

Delegatura de Propiedad Industrial
División de Nuevas Creaciones

SOLICITUD
PATENTE DE INVENCION

21. **EXPEDIENTE No.** _____

54. **TÍTULO** METODO Y DISPOSITIVO PARA MEDIR LAS DIMENSIONES DE UN
TÚNEL DE PERFORACION

51. **CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL** _____

71. **SOLICITANTE** SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.

DOMICILIO E.U.A.

74. **APODERADO** GERMAN CASTILLO GRAU

22. **BOGOTÁ, D.C.,** 2013



No. 13-184473- -00000-0000

Fecha: 2013-08-02 15:39:57 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 35

DIREC
SOLICITUD FASE NACIONAL - PCT

1	TIPO SE SOLICITUD	☒ Patente de invención ☒ Capítulo I	☐ Patente de Modelo de Utilidad ☐ Capítulo II
2	DATOS SOLICITUD INTERNACIONAL PCT (86)		
Solicitud Internacional No.		PCT/US2012/020057	Fecha Enero 3, 2012
Publicación Internacional No.		WO 2012/094305 A2	Fecha Julio 12, 2012
3	TÍTULO DE LA INVENCIÓN (200 caracteres o espacios máximos)		
MÉTODO Y DISPOSITIVO PARA MEDIR LAS DIMENSIONES DE UN TÚNEL DE PERFORACIÓN			
4	CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL (GIP)		
E21B 47/08;G01B 17/00;G01V 1/44			
5	SOLICITANTE (S) ☐ Esta persona también es inventor. Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria		
SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.		IDENTIFICACIÓN	TIPO
6	DATOS DEL SOLICITANTE		
DIRECCIÓN		Parkstraat 83-89	No. TELÉFONO
CIUDAD		La Haya	CORREO ELECTRÓNICO
PAIS		Holanda	NACIONALIDAD O LUGAR DE CONSTITUCIÓN
			HOLANDA
7	INVENTOR (ES) Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria		
1	APELLIDOS	NOMBRES	NACIONALIDAD
	D'Angelo	Ralph M.	E.U.A.
2	Williams	Harvey	Reino Unido
DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO:			
8	DATOS INVENTOR (ES)		
1	PAÍS RESIDENCIA	DEPARTAMENTO/ESTADO	CIUDAD
	E.U.A.	Connecticut	New Fairfield
2	E.U.A.	Texas	Houston
			DIRECCIÓN
			30 Musket Ridge Road
			7550 Kirby Drive, Apt. 823
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		
GERMAN CASTILLO GRAU		IDENTIFICACION	
		C.C. 17.017.671 de TP 2.978 del Bogotá C.S.J.	
DIRECCIÓN		Carrera 13 No. 37-43 Piso 12	No. TELÉFONO 285 7460
CIUDAD		Bogotá, D.C.	CORREO ELECTRÓNICO info@castillograu.c
			om
PAÍS		Colombia	No. RADICACIÓN O PORTOCOLO DE PODER GENERAL

10	DECLARACIONES DE PRIORIDAD ☒ SI ☐ NO		
	(33)PAIS DE ORIGEN	CÓDIGO PAÍS	(31) NÚMERO
1			
2	E.U.A.		12/985,922
3			Enero 06, 2011
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	DECLARACION SOBRE USO DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES		
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicional 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 la 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	AUTORIZACION DE NOTIFICACION EN LINEA ☐ 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.	Fecha.
16	FIRMA DEL SOLICITANTE DEL APODERADO O DEL REPRESENTANTE LEGAL		
Junto a cada firma, indicar el nombre del firmante y su calidad (si tal calidad no es obvia al leer el petitorio)			
GERMAN CASTILLO GRAU			
17	ANEXOS		
Documentación Técnica		Documentación Jurídica	
Solicitud Internacional en Castellano			
1	☒ Descripción	No. De folios:	9 ☒ Poderes, si fuera el caso.
2	☒ Reivindicaciones	No. Reivindicaciones:	10 ☐ Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante
3	☒ Dibujos y/o figuras	No. Folios:	11 ☐ Copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado número de registro, si fuera al caso
4	☒ Resumen		12 ☐ Copia de la licencia o autorización de conocimientos Tradicionales, o 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 animo de lucro
			☐ Copia de registro vigente en Cámara de comercio

3

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN ☒ Patente de Invención ☐ Patente modelo de utilidad ☐ PCT	
(21) No. De solicitud PCT/US2012/020057		(51) int. Cl: E21B 47/08;G01B 17/00;G01V 1/44;
(22) Fecha de solicitud Enero 3, 2012		(71) Solicitante (s) SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.
(30) Prioridad SI		(72) Inventor (es) D'Angelo Ralph M Williams Harvey
(31) No. Prioridad 12/985,922		(74) Apoderado (s) GERMAN CASTILLO GRAU
(32) Fecha Enero 06, 2011		
(33) País E.U.A.		
(54) Título MÉTODO Y DISPOSITIVO PARA MEDIR LAS DIMENSIONES DE UN TÚNEL DE PERFORACIÓN		
<i>Las casillas identificadas con 85, 86 y 87 sólo aplican para PCT</i>		
(85) Fecha límite inicio Fase Nacional		
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT Fecha Enero 03, 2012 No. de solicitud PCT/US2012/020057	(87) Publicación internacional Fecha Julio 12, 2012 No. Publicación WO 2012/094305 A2	
Un método para registrar un túnel de perforación y las características asociadas del túnel de perforación puede incluir las siguientes características. Un dispositivo de registro que incluye un transductor ultrasónico se localiza en el fondo de pozo dentro de un pozo. El pozo tiene un revestimiento. El transductor ultrasónico tiene un punto focal que se encuentra a una distancia desde el transductor ultrasónico a fin de encontrarse detrás de la cara interior del revestimiento. Una señal ultrasónica se proyecta desde el transductor ultrasónico. Una reflexión de la señal ultrasónica se refleja desde una porción interna del túnel de perforación, el túnel de perforación que se extiende a través del revestimiento y dentro de la formación. Se mide un tiempo de tránsito entre la transmisión y la recepción de la señal ultrasónica. Se determina una posición del transductor ultrasónico correspondiente a la transmisión ultrasónica y la recepción de la señal reflejada.		



CONSULADO DE COLOMBIA

El suscrito Cónsul de Colombia (E) en La Haya, Holanda,
vistos los documentos presentados por los interesados,

CERTIFICA:

Que el Señor **A.J. VAN DER LINDEN**, quien como Notario Público de La Haya, Países Bajos, autenticó la firma del signatario del poder precedente, ejercía en la fecha las funciones indicadas, y su firma corresponde a la registrada en este Consulado.

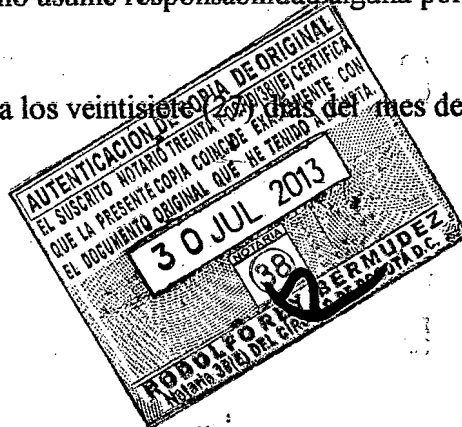
Que la Compañía **SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.** es una Sociedad constituida de acuerdo con las leyes de los Países Bajos, cumple su objeto conforme a las mismas y se halla registrada en la Cámara de Comercio y Fábricas de La Haya, Haaglanden, bajo el número **27101455**;

Que el Señor **Abraham Rutger VERBURG**, signatario del presente documento, quien en su carácter de Director de la Empresa **SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.** tiene facultad para ello y cuya firma fue autenticada ante el Notario Público de La Haya, el Señor **A.J. VAN DER LINDEN**, es el representante legal de la citada Empresa en este país.

El Cónsul de Colombia (E) en La Haya, Países Bajos, no asume responsabilidad alguna por el contenido del documento.

Esta certificación se expide en La Haya, Países Bajos, a los veintiséis (26) días del mes de Octubre de dos mil (2000).

Impuesto de Timbre US\$ 7.00.
Derechos Consulares US\$. 100.00
Costo Total Pagado US\$. 107.00
Certificación No. 263




CARLOS ABONDANO B.
CONSUL DE COLOMBIA (E)
LA HAYA

MINISTERIO DE RELACIONES
EXTERIORES

NO SE ASUME
RESPONSABILIDAD DEL

2011 NOV -9 A 11:03

JEFE DE LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA D.C.

468464
Cuya firma aparece en el
DOCUMENTO DESEMPENA
LAS FUNCIONES INDICADAS



GOBIERNO DE COLOMBIA

Castillo Grau & Associates

LAW OFFICES
P.O. BOX 251473
BOGOTA, COLOMBIA

FOR PATENTS AND TRADE MARKS IN
COLOMBIA

PODER GENERAL

GENERAL POWER OF ATTORNEY

(1) SCHLUMBERGER TECHNOLOGY
B.V.

(1) SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.

1 Applicant's name

domiciliado en (2) La Haya, Holanda

domiciled in (2) PARKSTRAAT 83-89
2514 V.G. THE HAGUE
THE NETHERLANDS

2 Applicant's Address

nombra al Dr. (3) German Castillo Grau y/o Adriana
Castillo Gibsone y/o Luis Felipe Castillo Gibsone.

hereby appoints (3) German Castillo Grau and/or
Adriana Castillo Gibsone and/or Luis Felipe Castillo

Leave blank

con oficinas en la Carrera 13 No. 37 -43 Piso 12 en Bogotá Colombia como sus representantes con poder especial amplio y suficiente, para recabar de las oficinas y autoridades Colombianas administrativas, judiciales o de policía, en primera o segunda instancia, la obtención de Patentes de Invención, Registro de Marcas, de Modelos y de Dibujos Industriales, de Nombres Comerciales y Enseñas, lo mismo que trasposos, extensiones, renovaciones, cambios de nombre, registro de licencias de explotación y registro de licencias de uso referentes a tales actuaciones, a cuyo efecto les faculta para dar ante dichas autoridades todos los pasos necesarios al objeto indicado, elevar solicitudes, formular descripciones, enmiendas, protestas, declaraciones, apelaciones y reclamos, solicitar la aplicación de medidas cautelares, aceptar en nuestro nombre y representación la Cesión de derechos de invención y de patente de invención que se nos haga por cualquier persona, abonar todos los impuestos, cuotas y pagos determinados por la ley, recibir todos los documentos y valores dando el descargo respectivo, llenar cualesquiera otros requisitos, desistir y tomar en fin todas las medidas que creyeran conducentes al resguardo de nuestros intereses y en caso de presentarse oposiciones para que intervengan como demandantes o como demandados, con todas las demás facultades legales necesarias. Este poder comprende además las facultades de recibir, desistir, transigir, comprometer, sustituir, revocar sustituciones, recibir notificaciones y nombrar apoderadosos judiciales o extra-judiciales.

