurement in step iii using the effective atomic number of the target object obtained in step iii and bulk density error function obtained in step ii;

v. ~~adjusting~~ calculate the value of target object's bulk density obtained from the measurement in step iii by the value of the error predicted in step iv.

6. - 10. [[unchanged]]

11. The method of claim 4~~1~~, wherein said two or more reference objects are rock samples, well core samples, partial well core samples, or other objects having a known bulk density.

12. The method of claim 4~~1~~, wherein said three or more calibration objects have a different effective atomic number and/or bulk density from each other.

13. The method of claim 4~~1~~, wherein at least one of the three or more calibration objects comprise a liquid.

14. The method of claim 4~~1~~, wherein at least one of the three or more calibration objects comprise a solid.

15. The method of claim 4~~1~~, wherein at least one of said three or more calibration objects is a mineral material, a polymer material, or an aqueous solution.

16. The method of claim 4~~1~~, wherein said calibration objects are quartz, Teflon, and water.

17. - 48. [[unchanged]]

49. The method of claim 5, wherein said reference objects are rock samples, well core samples, or partial well core samples, ~~or any combinations thereof.~~

50. [[unchanged]]

In view of the above reasons, the amendments do not go beyond the disclosure in the International application as filed.

000073

International Application No.: PCT/US2012/043213
Amendment Under Articles 34 PCT and 66 PCT

REMARKS

The remarks below are indexed to the Examiner's comments in the Written Opinion of the International Preliminary Examining Authority dated July 1, 2013.

Item I: (Rule 70(2)(c) PCT)

The Written Opinion states that that amendments mentioned with respect to claims 1, 5, and 49 go beyond the disclosure as originally filed.

With respect to part 1 of this section of the Written Opinion (Claim 1), the term "utilizing" in steps i and iii of claim 1 has been amended to "performing" to restore the term that was used in original claim 1, and the use of "two or more" reference objects and "three or more" calibrations objects is again indicated in claim 1, step i, as was recited in this step in original claim 1. Accordingly, these amendments should be sufficient to address the concerns raised by the Examining Authority with respect to claim 1.

With respect to part 2 (Claim 5), step i of claim 5 is amended to clarify that measurements are obtained "using scanning of the target object and the reference objects," and the claim is amended to indicate that "two or more" reference objects and "three or more" calibrations objects are used. The Preliminary Examining Authority indicates in the Written Opinion that this subject matter is disclosed in the original disclosure. Further, and term "predict" in step (iv) is amended to "calculate," as suggested by the Examining Authority, and similarly, the term "adjusting" in step (v) is amended to "calculate." Accordingly, these amendments should be sufficient to address the concerns raised by the Examining Authority with respect to claim 5.

With respect to part 3 (Claim 49), the phrase "or any combinations thereof," which the Examiner Authority considered to have no support in the original disclosure, has been deleted.

In view of these reasons, it is respectfully submitted that the amended claims 1, 5, and 49 do not go beyond the disclosure as originally filed.

Item V

The Examining Authority refers to documents D1 and D2 under part 1 of this section of the Written Opinion. Under parts 2 and 3 of this section, the Examining Authority indicates that the subject-matter of claims 1-50 is novel and inventive, which is noted by applicant with appreciation. In Box No. V at the third sheet of the Written Opinion, a

000074

International Application No.: PCT/US2012/043213
Amendment Under Articles 34 PCT and 66 PCT

statement of Novelty (N) with respect to claims 1-50 is indicated, whereas the Inventive step (IS) with respect to these claims is understood to be as indicated and confirmed subsequently under section V of the Written Opinion.

Item VIII

In part 1, the Examining Authority indicates that the difference between "reference objects" and "calibration objects" is not clearly defined in the claims, and the requirements of Article 6 PCT are therefore not met. As acknowledged by the Examining Authority, these terms are defined in the description. The applicant respectfully disagrees that no clear delineation is made between the reference objects and calibration objects in claims 1 and 5. Independent claims 1 and 5 currently define the reference objects and the calibration objects differently. That is, the two or more reference objects are objects "with known bulk density" and the three or more calibrations objects are objects "with known bulk density and effective atomic number." In view of this, the reference and calibration objects are different as recited in claims 1 and 5. Further, and as indicated, the reference objects and calibration objects are defined in the present application. The reference objects are described, for example, in paragraphs 00038 and 00046 of the description, and the calibration objects are described, for example, in the description at paragraphs 00038, 00043, and 00044, of the present specification. A person skilled in the art will be able understand the difference in the differently recited reference objects and calibration objects in the claims, especially when read in light of the specification, which provides reasons for why these terms are specified differently in the manner that they are in the claims (see, e.g., 00043 and 00046).