With offices at Carrera 13 No. 37 -43 Piso 12 en Bogotá, Colombia as our representatives with special ample and sufficient power to obtain from the offices and Colombian authorities, administrative, judicial and police, in first or in second instance, Patents of Invention, Registration of trade Marks, of Models and Industrial Drawings, of Commercial Names and ensigns, as well as assignments, extensions, renewals, changes of name, registration of licences of exploitation and of licences of use referring to said actions who are empowered to take before said authorities all of the necessary steps for the purposes indicated, to file applications, to formulate descriptions, corrections, protests, declarations, appeals and claims, apply for precautionary measures, to accept on our behalf and representation, the assignment of rights of invention and titles of invention that may be done to us by any person, to pay all taxes, quotas and payments prescribed by law, to receive all the documents and proceeds giving the respective acquittance or receipt; to fulfill any other requisites to desist and take in fact any other measures that may be deemed conducive to the safeguard of our interests, and in case oppositions are presented to intervene as complainant and defendant, with all necessary legal faculties. This power of attorney includes the faculties to receive, desist, compromise, transact, substitute it in all or in part, to revoke substitutions, to receive notifications and to appoint extra-judicial or judicial attorneys.

4 Date

5 Applicant's signature

The applicant's signature must be attested by a Notary Public through the NOTARIAL CERTIFICATE: in the "(Individual)", when the signer is a natural person; and in the "(Corporations)", when is a legal one. The Notary's signature must then be legalized by a Colombian Consular Officer.

La firma del solicitante debe ser atestada por un Notario Público por medio de la DECLARACION NOTARIAL: en la "(Individual)", cuando el firmante es una persona natural; y en la de "(Sociedades)", cuando es una persona jurídica. La firma del notario deberá ser legalizada por el Consulado Colombiano.

Dado y firmado en (4) Octubre 2, 2000

Given and signed in (4) 2 OCTOBER 20

(5) [Signature]

Corporate Seal to be affixed

La declaración Notarial a la vuelta.
Notarial acknowledgement on other side.

DECLARACION NOTARIAL

(Individual)

A los días del mes de 19
comparecí personalmente ante mí, No-
tario Público.

a quien(es) doy fé de conocer y me consta que
es (son) la(s) persona(s) descritas y fir-
mante(s) del documento que precede, decla-
rando ante mí que otorga(n) el mismo para los
fines y propósitos que en él se expresan.

El Notario Público,

NOTARIAL CERTIFICATE

(Individual)

On this day of personally
appeared before me, a Notary Public

to me known, and known to me be the
person(s) described in and who executed the
foregoing document, and he (they) duly ack-
nowledged to me that he (they) executed same
for the uses and purposes therein expressed.

Notary Public

(Sociedades)

El infrascrito Notario Certifica: que la firma
que antecede y dice

Abraham Rutger Verburg

es auténtica; que el signatario desempeña
actualmente el cargo de **Director**

Gerente

de **SCHLUMBERGER TECHNOLOGY**
B.V.

que tiene facultad para otorgar este poder; y
que dicha compañía está domiciliada en

La Haya, Holanda

y actualmete existe y está organizada de
acuerdo a las leyes de **Holanda**

Todos los hechos anteriores le constan por
haber examinado los documentos respectivos
y de todo ello da fé.

Dado y firmado en **La Haya,**
Holanda

El Notario Público

(Corporations)

The undersigned Notary Public certifies
the preceding signature reading

Rutger Verburg

is authentic; that the signor(a) present fills the
post of **Managing Director**

of **Schlumberger**
Technology B.V.

and that he is empowered to grant this power
and that said company is domiciled in

The Hague, The
Netherlands

and actually exists and is organized in accord-
ance with the laws of **The**

Netherlands

all the foregoing facts are known to the No-
tary due to his having examined the respetive
documents to which he, the Notary attests

Granted and signed in **The Hague,**
The Netherlands

Notary Public

(Con legalización Consular)

(With Consular legalization)





Gezien voor legalisatie der handtekening
van Mr. A.G. van der Linden
door Ons President van de Arrondissements-
rechtbank te 's-Gravenhage, de

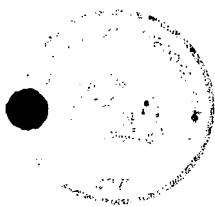
10 OKT. 2000

Attm



Gezien voor legalisatie van de handtekening
van dhr/mw fna de Raad

's-Gravenhage, 10 OKT 2000



Gezien voor legalisatie van de handtekening
van mr. A.H. van Delden
President van de Arrondissementsrechtbank te Den Haag
's-Gravenhage
De Minister van Justitie,
namens de minister,
hoofd van de directie Bedrijfsvoering en Ondersteuning
Bestuursdepartement,
voor deze,

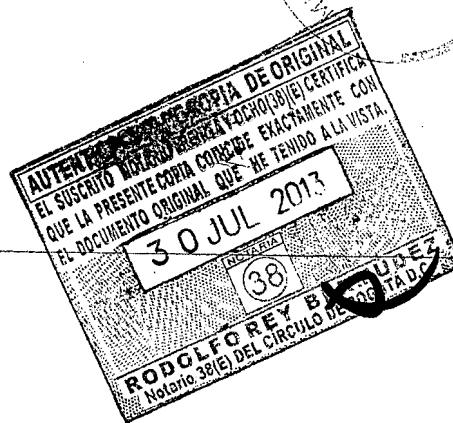
10 OKT. 2000

Van Delden



De Minister van
Buitenlandse Zaken
voor deze,

I.S. IJserinkhuijsen
mw I.S. IJserinkhuijsen



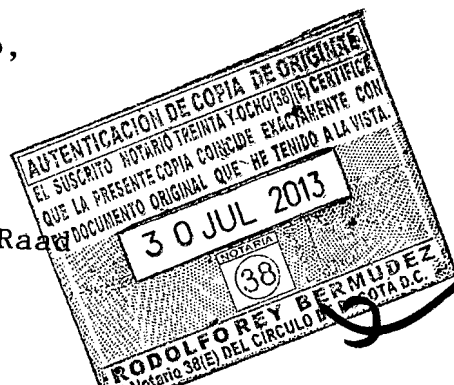
X

CORNELIO NIEMAN TRADUCTOR OFICIAL RESOLUCION 5455, NOV5,82

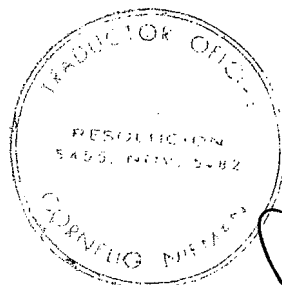
TRADUCCION OFICIAL
DE LEGALIZACIONES
DEL HOLANDES AL INGLES
PERTENECIENTES A DOCUMENTOS DE SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.

Visto para legalización de la firma de Mr. A.J.van der Linden
por Presidente de la Corte del Distrito de La Haya
el 09 OCT 2000
lleva firma y sello

Visto para legalización de mr. A.H. van Delden
Presidente de la Corte del Distrito La Haya
El Ministro de Justicia, en nombre del Ministro,
Jefe de la dirección Manejo y Apoyo
Departamento Administrativo
para el, firma y sello 10 oct 2000



Visto para legalización de la firma de PNA de Raay
La Haya 10 oct 2000
El Ministro de Relaciones Exteriores para el,
firma Sra I.S. IJserinkhuijsen
fl 20,=
Lleva Certificación Consul de Colombia en La Haya Holanda
de fecha 27 Octubre 2000 firmado por Carlos ABONDANO B
con no. 263 sello seco
Lleva sello Ministerio de Relaciones Exteriores, Jefe
Legalizaciones, Bogotá de fecha 2000 NOV 9 con no. 468464
firmado



Opt 2

MINISTERIO DE RELACIONES
EXTERIORES

132579

Cornelio Nieman
CUYA FIRMA APARECE EN EL
DOCUMENTO DESEMPENA
LAS FUNCIONES INDICADAS

NO SE ASUME
RESPONSABILIDAD DEL TEXTO

2001 MAY -8 A 11:10

Jefe de LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA D.C.

cb

MÉTODO Y DISPOSITIVO PARA MEDIR LAS DIMENSIONES DE UN TÚNEL DE PERFORACIÓN

CAMPO TÉCNICO

La presente solicitud se refiere generalmente a la medición de los túneles de perforación en pozos de petróleo, y más específicamente a la medición de la profundidad y otras dimensiones de los túneles de perforación con un pulso ultrasónico y la reflexión del mismo.

ANTECEDENTES

La productividad de los fluidos de petróleo y de gas procedentes de formaciones subterráneas se controla típicamente al revestir y perforar el hoyo. Para maximizar el rendimiento del pozo, las propiedades de la perforación se optimizan mediante su colocación vertical, planificación en etapas y morfología interna. Si las mediciones de las propiedades de la perforación pueden tomarse in situ, los servicios de estimulación pueden diseñarse después de manera óptima para aumentar la productividad o la inyectividad. Específicamente, para los pozos antiguos y nuevos, para optimizar el rendimiento es deseable conocer la longitud del túnel de perforación abierto.

En consecuencia, la presente solicitud proporciona un número de modalidades preferidas que tratan muchos problemas de esos y otros relacionados.

COMPENDIO

La descripción que sigue es una breve sinopsis de una combinación de características de acuerdo con una modalidad preferida de la presente solicitud.

Un método de registro de un túnel de perforación y las características asociadas del túnel de perforación puede incluir las características que siguen. Un dispositivo de registro que incluye un transductor ultrasónico se localiza en fondo de pozo dentro de un pozo. El pozo tiene un revestimiento. El transductor ultrasónico tiene un punto focal que es una distancia desde el transductor ultrasónico a fin de encontrarse detrás de la cara interior del revestimiento. Una señal ultrasónica se proyecta desde el transductor ultrasónico. Se produce una reflexión de la señal ultrasónica desde una porción interna del túnel de perforación, el túnel de perforación que se extiende a través del revestimiento y dentro de la formación. Se mide un tiempo de tránsito entre la transmisión y la recepción de la señal ultrasónica. Se determina una posición del transductor ultrasónico que corresponde a la transmisión y la recepción de la señal ultrasónica reflejada.

Este compendio no pretende en modo alguno limitar indebidamente las reivindicaciones relacionadas con esta solicitud sino que meramente pretende presentar un compendio de algunas combinaciones preferidas de características de acuerdo con las modalidades preferidas en la presente solicitud. Muchas modalidades preferidas pueden incluir combinaciones diferentes que incluyen otras características.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una vista lateral de un transductor ultrasónico de acuerdo con las modalidades preferidas.

La Figura 2 es una vista esquemática superior de un transductor ultrasónico de acuerdo con las modalidades preferidas.

La Figura 3 es una vista esquemática lateral de una herramienta de registro de acuerdo con las modalidades preferidas.

La Figura 4 es una vista esquemática lateral de un túnel de perforación en relación con un transductor ultrasónico de acuerdo con las modalidades preferidas.

Las Figuras 5a y 5b son gráficos de señales ultrasónicas recibidas por un transductor ultrasónico de acuerdo con las modalidades preferidas.

Las Figuras 6a y 6b son gráficos de señales ultrasónicas recibidas en una perforación de agujero abierto de acuerdo con las modalidades preferidas.

La Figura 7 es un gráfico de una posición del transductor ultrasónico, el tiempo de tránsito de una señal ultrasónica, y la amplitud de la señal ultrasónica, donde la amplitud se representa en una escala de grises.

La Figura 8 es un diagrama que muestra la reflexión del sonido en un hoyo revestido.

La Figura 9 es un diagrama que muestra el ruido de retorno y la amplitud de la señal de retorno en el tiempo.

La Figura 10 es un diagrama que muestra el ruido de retorno y la amplitud de la señal de retorno en el tiempo.

La Figura 11 muestra una fuente de haz plano.

La Figura 12 muestra una fuente de haz enfocado.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En la siguiente descripción, se exponen numerosos detalles para proporcionar una comprensión de las modalidades preferidas. Sin embargo, se comprenderá por los expertos en la materia que las modalidades de acuerdo con la presente solicitud pueden llevarse a la práctica sin muchos de estos detalles y que son posibles numerosas variaciones o modificaciones de las modalidades descritas.

Tal como se usa en la presente, los términos "encima" y "debajo"; "arriba" y "abajo"; "superior" e "inferior"; "hacia arriba" y "hacia abajo"; y otros términos similares que indican posiciones relativas por encima o por debajo de un determinado punto o elemento se usan en esta descripción para describir más claramente algunas modalidades. Sin embargo, cuando se aplican a los equipamientos y métodos que se usan en pozos que se desvían o que son horizontales, dichos términos pueden referirse a una relación de izquierda a derecha, de derecha a izquierda, o en diagonal según convenga.

Para extraer hidrocarburos u otros fluidos valiosos a partir de formaciones subterráneas, se crean pozos que se extienden dentro del suelo. Para sostener estos pozos, proporcionar aislamiento de zonas del yacimiento, e impedir derrumbes, entre otras cosas, frecuentemente se proporcionan revestimientos. Estos revestimientos se cementan en el lugar y revisten el hoyo. Con el objetivo de extraer los fluidos procedentes de la formación dentro del hoyo, se crean agujeros (perforaciones), que frecuentemente son de sección transversal generalmente circular y de forma tubular o "de zanahoria", a través y más allá del revestimiento dentro de la formación. Las perforaciones son el punto de partida para las terminaciones naturales, la acidificación, el relleno con grava y la fracturación. Cada aplicación tiene diferentes requisitos de la morfología de las perforaciones: desde corta y gruesa hasta estrecha y larga. En las perforaciones en pozo abierto, donde no hay revestimiento que recubre el hoyo se llevan a cabo procedimientos similares.

La medición de la longitud del túnel de perforación abierto es más conveniente para determinar los servicios de estimulación de perforación que pueden aplicarse a una terminación para aumentar el rendimiento del pozo.

Para crear los agujeros o perforaciones, se bajan pistolas de perforación dentro del hoyo. Las pistolas de perforación contienen una pluralidad de cargas huecas que disparan proyectiles a través del revestimiento y dentro de la formación terrestre creando de esta manera agujeros en el revestimiento y túneles de perforación en la formación. Donde el material de los escombros se ha eliminado, o de cualquier otra manera expulsado dentro del hoyo, se obtiene un túnel de perforación abierto. De aquí en adelante, podemos referirnos al túnel de perforación abierto como el túnel. Donde el material procedente de la carga hueca, de la formación o del revestimiento se deposita en la perforación, hay escombros presentes.

El agujero de entrada en el revestimiento puede encontrarse en el intervalo de 0.17 hasta 0.45 pulgadas para terminaciones naturales, y ser mayor para otras aplicaciones. Detrás del revestimiento: típicamente, la profundidad del túnel (L_{pen} en la Figura 4) puede ser de hasta 59 pulgadas, sin embargo la longitud del túnel abierto (L_{op} en la Figura 4) es típicamente mucho menos, similarmente el diámetro máximo del túnel es típicamente de una a tres veces el diámetro del agujero de entrada en el revestimiento, pero en ciertas circunstancias nuevamente más grande.

El pequeño agujero en el revestimiento y el vacío interno más grande representarán un desafío principal para cualquier persona que intente una medición acústica de la profundidad de un túnel de perforación.

En primer lugar, el revestimiento tiene una impedancia acústica muy alta, que garantiza que casi toda la energía incidente se refleja de vuelta hacia el dispositivo transmisor. Esto asegura que el resplandor de la luz retrodispersada es muy intenso con relación a la débil señal resultante procedente de un agujero de perforación. Una analogía de esto sería usar una linterna, en un cuarto oscuro, para encontrar una pequeña picadura en un espejo. Esencialmente todo lo que vería el investigador sería la energía reflejada de la fuente de luz.

En segundo lugar, el pequeño agujero de perforación a través del revestimiento hace que sea aún más difícil introducir energía directamente dentro de la perforación. Dado que la ubicación exacta de estos agujeros de perforación es difícil de determinar, el dispositivo acústico puede explorar en azimut y profundidad, que significa que la modalidad preferida es desplegar el dispositivo en la herramienta de medición. Sin embargo, el dispositivo acústico podría ser fijo. Esto asegura que se producirá una cierta cantidad de dispersión del haz a medida que el haz acústico viaja desde el transmisor hacia la superficie interior del revestimiento.

Se convierte en un reto para una medición ultrasónica detectar una reflexión desde el extremo del túnel de perforación, sobre la gran señal de retrodispersión de la reflexión del revestimiento, al tener que trabajar con tan pequeño agujero de entrada. Dado que la señal de retrodispersión contiene componentes que reverberan entre el revestimiento y la cara del transductor, y dado que el fluido del hoyo tiene típicamente una velocidad acústica baja, estas reverberaciones pueden extenderse mucho en el tiempo.

De acuerdo con las modalidades preferidas, pueden usarse simultáneamente al menos dos técnicas para reducir la amplitud de este ruido de retrodispersión con relación a la amplitud de la reflexión del extremo del túnel:

- 1) orientar el sistema de transductores ultrasónicos de transmisión/recepción a una distancia de separación, con relación al revestimiento, que se reduce hasta el punto en que estas múltiples reverberaciones decaen más rápido en el tiempo a fin de permitir su diferenciación de las señales que reverberan desde el interior de un túnel de perforación.
- 2) elegir los parámetros de los transductores que producen un perfil, o forma del haz, que proporciona una relación beneficiosa de señal a ruido. En este caso, la señal es la porción de la energía

transmitida que entra en la perforación a través del pequeño agujero en el revestimiento, se refleja desde el extremo de la sección del túnel abierto, y vuelve de regreso para recibirse en el transductor de recepción. El ruido es la energía transmitida que se refleja de regreso al transductor de recepción desde el revestimiento de acero y las capas detrás de él, o desde otras estructuras contenidas en el hoyo. Al elegir los parámetros del transductor junto con unas directrices específicas bien definidas, puede producirse una señal reflejada intensa con relación a las amplitudes de los eventos de ruido reflejados, en la ventana de tiempo de la señal de retorno. Esta idea se ilustra en las Figuras 9 y 10.

A medida que se disminuye la distancia de separación entre el transductor y la superficie interior del revestimiento, disminuye además la separación en el tiempo de los ecos de reverberación que se producen entre los dos. Dado que cada eco múltiple implica aún otra reflexión parcial desde la cara del transductor o desde la superficie del revestimiento, cada eco múltiple contiene menos energía. Así, las disminuciones en la separación del transductor con relación al revestimiento conducen a que decaigan rápidamente las amplitudes de los ecos múltiples a un nivel muy bajo.

Dado que los atributos del fluido de propagación son los mismos o similares tanto en el recorrido de la energía hacia el revestimiento y hacia el extremo del túnel abierto, la velocidad es esencialmente siempre la misma. Así, la sincronización puede convertirse en un problema de geometría. Empíricamente, hemos demostrado que al usar un transductor enfocado que se enfoca más allá del revestimiento, se logra un nivel de amplitud aceptable de las reverberaciones del revestimiento después de aproximadamente 3 ciclos de reverberación. Así, de acuerdo con una modalidad preferida, se sigue que podemos medir un túnel abierto que es tan corto como 3 veces la distancia de separación. Usando esta relación, es posible seleccionar una separación basada en las profundidades mínimas de perforación que se espera medir.

La Figura 4 muestra un transductor 104 usado en un modo de pulso-eco, que significa que es tanto el dispositivo transmisor como el receptor. La distancia de separación del transductor, L_s , puede establecerse a 20 mm y el fluido puede ser agua. Así, basados en la discusión anterior, esperamos ser capaces de medir un túnel de perforación abierto de 60 mm. Tal longitud del túnel tendría una reflexión que llega a los 80 microsegundos. Esta ilustración incluye el cemento 406 que se usa para asegurar el revestimiento 402.

El gráfico de la Figura 5a muestra la señal reflejada devuelta al transductor cuando se excita una sección del revestimiento que no tiene ningún agujero de perforación. Las señales grandes que se producen entre 0 y 100 microsegundos son las reverberaciones entre el transductor y el revestimiento. La Figura 5B muestra la señal reflejada devuelta al transductor cuando se excita una sección del revestimiento que tiene un agujero de perforación, como se muestra en la Figura 4. La señal en aproximadamente 340 microsegundos es la llegada de una señal que hizo el recorrido en redondo a través de la distancia de separación, hasta el final del túnel 415, y de regreso al transductor. Este tiempo, en el agua, tomada como 1500 m/s, representa una distancia total recorrida de 510 mm. Dividiendo por dos para la distancia de recorrido en un sentido y restando los 20 mm de separación, hemos medido la longitud de un túnel abierto, L_{op} , de aproximadamente 235 mm. La señal grande que se produce entre el momento cero y aproximadamente 70 microsegundos es el ruido de la reverberación del revestimiento. Resulta claro que al usar este sistema, es posible detectar una reflexión de un túnel abierto que llegue a los 80 microsegundos. Así, las modalidades preferidas incluyen diseños del sistema de medición que establecen una separación del transductor que reduce el ruido de reverberación a niveles insignificantes en el punto en el instante en que se mide la señal del túnel de perforación, como se describió anteriormente.

De acuerdo con las modalidades preferidas, una segunda técnica se utiliza para aumentar esta relación señal a ruido. La primera técnica sirvió para reducir la extensión en el tiempo del ruido reflejado en el revestimiento. Esta segunda técnica sirve para aumentar la relación de la amplitud de la señal devuelta por el extremo del túnel de perforación abierto al nivel de ruido del revestimiento.

Al excitar el transductor, un haz (señal) de una forma finita se propaga en el fluido, hacia el revestimiento. Para transductores circulares, planos, la forma y el tamaño de ese haz depende del diámetro del transductor, la frecuencia de funcionamiento, y la velocidad acústica de los medios de propagación.

Para el problema de maximizar la cantidad de energía de un transductor que entra en el pequeño agujero de una perforación del revestimiento, una solución es usar un haz estrecho, confinado. Si un transductor pudiera emitir un haz perfectamente colineal, que tiene un diámetro más pequeño que el agujero en el revestimiento, una vez que el haz se alinea centrado en el agujero, la señal devuelta no tendría nada del ruido de reflexión en el revestimiento descrito anteriormente, y sólo contendría la reflexión en el extremo del túnel. Sin embargo, obtener un haz tan altamente colimado, en diámetros del transductor por debajo de 0.2" requeriría una frecuencia extremadamente elevada, lo cual es problemático debido a la atenuación en el fluido del pozo.