In part 2, the Examining Authority raises an objection against the claims pursuant to Article 6 PCT for lack of conciseness. In raising this objection, the Examining Authority is understood to consider independent claims 1 and 5 as having the same object, and states that the steps listed in these claims seem to be more or less the same. Applicant respectfully disagrees because, at a minimum, step ii of claim 1 and step ii of claim 5 are not identical, which means that other steps of these claims that refer to those respective steps are not identical either (e.g., claim 1, step v and claim 5, step iv). In view of these reasons, applicant submits that claims 1 and 5 are not identical or essentially identical and therefore, the claims are concise.

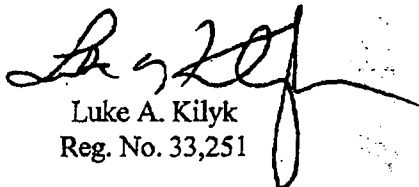
000075

International Application No.: PCT/US2012/043213
Amendment Under Articles 34 PCT and 66 PCT

Conclusion

The claims are now believed to be free of any objection and are novel and have an inventive step. Should there be any questions, the Examiner is requested to contact the undersigned by telephone.

Respectfully submitted,


Luke A. Kilyk
Reg. No. 33,251

Atty. Docket No. 3091-016-01 PCT
KILYK & BOWERSOX, P.L.L.C.
400 Holiday Court, Suite 102
Warrenton, VA 20186
Tel: (540) 428-1701
Fax: (540) 428-1720

000076

[REPLACEMENT SHEET]

WHAT IS CLAIMED IS:

1. A method for estimating the bulk density of at least one target object comprising:
 - i. performing a scan of two or more reference objects with known bulk density and three or more calibration objects with known bulk density and effective atomic number,
 - ii. obtaining a functional relationship between bulk density error and effective atomic number using scan values from the reference objects and the calibration objects,
 - iii. performing a scan of the target object and the calibration objects,
 - iv. obtaining uncorrected density and effective atomic number for the target object,
 - v. obtaining bulk density corrections using the functional relationship between bulk density error and effective atomic number from the reference objects, and the effective atomic number for the target object, and
 - vi. obtaining the corrected bulk density using the bulk density corrections.
2. The method of claim 1, wherein the target object is a porous body.
3. The method of claim 1, wherein the target object is a rock sample or a well core.
4. The method of claim 1, wherein the target object is a well core.
5. A method for estimating the bulk density of a target object comprising:
 - i. obtaining measurements of bulk density and effective atomic number from a set of objects including two or more reference objects with known bulk density and three or more calibration objects with known bulk density and effective atomic number, using scanning of the target object and the reference objects;

[REPLACEMENT SHEET]

- ii. expressing an error of the reference objects' bulk density obtained from the measurement in step i as a function of the effective atomic number of said reference objects;
 - iii. obtaining measurements of bulk density and effective atomic number from the target object with unknown bulk density, in a manner identical to step i;
 - iv. calculate the error of the target object's bulk density obtained from the measurement in step iii using the effective atomic number of the target object obtained in step iii and bulk density error function obtained in step ii;
 - v. calculate the value of target object's bulk density obtained from the measurement in step iii by the value of the error predicted in step iv.
6. The method of claim 1, wherein said target object is a solid.
 7. The method of claim 1, wherein the target object is a liquid or comprises a liquid.
 8. The method of claim 1, wherein said target object is obtained from a drilling site, proposed drilling site, subterranean site, or above-ground site.
 9. The method of claim 1, wherein said scan is a CT scan.
 10. The method of claim 1, wherein said scan is a dual-energy X-ray CT scan.
 11. The method of claim 1, wherein said two or more reference objects are rock samples, well core samples, partial well core samples, or other objects having a known bulk density.
 12. The method of claim 1, wherein said three or more calibration objects have a different effective atomic number and/or bulk density from each other.
 13. The method of claim 1, wherein at least one of the three or more calibration objects comprise a liquid.