Cuando el haz se propaga lejos de un transductor circular, plano, comienza como un haz más bien confinado, que tiene un ancho de haz que es aproximadamente el mismo que el diámetro del transductor. Esta se conoce como la región de campo cercano del haz, conocida además como la longitud de Fresnel. A medida que se propaga más allá, el haz comienza a extenderse más rápidamente en su anchura circular. Esta región se conoce como la de campo lejano.

"Acoustic Waves: Devices, Imaging, and Analog Signal Processing", Kino, Gordon. S., Prentice-Hall, Inc., 1987, que se incorpora en la presente como referencia en su totalidad, explica que el final del campo cercano se da como cuando $S = 1$, para:

$$S = Z \lambda / a^2, \text{ donde}$$

Z = la distancia de propagación desde el transductor,

λ = la longitud de onda, y

a = el radio del transductor;

o, reescrito para $S = 1$, y expresando λ como la velocidad sobre la frecuencia, el punto extremo del campo cercano es aproximadamente cuando:

$$a^2 = Z c / f, \text{ donde}$$

f = frecuencia, y

c = velocidad en el medio

Para usar esta relación para especificar un transductor que proporcionará el haz colineal deseado, comenzaremos con el conocimiento dado de la distancia de separación deseada determinada anteriormente para reducir el tiempo de reverberación. Dado que es preferible tener que el intervalo de campo cercano se extiende más allá de la separación elegida de 20mm, elegimos un intervalo de campo cercano del triple de la separación, o $Z = 0.060$ m. Este margen de seguridad garantiza un haz colineal bien pasada la interfaz del revestimiento, profundo dentro del túnel de perforación. A continuación, elegimos una frecuencia. A partir de la ecuación anterior, resulta claro que si la frecuencia es demasiado baja (es decir, por debajo de 300 kHz) el diámetro del transductor será demasiado grande para una configuración de hoyo. Si la frecuencia es demasiado alta, (es decir, por encima de 5.0 MHz) las pérdidas por absorción y por dispersión de los fluidos de hoyo disminuirán la intensidad de la señal. Una frecuencia preferida es 1.0 MHz. Tomando que el fluido del pozo es agua, que tiene una velocidad acústica de 1500 m/s, la ecuación puede ahora resolverse para el radio del transductor, 'a', como:

$$a = \text{SQRT} (0.060 \text{ m} \cdot 1500 \text{ m/s} / 1.0 \text{ MHz}), \text{ o}$$

$$a = 0.0095 \text{ m, o } 9.5 \text{ mm.}$$

Así, el diámetro del transductor es de 9.5 mm. El transductor plano, circular, de inmersión Panametrics V303-SU es preferible para esta aplicación y está disponible comercialmente y se conoce como transductor plano circular Olympus-Panametrics Transductor (de Olympus-NDT de Waltham, Massachusetts).

Un método alternativo para aumentar la amplitud de la señal devuelta por el extremo del túnel de perforación abierto es conformar el haz de una manera enfocada. Al tener un perfil de haz emitido que se enfoca hacia un tamaño de punto pequeño detrás de la superficie interior del revestimiento, toda, o la mayor parte de la energía procedente del transductor entrará en la perforación. Esta viajará después a lo largo de varios caminos hacia el extremo del túnel, y se reflejará de regreso hacia el transductor. La magnitud de ruido de dispersión procedente de la superficie interior del revestimiento será aceptablemente baja. El resultado es una relación de señal a ruido muy favorable.

Al diseñar los parámetros para un transductor enfocado, nuevamente la primera consideración se tiene para la separación preferida del revestimiento, elegida anteriormente, de 20 mm. La mejora óptima en la relación de la señal a ruido se producirá si el diámetro del punto focal es menos que el tamaño del agujero del revestimiento, y el punto focal se encuentra justo después del revestimiento, o a una distancia de separación al menos igual a la separación del revestimiento más al menos una porción del grosor del revestimiento (es decir, detrás de la cara interior del revestimiento). Tomando 10 mm como un número típico del grosor del revestimiento, obtenemos una distancia focal de 30 mm. Para mantener el nivel de enfoque del transductor, o el número F, a un nivel razonable, elegimos un diámetro del transductor que se encuentra en el orden de la mitad de la distancia focal. Dado que los diámetros de 0.5 pulgadas (13 mm) son un tamaño preferido del transductor, este será preferible. Además, el enfoque significativo usado aquí permite la reducción de la frecuencia de operación un tanto, para disminuir las sensibilidades a la atenuación.

A partir de Kino (indicado anteriormente) obtenemos además una descripción del cálculo de este tamaño de punto, en unidades del SI, que se reescriben en forma ligeramente como:

Diámetro del haz (-6 dB) = $(1.02 Fc)/fD$, donde

F es la distancia focal del transductor

c es la velocidad del sonido en el fluido del hoyo

f es la frecuencia del transductor

D es el diámetro del elemento transductor

Así, calculamos un diámetro de haz de -6 dB de 7.22 mm, para un transductor de 0.5" de diámetro, enfocado a 30 mm, que funciona a 500 kHz, en el agua. Un transductor que se ajusta a este criterio puede adquirirse de Ultrason Laboratories, Inc. de State College, Pennsylvania, como una versión personalizada de la pieza número LS100-0.5-P76.

De acuerdo con las modalidades preferidas, un método para determinar la longitud de un túnel de perforación abierto incluye bajar al fondo de pozo un dispositivo transductor ultrasónico (configurado como se indicó anteriormente). Un pulso ultrasónico se transmite dentro del túnel de perforación y se mide el tiempo para que el pulso regrese al transductor a partir de la reflexión en el revestimiento y a partir de la reflexión en el interior de un túnel de perforación. Basado en el tiempo de tránsito y la velocidad del pulso ultrasónico en el fluido del hoyo, puede calcularse la longitud del túnel de perforación abierto.

Hay un número de métodos de acuerdo con las modalidades preferidas que pueden usarse para medir la profundidad y las dimensiones del túnel de perforación. Por ejemplo, un método incluye localizar el transductor ultrasónico directamente adyacente y orientado hacia el túnel de perforación. La transmisión ultrasónica dentro del túnel de perforación se mide y se usa para determinar la longitud del túnel de perforación abierto. Además, la

señal que retorna puede usarse para determinar la presencia y las dimensiones de los escombros en el extremo del túnel de perforación.

Otro método implica el movimiento del transductor sobre el interior del revestimiento (o del hoyo en un agujero abierto), y una transmisión repetida de un pulso ultrasónico y la recepción de la reflexión. Esencialmente, se mapean los hoyos y los túneles de perforación. A partir de las señales de retorno, pueden recopilarse los datos y usarse para determinar la localización de los túneles de perforación, la profundidad y las dimensiones de los túneles de perforación, y pueden determinarse las dimensiones de los escombros en el extremo de los túneles de perforación. Ver esta idea ilustrada en la Figura 7.

En relación con el dispositivo transductor ultrasónico que se mueve mientras transmite pulsos de una señal ultrasónica, la velocidad del transductor debe tenerse en cuenta de manera que la velocidad sea suficientemente lenta para permitir la recepción por el transductor del pulso reflejado. Si el transductor se mueve a una alta velocidad, un transductor separado puede colocarse adyacente al transductor que transmite el pulso de manera que un transductor puede usarse para transmitir pulsos ultrasónicos y el otro transductor puede usarse para recibir las señales de retorno.

La localización del transductor ultrasónico puede registrarse y correlacionarse con los datos registrados. Los datos detectados (la localización del transductor, el tiempo entre la transmisión y la reflexión, y la amplitud de la reflexión) pueden graficarse para crear una representación de los túneles de perforación (por ejemplo, un mapa del hoyo), que muestra la localización, la profundidad y el ancho de los túneles de perforación abiertos (es decir, la porción de un túnel de perforación que se encuentra abierto y libre de escombros). Además, la amplitud de la respuesta puede graficarse (por ejemplo, el(los) píxel(es) de la escala de grises o los píxeles de color que corresponden a la amplitud de la señal ultrasónica de respuesta) para representar la forma y la localización de los escombros en el túnel de perforación.

Mirando visualmente a algunas modalidades preferidas, la Figura 1 muestra un ejemplo de un dispositivo de medición de túneles de perforación (PTMD) 100. El PTMD 100 tiene una carcasa 108 (Figura 2) que tiene contenido dentro un transductor ultrasónico 104. El transductor ultrasónico 104 produce una señal ultrasónica 106 que se transmite lejos del PTMD 100 en una dirección radial. Una conexión eléctrica 102 (por ejemplo, un conductor eléctrico metálico) se conecta al transductor ultrasónico 104. El cable eléctrico 102 puede conducir la electricidad para alimentar los transductores 104 y otras partes accionadas eléctricamente (por ejemplo un motor). El PTMD 100 puede girar y accionarse por un motor. El transductor ultrasónico 104 puede servir tanto de transmisor de un pulso ultrasónico como de receptor de un pulso reflejado. Esto es, el transductor 104 convierte la energía eléctrica en energía ultrasónica y envía un pulso ultrasónico 106 y recibe después la energía ultrasónica reflejada de ese pulso ultrasónico 106 y convierte la energía ultrasónica en una señal eléctrica. Es posible además que un transductor ultrasónico 104 se use para transmitir un pulso ultrasónico 106 y otro transductor ultrasónico se use para recibir una reflexión. Particularmente, un segundo transductor ultrasónico se usa si la velocidad del PTMD 100 es lo suficientemente rápida que la señal de retorno perdería el transductor 104 tras la reflexión y el regreso.

El transductor ultrasónico 104 puede transmitir una señal ultrasónica con una frecuencia al menos tan alta como 300 kHz y hasta 5000 kHz, pero preferiblemente sólo tan alta como aproximadamente 3000 kHz. El PTMD 100 puede medir tanto la amplitud de la señal ultrasónica reflejada como el tiempo de tránsito desde cuando la señal abandona el PTMD 100 hasta cuando la señal se refleja y retorna.

El transductor 104 puede ser un transductor ultrasónico de haz enfocado, que crea una forma de onda convergente con un punto focal que por lo tanto permite que una mayor porción de la energía ultrasónica creada

por 104 entre en el agujero de entrada en el revestimiento y en el túnel de perforación. Alternativamente, el transductor 104 puede ser un transductor plano.

La Figura 3 es una representación de un sistema que incluye el PTMD 100 que puede usarse en el fondo de pozo. El PTMD 100 se muestra como parte de una sonda de medición 304. Un centralizador 302 se localiza alrededor de la sonda 304. Esto es, la sonda 304 se extiende a través del centro del centralizador 302. Cuando el dispositivo se baja en el hoyo, el centralizador 302 se extiende hacia fuera desde la sonda 304 y contacta el hoyo o el revestimiento para localizar el dispositivo en el centro del pozo a lo largo del eje central del hoyo. Un módulo electrónico 306 puede conectarse con la sonda 304. El módulo electrónico puede incluir un procesador, como se indicó anteriormente, que realiza varias funciones tales como procesar las señales y determinar el tiempo de tránsito y la amplitud de la señal ultrasónica reflejada. El procesador puede tener además una memoria (por ejemplo, una memoria flash) para registrar los datos recopilados. Alternativamente, el módulo electrónico 306 puede carecer de esos componentes y, por ejemplo, meramente controlar la rotación del PTMD 100 y otras funciones de control. O, el módulo electrónico puede carecer de una capacidad de procesamiento y sólo registrar datos sin procesar. La recepción y la determinación del tiempo de tránsito y la amplitud pueden realizarse por un procesador separado retirado de la sonda 304. Los datos pueden presentarse visualmente en un dispositivo digital de visualización, por ejemplo, un monitor o una pantalla de computadora.

La Figura 4 muestra una vista lateral que representa el transductor ultrasónico 104 que puede usarse como parte del PTMD 100 donde el transductor ultrasónico 104 se posiciona con respecto a un túnel de perforación 400. El túnel de perforación 400 tiene una zona aplastada 412, que se limita en el interior por la pared del túnel 425, que está en contacto con el fluido del hoyo 404. El exterior de la zona aplastada 412 se limita por la roca virgen de la formación 420. En el extremo del túnel de perforación abierto 415 pudieran encontrarse los escombros de la perforación 408 y/o los escombros del revestimiento 410 que tiene la longitud L_d . Alternativamente, el extremo del túnel de perforación abierto pudiera ser la roca virgen del yacimiento 420, si no hay zona de perforación aplastada 412 o escombros 408. Los escombros pueden limpiarse después de la perforación.

El PTMD 100 se baja en el hoyo y el fluido del hoyo 404. En el transcurso del movimiento, el transductor ultrasónico 104 se localiza adyacente a una perforación en el revestimiento 402 y un túnel de perforación correspondiente 400. El ancho del agujero de entrada en el revestimiento (comienzo del túnel de perforación) es C_{eh} . La distancia del transductor ultrasónico 104 desde el interior del revestimiento es L_s . La longitud del túnel de perforación abierto desde el interior del revestimiento es L_{op} .

Para medir la profundidad del túnel de perforación abierto, el transductor ultrasónico 104 transmite una señal ultrasónica dentro del túnel de perforación 400. La señal ultrasónica viaja hacia el extremo del túnel de perforación abierto 415 y se refleja de regreso hacia el transductor ultrasónico 104 por el extremo del túnel de perforación abierto 415, frecuentemente formado por el comienzo de los escombros del túnel 408. Se mide el tiempo para que la señal viaje desde el transductor ultrasónico 104 y se refleje de regreso hacia el transductor ultrasónico 104. Esto puede hacerse ya sea mientras el transductor ultrasónico 104 esté fijo en frente de un túnel de perforación, o en movimiento lento más allá del túnel de perforación.

La fórmula que sigue puede usarse para calcular la longitud del túnel de perforación abierto 400. Si la velocidad del sonido en el fluido del hoyo es C_f y T_{op} es el tiempo que le toma a la señal en la Figura 5b para retornar al transductor ultrasónico 104, entonces la longitud del túnel de perforación abierto L_{op} puede calcularse usando la siguiente fórmula:

$$L_{op} = T_{op} \cdot C_f / 2.0 - L_s$$

El valor de la velocidad del fluido del hoyo, C_f , se aproxima dado que en la mayoría de los casos esta es en gran medida una solución de salmuera, las velocidades de las cuales son muy cercanas a la del agua.

Alternativamente, el fluido del hoyo puede medirse con precisión en la superficie. Preferentemente, este puede medirse en fondo de pozo usando un dispositivo ultrasónico separado.

El valor de la distancia de separación, L_s , debe además conocerse. Este valor puede aproximarse al conocer el radio interior del hoyo, o del revestimiento y la distancia de la cara del sensor desde el centro de la herramienta de registro. La diferencia de estos valores sería el valor medio de separación. Sin embargo, en la práctica este valor varía significativamente con la rotación de la herramienta, especialmente en los pozos horizontales o altamente desviados, donde la herramienta se encuentra frecuentemente en una excéntrica. Se prefiere derivar la separación en cada lugar de medición.

Cada pulso reflejado contiene una cierta cantidad de la señal de reverberación del transductor al revestimiento, discutida como ruido anteriormente. Cada una de esas reverberaciones se separa en el tiempo por un intervalo que se basa en la velocidad del fluido, C_f , y la distancia de separación, L_s . Al medir el tiempo entre dos cualesquiera de estos eventos, y usando el valor conocido de C_f , puede determinarse la separación, L_s .

Un método alternativo para determinar L_s es usar estas mismas reverberaciones pero procesarlas en el dominio de la frecuencia. Realizar una transformada rápida de Fourier sobre un número seleccionado de estas reverberaciones dará su frecuencia característica. El tiempo entre los eventos es la inversa de esta frecuencia.

Después, por cualquiera de los métodos anteriores que se use para derivar el tiempo entre estas señales de reverberación, se calcula L_s por:

$$L_s = (\text{Intervalo de tiempo}/2) \cdot C_f$$

La Figura 5 muestra los datos registrados como resultado de que el transductor ultrasónico 104 transmitiese la señal ultrasónica. La Figura 5a muestra la señal recibida por el PTMD 100 cuando el transductor ultrasónico 104 no se enfrenta a un túnel de perforación. Allí, la señal viaja desde el transductor ultrasónico 104 y se refleja en el interior del revestimiento 402 y retorna con una amplitud detectable en un corto período de tiempo, por ejemplo por debajo de 50 microsegundos. Ese tiempo de tránsito se corresponde a la distancia L_s , como lo hacen las reverberaciones entre múltiples reflexiones transductor-revestimiento. En la Figura 5b, la señal viaja desde el transductor ultrasónico 104 dentro del túnel de perforación 400 y retorna con una amplitud detectable de aproximadamente 340 microsegundos. Esto es, la señal mostrada en la Figura 5b se transmite desde el transductor ultrasónico 104, viaja dentro del túnel de perforación 400 y contacta las partes internas del túnel 425 y 415, y se refleja de regreso hacia el transductor ultrasónico 104. La Figura 5B muestra además la señal de reverberación que también se refleja desde el revestimiento. A partir de una serie de transmisiones de señales ultrasónicas, la medición de la localización axial del transductor 104 y la posición angular del transductor 104, pueden graficarse la localización y la profundidad de los túneles de perforación. Por ejemplo, los datos recopilados pueden usarse juntos para graficar la posición del transductor ultrasónico 104 en un eje de un gráfico y el tiempo para que un pulso retorne puede graficarse en otro eje, como se muestra en la Figura 5b. Además, la amplitud del pulso reflejado puede representarse como una escala de grises de dos o más píxeles de niveles (o escala de colores) o una serie de píxeles, como se muestra en la Figura 7, en donde vemos tres túneles de perforación.

El mismo principio se aplica para perforaciones en pozos abiertos (sin revestimiento del hoyo). La Figura 6 muestra señales detectadas por el PTMD 100 en una perforación en agujero abierto donde la Figura 6a muestra la reflexión de la señal ultrasónica en la pared de la formación del hoyo (incluyendo las reverberaciones) y la Figura 6b muestra la señal que retorna después de viajar dentro y reflejarse en el extremo de un túnel de perforación abierto.

Una manera de detectar el ancho de un túnel de perforación es mover el PTMD 100 a través de una abertura del túnel de perforación y transmitir una señal ultrasónica (o señales intermitentes) durante el transcurso del viaje. La trayectoria de viaje para el PTMD 100 puede ser por ejemplo, circunferencial, axial, o helicoidal. Los datos detectados durante el transcurso del viaje del PTMD 100 pueden graficarse después donde el eje Y representa la distancia recorrida (posición) por el PTMD 100 y el eje X es el tiempo para que la señal se refleje y viaje de regreso hacia el PTMD 100. Como se muestra en la Figura 7, la amplitud en este caso se representa por un píxel o grupo de píxeles donde el píxel o grupo de píxeles más oscuro (o escala de colores) representan una amplitud más grande. Así, cuando el PTMD 100 alcanza el borde anterior del túnel de perforación la señal reflejada tarda más tiempo en retornar hacia el PTMD 100. Cuando el PTMD 100 cruza el borde posterior del túnel de perforación la señal tarda menos tiempo en retornar al PTMD 100. A partir de esa representación puede determinarse el ancho del túnel de perforación. Por ejemplo, la Figura 7 muestra túneles de perforación con diámetros que varían aproximadamente de 10 mm a 25 mm.

Las dimensiones y la localización de los escombros 408 que pueden incluir material de revestimiento 410 y de zona aplastada 412 en el extremo de la perforación 400 pueden determinarse por medio de las representaciones (los datos graficados) como se muestra en la Figura 7 (el parámetro de distancia en el eje y y/o el parámetro de tiempo en el eje x). Los escombros 408 en el extremo del túnel de perforación 400 producen reflejos durante el curso sobre los escombros 408. Esto es, la señal ultrasónica se refleja en la parte delantera de los escombros 415, las porciones medias de los escombros 408, y todo el camino hacia el final de los escombros 408 en el extremo del túnel de perforación 400. Al representar la posición del PTMD 100 como la componente del eje Y, el tiempo para que la señal retorne como la componente del eje X, y la amplitud de la señal recibida como la componente del píxel de la escala de grises (por ejemplo, un píxel o grupo de píxeles (más) oscuro cuando la señal tiene una amplitud más grande), pueden determinarse los atributos y las dimensiones de los escombros (que pueden incluir escombros del revestimiento y de la zona aplastada) en el extremo de los túneles de perforación. Para los propósitos de esta solicitud, se considera que un umbral de dos colores (es decir, una escala de grises de píxeles ya sea negros o blancos) es la escala de grises. Lo mismo puede decirse para otros colores en lugar de negro o blanco. Las porciones más oscuras mostradas en el gráfico indican las reflexiones de amplitud más alta de las señales ultrasónicas por las varias porciones de los escombros 408 al final de los túneles de perforación 400.

El intervalo preferido de frecuencias ultrasónicas es de 300 kHz hasta 3000 kHz. El extremo superior de este intervalo se limita por dos factores principales. En primer lugar, está la pérdida en el fluido. Ya sea la pérdida por dispersión debido a las partículas o la pérdida por absorción real, en algún punto la señal puede atenuarse demasiado para atravesar un recorrido en redondo de aproximadamente 12" a 24". En segundo lugar está el efecto de dispersión de grano de la formación rocosa necesario para reflejar la señal. A medida que la frecuencia se hace muy alta, la roca de grano grande comienza a interpretarse como una esponja para la onda incidente, y el pulso de la reflexión puede dispersarse en "pedazos", pareciendo así muy indefinida. Este límite superior de la frecuencia podría comenzar a desarrollarse alrededor de los 3 MHz.

El extremo inferior de este intervalo se dicta más por la dispersión geométrica del haz procedente del transductor. Independientemente de si la cara frontal del transductor es enfocada (curvada cóncava) o plana, cuando la frecuencia disminuye, el ancho del haz aumenta. Con transductores que pueden montarse en las herramientas de hoyo que se limitan a aproximadamente 1.5" de diámetro, un límite inferior de frecuencia de aproximadamente 300 kHz es la frecuencia mínima que podría esperarse usar y aún así tener un haz que pueda interrogar a una perforación de diámetro pequeño.