000078

Docket No. 3091-016-01 PCT

[REPLACEMENT SHEET]

14. The method of claim 1, wherein at least one of the three or more calibration objects comprise a solid.
15. The method of claim 1, wherein at least one of said three or more calibration objects is a mineral material, a polymer material, or an aqueous solution.
16. The method of claim 1, wherein said calibration objects are quartz, Teflon, and water.
17. The method of claim 1, wherein said scan is accomplished with a scanner, wherein said scanner moves to scan the target object, reference objects, and calibration objects.
18. The method of claim 1, wherein said scan is accomplished with a scanner, wherein the target object, reference objects, and calibration objects move through a stationary scanner.
19. The method of claim 1, wherein said reference objects and/or target object are located on a tray.
20. The method of claim 1, wherein said calibration objects are located adjacent to the reference objects and/or target object.
21. The method of claim 1, wherein said calibration objects are in contact with the target object and/or at least one reference object.
22. The method of claim 1, wherein said calibration objects are located adjacent to the reference objects and/or target object, but not in contact with the reference objects or target object.
23. The method of claim 21, wherein said calibration objects are attached or otherwise held in place by said tray.

000079

[REPLACEMENT SHEET]

24. The method of claim 1, wherein said calibration objects are equally spaced around said reference objects or said target object.
25. The method of claim 1, wherein said reference objects and said target object are scanned with the same scan.
26. The method of claim 1, wherein said reference objects and said target object are scanned in series.
27. The method of claim 1, wherein said one or more reference objects and said target object are scanned separately.
28. The method of claim 1, wherein said calibration objects have sufficient voxels in each cross-section of each calibration object for efficient averaging of the scanned values.
29. The method of claim 1, wherein each calibration object has 300 voxels or more per section that is scanned.
30. The method of claim 1, wherein each calibration object has 400 voxels to 1,000 voxels per section that is scanned.
31. The method of claim 1, wherein said calibration objects are circular or semi-circular.
32. The method of claim 1, wherein each calibration object varies in shape and/or size from each other.
33. The method of claim 1, wherein said calibration objects have a uniform size and shape with respect to each other.

000080

[REPLACEMENT SHEET]

34. The method of claim 1, wherein said calibration objects have a sufficient length such that each calibration object is always part of any scan of said reference objects or said target object.
35. The method of claim 1, wherein each of said calibration objects avoid elements having a ratio of atomic weight to atomic number of greater than 2.1.
36. The method of claim 1, wherein each of said calibration objects are homogeneous at a level of resolution of said scan.
37. The method of claim 1, wherein said each of said calibration objects are homogeneous at a level of resolution of 0.2 mm or less.
38. The method of claim 1, wherein the same calibration objects are used during the scanning of the reference objects and target object.
39. The method of claim 1, wherein the reference objects have a similar or same cross-section in size and shape to said target object.
40. The method of claim 1, wherein said reference objects are circular or semi-circular.
41. The method of claim 1, wherein steps i. and iii. can be performed in any order.
42. The method of claim 1, wherein said uncorrected density and/or effective atomic number is based upon an average per slice of said scan of the target object.
43. The method of claim 1, wherein the corrected bulk density is based upon an average per slice of said scan in view of said bulk density corrections.
44. The method of claim 1, wherein said uncorrected density and/or effective atomic number is based upon an average of entire scan of the target object.