Una frecuencia preferida se encuentra en el intervalo de 1.0 MHz a 3.0 MHz, y más preferentemente 1.0 MHz con, por ejemplo, un transductor de 0.5" de diámetro (disponible plano o enfocado). Tal transductor está disponible de Panametrics Corporation, como P/N V303-SU.

La Figura 8 muestra las dos trayectorias dominantes que puede tomar un pulso ultrasónico tras su transmisión desde el transductor 104. La trayectoria A1-A2 es una onda que entra en el túnel de perforación a través del agujero de entrada en el revestimiento. Esta no se refleja en la superficie interna del revestimiento. A1-A2 se refleja en última instancia en el extremo de la perforación abierta 415 y retorna hacia el transductor como A3-A4; esta es la señal.

Una segunda trayectoria es B1-B2-B3-B4. Aquí tenemos múltiples reverberaciones entre el transductor 104 y el revestimiento 404. Estas trayectorias del haz son la fuente más probable de ruido y son perjudiciales para detectar el extremo del túnel de perforación abierto 415.

Basado en las varias trayectorias ultrasónicas indicadas en la presente, pueden producirse varios niveles de ruido en dependencia de la configuración implementada. Por ejemplo, la Figura 9 muestra los resultados donde la configuración produce una gran cantidad de ruido. En la Figura 9, el ruido se produce durante un tiempo T4, y la señal que se refleja desde el interior del túnel de perforación se centra en T3, que se encuentra dentro del tiempo T4. En este caso, es difícil discernir las características de la señal.

Por el contrario, la Figura 10 muestra los resultados dada una configuración diferente que minimiza el ruido. Allí el ruido se limita al tiempo T1 y la señal se centra alrededor del tiempo T2, y cubre el tiempo Tw, que puede distinguirse a partir de T1. Por lo tanto, es posible discernir las características de la señal del ruido. Este resultado puede deberse a una configuración ventajosa específica. Por ejemplo, un resultado a lo largo de estas líneas puede lograrse al conformar el haz ultrasónico de manera que el haz se estrecha y se enfoca para entrar en la perforación y evitar la reflexión desde el revestimiento 402, como se ve en la Figura 13. En relación con enfocar el haz, puede seleccionarse una distancia de separación adecuada a partir del revestimiento 402 para asegurar que el haz se enfoca dentro del túnel de perforación 400.

Cuando la separación y el diámetro del haz se eligen adecuadamente, como se discutió anteriormente, y se enfocan más allá del revestimiento, como se ve en la Figura 12, podemos lograr el resultado deseado de separar el instante de la señal de medición de la perforación del ruido de las reflexiones en el revestimiento, como se muestra en la Figura 10.

Como se discutió anteriormente, un transductor plano circular puede usarse además para controlar esta relación de señal a ruido, al conformar el haz para que sea colineal y tenga un diámetro pequeño, como se muestra en la Figura 11.

La descripción en la presente pretende proporcionar a un experto en la materia una comprensión de las diversas modalidades y características y no es una manera destinada a limitar indebidamente el alcance de ninguna de las reivindicaciones relacionadas con esta solicitud.

REIVINDICACIONES:

1. Un método de registro de un túnel de perforación y las características asociadas del túnel de perforación, que comprende:

a) localizar un dispositivo de registro que incluye un transductor ultrasónico dentro de un pozo, el pozo que tiene un revestimiento, el transductor ultrasónico que tiene un punto focal que se encuentra a una distancia desde el transductor ultrasónico a fin de estar detrás de la cara interior del revestimiento;

b) proyectar una señal ultrasónica desde el transductor ultrasónico;

c) detectar una reflexión de la señal ultrasónica desde una porción interna del túnel de perforación, el túnel de perforación que se extiende a través del revestimiento y dentro de la formación;

d) medir un tiempo de tránsito entre la transmisión y la recepción de la señal ultrasónica;

e) determinar una posición del transductor ultrasónico correspondiente a la transmisión ultrasónica y la recepción de la señal reflejada;

f) repetir las etapas b) - e) múltiples veces y registrar los datos resultantes;

g) procesar los datos resultantes con una computadora y determinar una dimensión del túnel de perforación.

2. Un método de la reivindicación 1, en donde el transductor ultrasónico se localiza a una distancia de separación desde el revestimiento del hoyo;

la distancia de separación que es tal que las reflexiones desde el revestimiento reverberan y se disipan sustancialmente antes de que se reciba una reflexión desde el interior del túnel de perforación por el transductor ultrasónico.

3. Un método de la reivindicación 2, en donde la distancia de separación es al menos un tercio de la longitud de una longitud mínima del túnel abierto requerida para la medición.

4. Un método de la reivindicación 1, en donde la señal ultrasónica se encuentra dentro de un intervalo de 500 kHz a 5000 kHz.

5. Un método de 1, en donde la señal ultrasónica se encuentra dentro de un intervalo de 300 kHz a 3000 kHz.

6. Un método de 1, en donde la señal ultrasónica es aproximadamente de 1000 kHz.

7. Un método de la reivindicación 1, que comprende procesar los datos resultantes con una computadora y determinar una dimensión de los escombros en el túnel de perforación.

8. Un sistema de registro, que comprende:

un dispositivo transductor ultrasónico adaptado para transmitir una señal ultrasónica radialmente dentro de un túnel de perforación, el dispositivo transductor ultrasónico que tiene un punto focal que se encuentra a una distancia al menos tan lejos del dispositivo transductor ultrasónico de manera que el punto focal se localiza en un túnel de perforación;

20

el al menos un dispositivo transductor ultrasónico adaptado para capturar la señal reflejada de regreso desde el interior del túnel de perforación;

un procesador que calcula una longitud del túnel de perforación;

un hardware de almacenamiento para almacenar los tiempos de tránsito de la señal, junto con la profundidad y los datos de posición de rotación asociados del dispositivo transductor ultrasónico.

9. Un sistema de registro de la reivindicación 8, que comprende un revestimiento de hoyo, el túnel de perforación que se extiende a través del revestimiento;

el punto focal del dispositivo transductor ultrasónico que se encuentra detrás de una cara interior del revestimiento.

10. Un sistema de registro de la reivindicación 8, que comprende un revestimiento del hoyo, el túnel de perforación que se extiende a través del revestimiento, en donde el dispositivo transductor ultrasónico se localiza a una distancia de separación a partir de un revestimiento del hoyo;

la distancia de separación que es tal que las reflexiones desde el revestimiento reverberan y se disipan sustancialmente antes de que se reciba por el dispositivo transductor ultrasónico una reflexión desde el interior del túnel de perforación.

11. Un sistema de registro de la reivindicación 10, en donde la distancia de separación es al menos un tercio de la longitud de una longitud mínima del túnel abierto requerida para la medición.

12. El sistema de registro de la reivindicación 8, en donde el dispositivo transductor ultrasónico transmite una señal ultrasónica de aproximadamente 1000 kHz.

13. El sistema de registro de la reivindicación 8, en donde el túnel de perforación tiene una sección transversal circular.

14. El sistema de registro de la reivindicación 8, en donde el túnel de perforación es de forma ahusada y tubular.

15. El sistema de registro de la reivindicación 8, en donde el dispositivo transductor ultrasónico transmite una señal ultrasónica que se encuentra dentro de un intervalo de 300 kHz hasta 5000 kHz.

16. El sistema de registro de la reivindicación 8, en donde el dispositivo transductor ultrasónico transmite una señal ultrasónica que se encuentra dentro de un intervalo de 500 kHz hasta 3000 kHz.

17. El sistema de registro de la reivindicación 8, en donde el dispositivo transductor ultrasónico transmite una señal ultrasónica de al menos 1000 kHz.

18. El sistema de registro de la reivindicación 8, en donde el procesador calcula una dimensión de los escombros en el túnel de perforación.

19. Un método para detectar túneles de perforación y las características asociadas de los túneles de perforación, que comprende:

21

a) bajar un transductor ultrasónico dentro de un hoyo, el hoyo que tiene un revestimiento que recubre el hoyo, un túnel de perforación que se extiende a través del revestimiento y dentro de la formación;

b) posicionar el transductor ultrasónico adyacente y orientado hacia dentro del túnel de perforación, el transductor ultrasónico que se encuentra a una distancia de separación desde el revestimiento de manera que las reflexiones desde el revestimiento reverberan y se disipan sustancialmente antes de que se reciba por el transductor ultrasónico una reflexión desde el interior del túnel de perforación;

c) proyectar una señal ultrasónica;

d) detectar una reflexión de la señal ultrasónica reflejada desde una porción interna del túnel de perforación;

e) detectar una reflexión de la señal ultrasónica reflejada desde la superficie interior del revestimiento;

f) medir los tiempos de tránsito y las amplitudes de la reflexión desde el revestimiento y de la reflexión desde el interior del túnel de perforación;

repetir las etapas b) - f) y registrar los datos resultantes;

procesar los datos resultantes con una computadora y determinar la profundidad del túnel de perforación.

20. El método de la reivindicación 19, que comprende procesar los datos resultantes con una computadora y determinar una dimensión de los escombros en el túnel de perforación.

21. El método de la reivindicación 19, que comprende determinar una posición del transductor ultrasónico correspondiente a la transmisión ultrasónica y la recepción de la reflexión.

22. El método de la reivindicación 19, en donde la distancia de separación es al menos un tercio de una longitud de la longitud mínima del túnel abierto requerida para la medición.

23. El método de la reivindicación 21, que comprende además: configurar el diámetro de la señal para que sea igual o menor que un ancho previsto de una abertura en el revestimiento en la abertura del túnel de perforación

24. Un método de la reivindicación 19, en donde el transductor ultrasónico es un transductor ultrasónico enfocado y se enfoca en un punto detrás de una superficie interior del revestimiento.

25. Un método de la reivindicación 24, en donde el diámetro de la señal se determina por medio de la siguiente fórmula:

Diámetro de la señal (-6 dB) = $(1.02 \sqrt{Fc})/fD$, en donde

F es la distancia focal del transductor;

C es la velocidad del sonido en el fluido del hoyo;

f es la frecuencia del transductor;

D es el diámetro del elemento transductor en unidades del SI

22

26. Un método para determinar una profundidad de un túnel de perforación, que comprende: bajar un dispositivo de registro dentro de un hoyo, el hoyo que tiene un revestimiento que recubre el hoyo;

una perforación que comprende un túnel que se extiende a través del revestimiento dentro de la formación;

el dispositivo de registro que comprende un transductor ultrasónico;

colocar el transductor ultrasónico adyacente a la perforación a fin de que se superponga a la perforación en una dirección que se extiende a lo largo de un eje longitudinal central de la perforación;

emitir una señal ultrasónica desde el transductor ultrasónico dentro de la perforación;

recibir las reflexiones de la señal ultrasónica desde el interior del túnel de perforación; y

determinar la longitud del túnel de perforación.

27. El método de la reivindicación 26, que comprende:

usar un procesador para determinar la profundidad del túnel de perforación basado en la señal recibida de reflejarse en el interior de la perforación.

28. Un método de la reivindicación 26, que comprende:

presentar la profundidad del túnel de perforación en una pantalla de visualización digital.

29. Un método de la reivindicación 1, en donde el túnel de perforación tiene una sección transversal circular.

30. El método de la reivindicación 19, en donde el túnel de perforación tiene una sección transversal circular.

31. El método de la reivindicación 26, en donde la perforación tiene una sección transversal circular.

32. El método de la reivindicación 1, en donde el túnel de perforación tiene un volumen de forma cilíndrica ahusada.

33. El método de la reivindicación 19, en donde el túnel de perforación tiene un volumen de forma cilíndrica ahusada.

34. El método de la reivindicación 26, en donde la perforación tiene un volumen de forma cilíndrica ahusada.

27

RESUMEN

Un método para registrar un túnel de perforación y las características asociadas del túnel de perforación puede incluir las siguientes características. Un dispositivo de registro que incluye un transductor ultrasónico se localiza en el fondo de pozo dentro de un pozo. El pozo tiene un revestimiento. El transductor ultrasónico tiene un punto focal que se encuentra a una distancia desde el transductor ultrasónico a fin de encontrarse detrás de la cara interior del revestimiento. Una señal ultrasónica se proyecta desde el transductor ultrasónico. Una reflexión de la señal ultrasónica se refleja desde una porción interna del túnel de perforación, el túnel de perforación que se extiende a través del revestimiento y dentro de la formación. Se mide un tiempo de tránsito entre la transmisión y la recepción de la señal ultrasónica. Se determina una posición del transductor ultrasónico correspondiente a la transmisión ultrasónica y la recepción de la señal reflejada.

FIG. 1

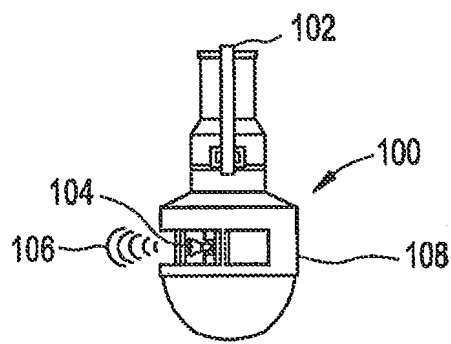


FIG. 2

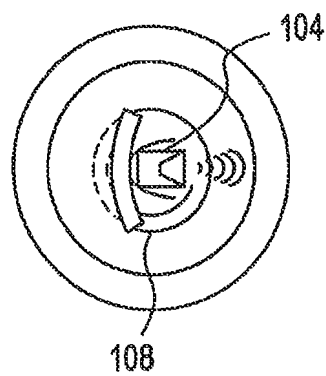


FIG. 3

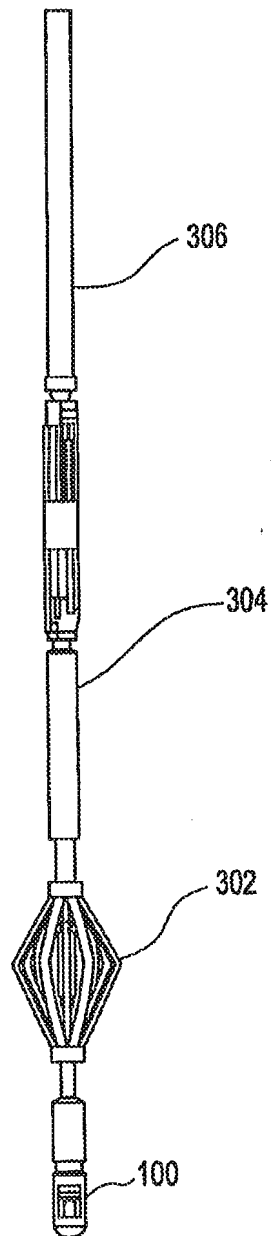


Fig. 4

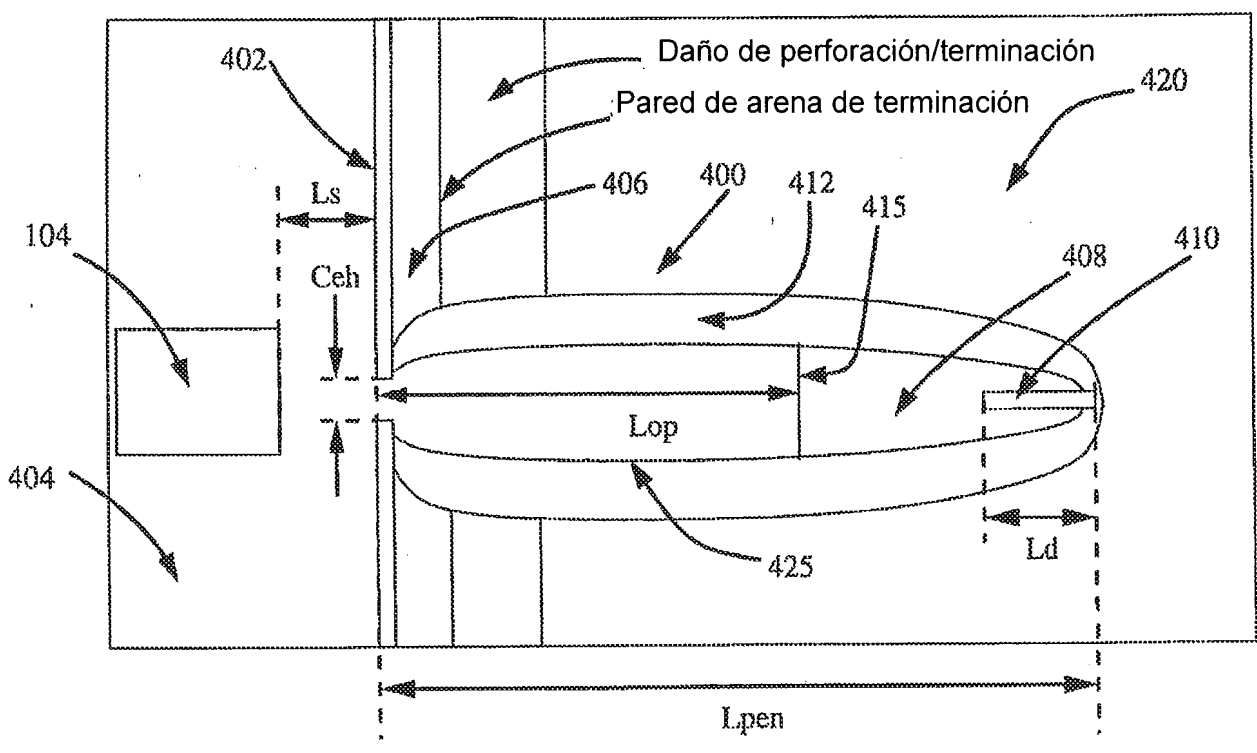


FIG. 5A

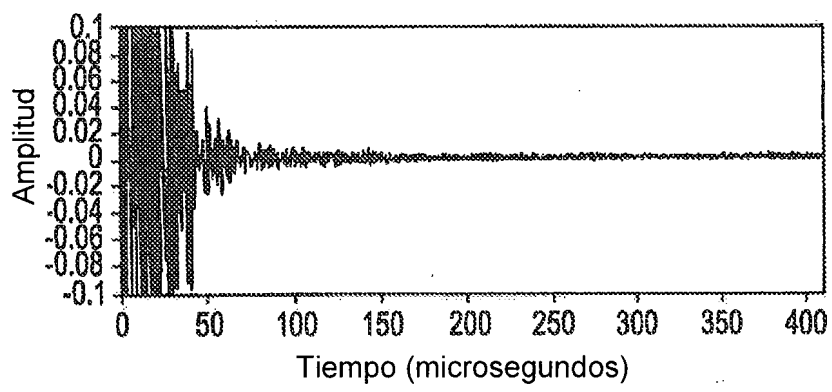
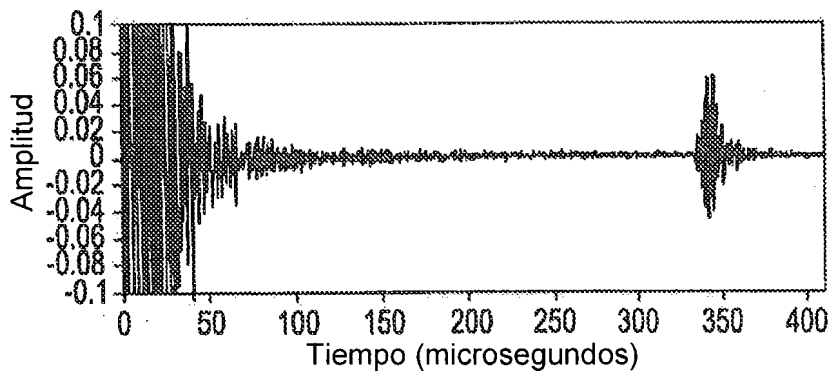


FIG. 5B



28

FIG. 6A

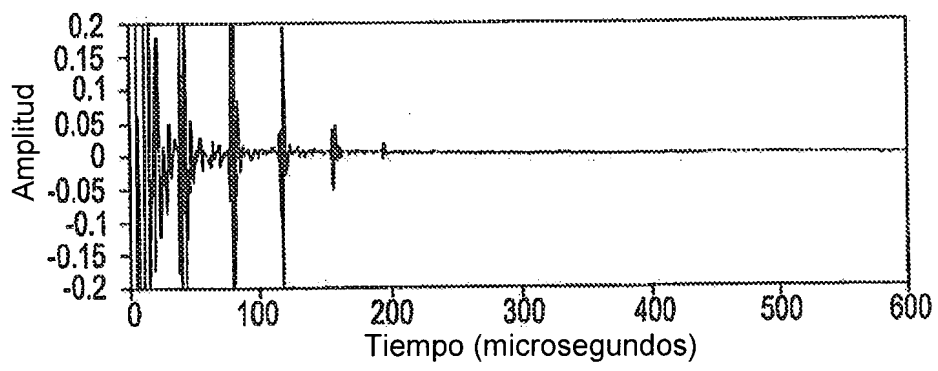
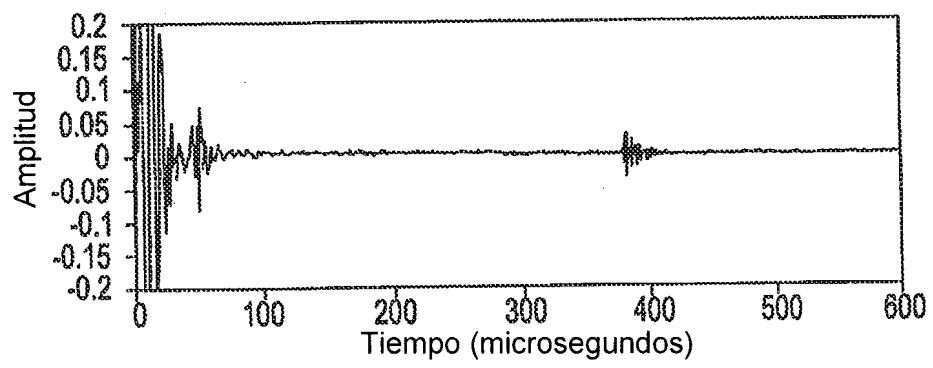