000081

[REPLACEMENT SHEET]

45. The method of claim 1, wherein the corrected bulk density is based upon an average of entire scan in view of said bulk density corrections.
46. The method of claim 1, wherein obtaining a functional relationship between bulk density error and effective atomic number using scan values from the reference objects and the calibration objects comprises
- i. scanning the reference objects and calibration objects in a X-ray CT scanner, and
 - ii. recording the high and low CT values from the X-ray CT scans, and
 - iii. averaging the high and low CT values in each X-Y plane of the reference objects and calibration objects, and
 - iv. using the known bulk density and effective atomic number of the calibration objects and their respective CT values to calculate a functional relationship between bulk density error and effective atomic number.
47. The method of claim 1, wherein the obtaining bulk density corrections using the functional relationship between bulk density error and effective atomic number from the reference objects, and the effective atomic number for the target object comprises an absolute bulk density correction and/or relative bulk density correction.
48. The method of claim 1, wherein the obtaining corrected bulk density using the bulk density corrections comprises applying absolute bulk density correction and/or absolute bulk density correction.
49. The method of claim 5, wherein said reference objects are rock samples, well core samples, or partial well core samples.

50. The method of claim 5, wherein the measurements of the bulk density and the atomic number from the reference objects in step i are performed by scanning the reference objects and interpreting the values produced by the scanner.

000083

RECEIVED

PATENT COOPERATION TREATY

WO 2013/015914
PCT/US2012/043213



JUN 21 2013

From the INTERNATIONAL BUREAU

KILYK & BOWERSOX, P.L.L.C. **PCT**

FIRST NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF
THE COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL
APPLICATION (TO DESIGNATED OFFICES WHICH
DO NOT APPLY THE 30 MONTH TIME LIMIT
UNDER ARTICLE 22(1))

(PCT Rule 47.1(c))

To:

KILYK, Luke, A.
Kilyk & Bowersox, P.L.L.C.
400 Holiday Court, Suite 102
Warrenton, VA 20186
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

Date of mailing (day/month/year)

28 February 2013 (28.02.2013)

Applicant's or agent's file reference

3091-016-01

IMPORTANT NOTICE

International application No.

PCT/US2012/043213

International filing date (day/month/year)

20 June 2012 (20.06.2012)

Priority date (day/month/year)

26 July 2011 (26.07.2011)

Applicant

INGRAIN, INC. et al

- ATTENTION:** For any designated Office(s), for which the time limit under Article 22(1), as in force from 1 April 2002 (30 months from the priority date), **does apply**, please see Form PCT/IB/308(Second and Supplementary Notice) (to be issued promptly after the expiration of 28 months from the priority date).
- Notice is hereby given that the following designated Office(s), for which the time limit under Article 22(1), as in force from 1 April 2002, **does not apply**, has/have requested that the communication of the international application, as provided for in Article 20, be effected under Rule 93bis.1. The International Bureau has effected that communication on the date indicated below:
31 January 2013 (31.01.2013)

None

In accordance with Rule 47.1(c-bis)(i), those Offices will accept the present notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

- The following designated Offices, for which the time limit under Article 22(1), as in force from 1 April 2002, **does not apply**, have not requested, as at the time of mailing of the present notice, that the communication of the international application be effected under Rule 93bis.1 :

LU, TZ, UG

In accordance with Rule 47.1(c-bis)(ii), those Offices accept the present notice as conclusive evidence that the Contracting State for which that Office acts as a designated Office does not require the furnishing, under Article 22, by the applicant of a copy of the international application.

4. TIME LIMITS for entry into the national phase

For the designated Office(s) listed above, and unless a demand for international preliminary examination has been filed before the expiration of **19 months** from the priority date (see Article 39(1)), the applicable time limit for entering the national phase will, **subject to what is said in the following paragraph**, be **20 MONTHS** from the priority date.

In practice, **time limits other than the 20-month time limit** will continue to apply, for various periods of time, in respect of certain of the designated Offices listed above. For **regular updates on the applicable time limits** (20 or 21 months, or other time limit), Office by Office, refer to the *PCT Gazette*, the *PCT Newsletter* and the *PCT Applicant's Guide*, Volume II, National Chapters, all available from WIPO's Internet site, at <http://www.wipo.int/pct/en/index.html>.

It is the applicant's **sole responsibility** to monitor all these time limits.

Docketed

Due Date

File No 3091-016-01 PCT

[Signature]

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Authorized officer

Lingfei Bai 000084

Facsimile No. +41 22 338 82 70

e-mail: pt02.pct@wipo.int

PATENT COOPERATION TREATY

WO 2013/015914
PCT/US2012/043213



From the INTERNATIONAL BUREAU

PCT

SECOND AND SUPPLEMENTARY NOTICE
INFORMING THE APPLICANT OF THE
COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL
APPLICATION (TO DESIGNATED OFFICES
WHICH APPLY THE 30 MONTH TIME
LIMIT UNDER ARTICLE 22(1))

(PCT Rule 47.1(c))

To:

KILYK, Luke, A.
Kilyk & Bowersox, P.L.L.C
400 Holiday Court, Suite 102
Warrenton, VA 20186
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

Date of mailing (day/month/year)
28 November 2013 (28.11.2013)

Applicant's or agent's file reference
3091-016-01

IMPORTANT NOTICE

International application No.
PCT/US2012/043213

International filing date (day/month/year)
20 June 2012 (20.06.2012)

Priority date (day/month/year)
26 July 2011 (26.07.2011)

Applicant
INGRAIN, INC. et al

- ATTENTION:** For any designated Office(s), for which the time limit under Article 22(1), as in force from 1 April 2002 (30 months from the priority date), **does not apply**, please see Form PCT/IB/308(First Notice) issued previously.
- Notice is hereby given that the following designated Office(s), for which the time limit under Article 22(1), as in force from 1 April 2002, **does apply**, has/have requested that the communication of the international application, as provided for in Article 20, be effected under Rule 93bis.1. The International Bureau has effected that communication on the date indicated below:
31 January 2013 (31.01.2013)

AZ, BY, CN, EP, HU, KG, KP, KR, MD, MK, MZ, NA, NG, PG, RU, SY, TM

In accordance with Rule 47.1(c-bis)(i), those Offices will accept the present notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

- The following designated Offices, for which the time limit under Article 22(1), as in force from 1 April 2002, **does apply**, have not requested, as at the time of mailing of the present notice, that the communication of the international application be effected under Rule 93bis.1 :

AE, AG, AL, AM, AO, AP, AT, AU, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BZ, CA, CH, CL, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EA, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KM, KN, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LY, MA, ME, MG, MN, MW, MX, MY, NI, NO, NZ, OA, OM, PE, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, TH, TJ, TN, TR, TT, UA, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

In accordance with Rule 47.1(c-bis)(ii), those Offices accept the present notice as conclusive evidence that the Contracting State for which that Office acts as a designated Office does not require the furnishing, under Article 22, by the applicant of a copy of the international application.

4. TIME LIMITS for entry into the national phase

For the designated or elected Office(s) listed above, the applicable time limit for entering the national phase will, **subject to what is said in the following paragraph**, be **30 MONTHS** from the priority date.

In practice, **time limits other than the 30-month time limit** will continue to apply, for various periods of time, in respect of certain of the designated or elected Office(s) listed above. For **regular updates on the applicable time limits** (30 or 31 months, or other time limit), Office by Office, refer to the *PCT Gazette*, the *PCT Newsletter* and the *PCT Applicant's Guide*, Volume II, National Chapters, all available from WIPO's Internet site, at <http://www.wipo.int/pct/en/index.html>.

It is the applicant's **sole responsibility** to monitor all these time limits.

000085

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Authorized officer

Lingfei Bai

Facsimile No. +41 22 338 82 70

e-mail: pt02.pct@wipo.int

REIVINDICACIONES

1. Un método para estimar la densidad aparente de al menos un objeto de destino caracterizado porque comprende:

5 i. realizar una exploración de dos o más objetos de referencia con densidad aparente conocida y tres o más objetos de calibración con densidad aparente conocida y número atómico efectivo,

10 ii. obtener una relación funcional entre error de densidad aparente y el número atómico efectivo usando valores de exploración de los objetos de referencia y los objetos de calibración,

iii. realizar una exploración del objeto de destino y los objetos de calibración,

15 iv. obtener densidad no corregida y número atómico efectivo para el objeto de destino,

v. obtener correcciones de densidad aparente usando la relación funcional entre error de densidad aparente y el número atómico efectivo de los objetos de referencia, y el número atómico efectivo para el objeto de destino, y

20 vi. obtener la densidad aparente corregida usando las correcciones de densidad aparente.

2. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el objeto de destino es un cuerpo poroso.

3. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el objeto de destino es una muestra de rocas o un núcleo de pozo.