FIG. 6B



29

6/10

FIG. 7

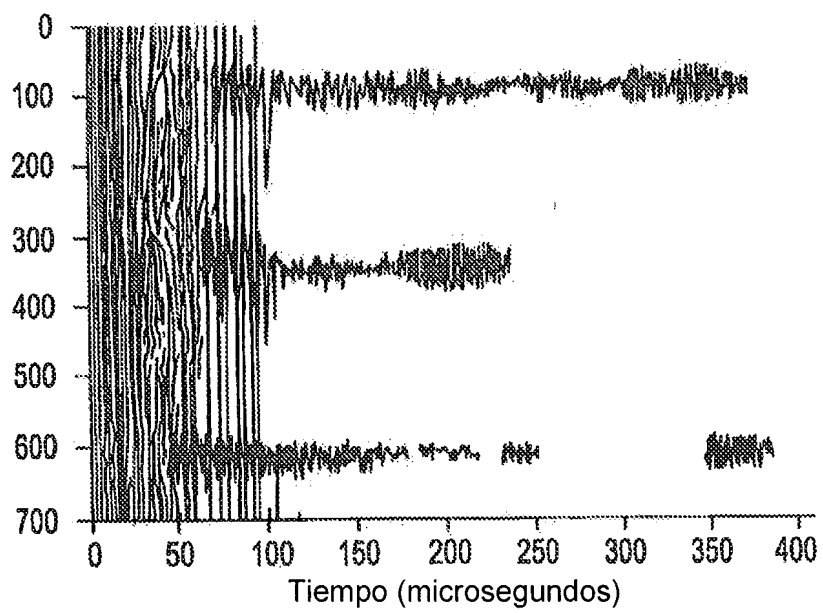
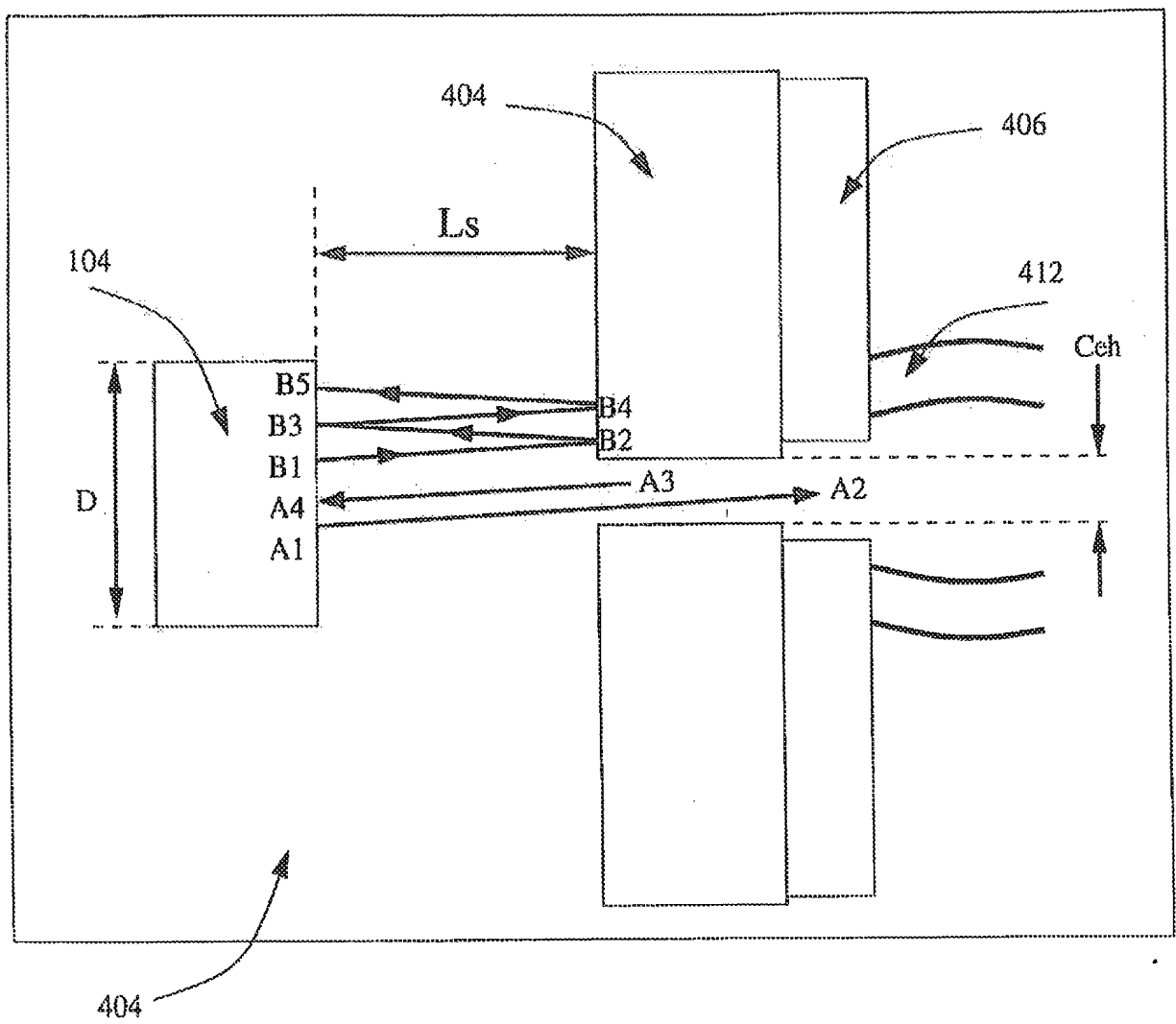
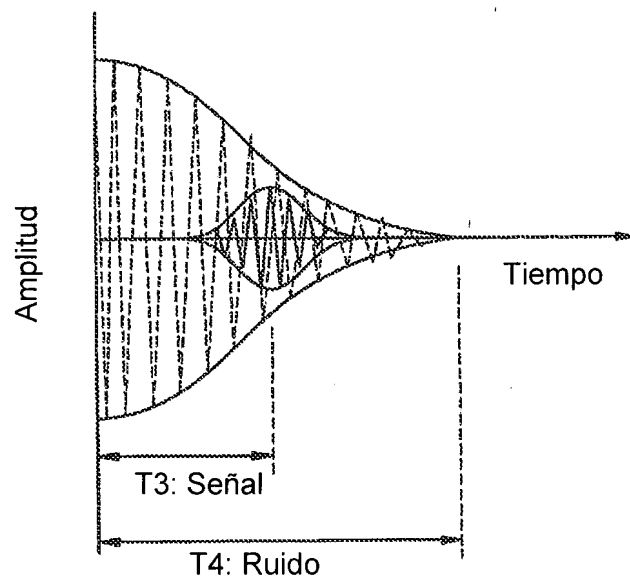


Fig. 8



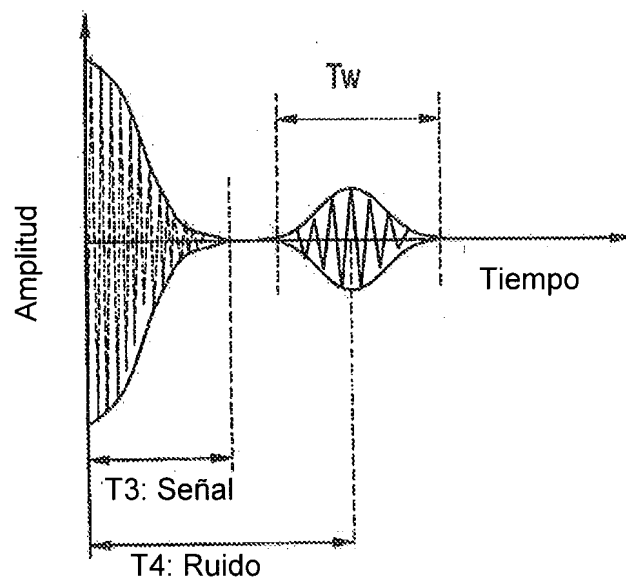
31

FIG. 9



27

FIG. 10



23

FIG. 11

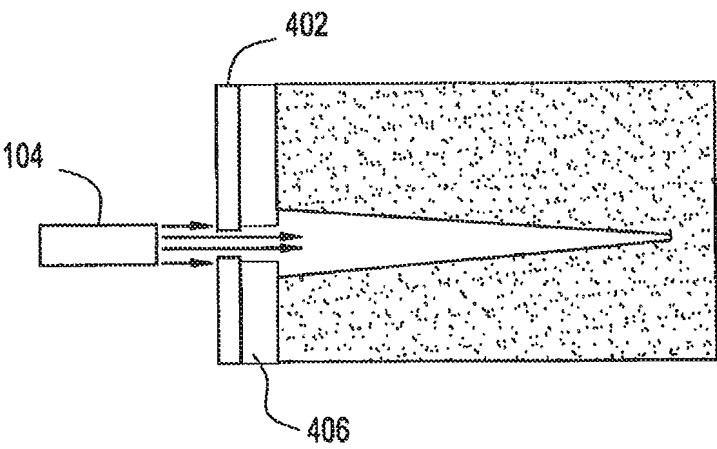
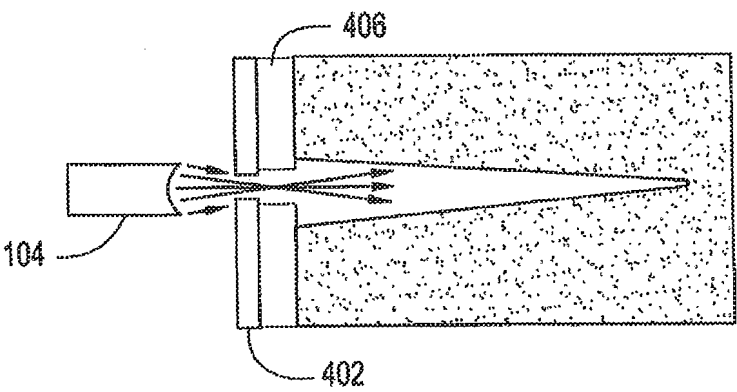


FIG. 12



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



RECIBO DE CAJA

No. 13 - 0076990

Bogotá D.C., Agosto 02 de 2013 - 15:22:53

RECIBIDO DE : CASTILLO GRAU & ASOCIADOS LTDA. NI 800.098.704

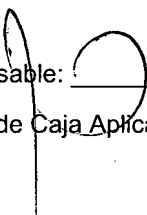
*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	528317646	02/08/2013	1.000.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNIDITARIO	Vr. CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN	500.000.00	500.000.00
				\$500.000.00

SON: **QUINIENTOS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: 

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-184473- -00000-0000

Fecha: 2013-08-02 15:39:57 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 35

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

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

Agosto 2 de 2013 - 15:22:53

5

Sobre con autes



No. 13-184473-00000-0000

Fecha: 2013-08-02 15:39:57
Tra. 11 PATENTEIYII
Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 378 FASENACIONALI
Folios: 35

PATENTE DE INVENCION ☐

MODELO D

☐	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 ☐