4. El método de conformidad con la reivindicación 1,

000086

caracterizado porque el objeto de destino es un núcleo de pozo.

5. Un método para estimar la densidad aparente de un objeto de destino caracterizado porque comprende:

5 i. obtener mediciones de densidad aparente y número atómico efectivo de un conjunto de objetos incluyendo dos o más objetos de referencia con densidad aparente conocida y tres o más objetos de calibración con densidad aparente conocida y número atómico efectivo, usando exploración del
10 objeto de destino y los objetos de referencia;

 ii. expresar un error de la densidad aparente de los objetos de referencia obtenidos de la medición en la etapa i como una función del número atómico efectivo de los objetos de referencia;

15 iii. obtener mediciones de densidad aparente y número atómico efectivo del objeto de destino con densidad aparente desconocida, de una manera idéntica a la etapa i;

 iv. calcular el error de la densidad aparente del objeto de destino obtenido de la medición en la etapa iii usando el
20 número atómico efectivo del objeto de destino obtenido en la etapa iii y función de error de densidad aparente obtenida en la etapa ii;

 v. calcular el valor de densidad aparente del objeto de destino obtenido de la medición en la etapa iii por el valor del error predicho en la etapa iv.

6. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el objeto de destino es un sólido.

7. El método de conformidad con la reivindicación 1,

000087

caracterizado porque el objeto de destino es un líquido o comprende un líquido.

8. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el objeto de destino se obtiene de un
5 sitio de perforación, sitio de perforación propuesto, sitio subterráneo, o sitio por arriba del suelo.

9. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la exploración es una exploración CT.

10. El método de conformidad con la reivindicación 1,
10 caracterizado porque la exploración es una exploración CT de rayos X de energía dual.

11. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los dos o más objetos de referencia son muestras de rocas, muestras de núcleo de pozo, muestras de
15 núcleo de pozo parcial, u otros objetos que tienen una densidad aparente conocida.

12. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los tres o más objetos de calibración tienen un diferente número atómico efectivo y/o densidad
20 aparente el uno del otro.

13. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque al menos uno de los tres o más objetos de calibración comprende un líquido.

14. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque al menos uno de los tres o más objetos de calibración comprende un sólido.

15. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque al menos uno de los tres o más objetos

000088

de calibración es un material mineral, un material de polímero, o una solución acuosa.

16. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración son cuarzo, 5 Teflón, y agua.

17. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la exploración se realiza con un escáner, en donde el escáner mueve a la exploración del objeto de destino, objetos de referencia, y objetos de 10 calibración.

18. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la exploración se realiza con un escáner, en donde el objeto de destino, objetos de referencia, y objetos de calibración se mueven a través de un 15 escáner estacionario.

19. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de referencia y/o objeto de destino se encuentran en una bandeja.

20. El método de conformidad con la reivindicación 1, 20 caracterizado porque los objetos de calibración se encuentran adyacentes a los objetos de referencia y/o objeto de destino.

21. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración están en contacto con el objeto de destino y/o al menos un objeto de referencia.

22. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración se encuentran adyacentes a los objetos de referencia y/o objeto de destino,

000089

pero no en contacto con los objetos de referencia u objeto de destino.

23. El método de conformidad con la reivindicación 21, caracterizado porque los objetos de calibración se fijan o de
5 otra manera sujetan en su lugar por la bandeja.

24. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración se espacian igualmente alrededor de los objetos de referencia o el objeto de destino.

10 25. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de referencia y el objeto de destino se exploran con la misma exploración.

26. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de referencia y el objeto de
15 destino se exploran en serie.

27. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque uno o más objetos de referencia y el objeto de destino se exploran de forma separada.

28. El método de conformidad con la reivindicación 1,
20 caracterizado porque los objetos de calibración tienen suficientes voxeles en cada sección transversal de cada objeto de calibración para promediado eficiente de los valores explorados.

29. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada objeto de calibración tiene 300 voxeles o más por sección que se exploran.

30. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada objeto de calibración tiene 400

000090

voxels hasta 1,000 voxels por sección que se explora.

31. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración son circulares o semi-circulares.

5 32. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada objeto de calibración varía en forma y/o tamaño el uno del otro.

33. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración tienen un
10 tamaño y forma uniforme con respecto el uno al otro.

34. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de calibración tienen una suficiente longitud de tal forma que cada objeto de calibración es siempre parte de cualquier exploración de los
15 objetos de referencia o el objeto de destino.

35. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada uno de los objetos de calibración evitan elementos que tienen una relación de peso atómico a número atómico mayor que 2.1.

20 36. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada uno de los objetos de calibración son homogéneos en un nivel de resolución de la exploración.

37. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque cada uno de los objetos de calibración son homogéneos en un nivel de resolución de 0.2 mm o menos.

38. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los mismos objetos de calibración se usan durante la exploración de los objetos de referencia y

000091

objeto de destino.

39. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de referencia tienen una sección similar o misma sección transversal en tamaño y forma al objeto de destino.

40. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los objetos de referencia son circulares o semi-circulares.

41. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque las etapas i. y iii. se pueden realizar en cualquier orden.

42. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la densidad no corregida y/o número atómico efectivo se basa sobre un promedio por corte de la exploración del objeto de destino.

43. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la densidad aparente corregida se basa sobre un promedio por corte de la exploración en vista de las correcciones de densidad aparente.

44. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la densidad no corregida y/o número atómico efectivo se basa sobre un promedio de exploración completa del objeto de destino.

45. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la densidad aparente corregida se basa sobre un promedio de exploración completa en vista de las correcciones de densidad aparente.

46. El método de conformidad con la reivindicación 1,

000092

caracterizado porque obtener una relación funcional entre el error de densidad aparente y el número atómico efectivo usando valores de exploración de los objetos de referencia y los objetos de calibración comprende

5 i. explorar los objetos de referencia y objetos de calibración en un escáner CT de rayos X, y

ii. grabar los valores CT alto y bajo de las exploraciones CT de rayos X, y

10 iii. promediar los valores CT alto y bajo en cada plano X-Y de los objetos de referencia y objetos de calibración, y

iv. usar la densidad aparente conocida y número atómico efectivo de los objetos de calibración y sus respectivos valores CT para calcular una relación funcional entre error de densidad aparente y número atómico efectivo.

15 47. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la obtención de correcciones de densidad aparente usando la relación funcional entre el error de densidad aparente y el número atómico efectivo de los objetos de referencia, y el número atómico efectivo para el objeto de
20 destino comprende una corrección de densidad aparente absoluta y/o corrección de densidad aparente relativa.

48. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la obtención de la densidad aparente corregida usando las correcciones de densidad aparente comprende aplicar corrección de densidad aparente absoluta y/o corrección de densidad aparente absoluta.

49. El método de conformidad con la reivindicación 5, caracterizado porque los objetos de referencia son muestras

de rocas, muestras de núcleo de pozo, o muestras de núcleo de pozo parcial.

50. El método de conformidad con la reivindicación 5, caracterizado porque las mediciones de la densidad aparente y el número atómico de los objetos de referencia en la etapa i se realizan al explorar los objetos de referencia e interpretar los valores producidos por el escáner.

10

15

20

000094

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-



RECIBO DE CAJA

No. 14 - 001283

Bogotá D.C., Enero 08 de 2014 - 15:18:09

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	569012835	08/01/2014	90.526.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT. RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1 50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN	515.000.00	515.000.00
			\$515.000.00

SON: **QUINIENTOSQUINCE MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 14-014356- -00000-0000

Fecha: 2014-01-24 15:50:08 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 96

000095

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

, Enero 8 de 2014 - 15:18:36

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

RECIBO DE CAJA

No. 14 - 007034

Bogotá D.C., Enero 23 de 2014 - 09:05:44

RECIBIDO DE : CLARKE MODET

NI 830.008.643

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
RECIBO DE CA	999999999	7033	23/01/2014		2.165.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
40	50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INIC	31.000.00	1.240.000.00
				\$1.240.000.00
			=====	

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

Responsable: _____

-****-

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 14-014356- -00000-0000

Fecha: 2014-01-24 15:50:08 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 96

000096

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@slc.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Enero 23 de 2014 - 09:05:45

PATENTE 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 ☐

