

P-2017/13118

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

E. S. D.

Re: Expediente No. **NC2017/0003708**

Solicitud de patente de Invención a nombre de **WEATHERFORD
TECHNOLOGY HOLDINGS LLC**

Yo, CAROLINA DAZA MONTALVO identificada como aparece al pie de mi firma, domiciliada en la Carrera 11 No. 86-53, piso 6, obrando como apoderada de la sociedad solicitante **WEATHERFORD TECHNOLOGY HOLDINGS LLC**, en respuesta al oficio No. **5816** notificado por comunicación electrónica el 25 de abril de 2017, relacionado con el resultado de examen de forma, me permito presentar la siguiente información:

1. Descripción

En dicho respecto, se le informa al presente Despacho que se ha realizado la conversión de las unidades al Sistema Internacional en los Párrafos 14, 58, 63, 96 y 99 de acuerdo con las sugerencias del señor examinador.

Con el fin de dar claridad a la presente solicitud, se anexa al presente memorial el capítulo descriptivo modificado.

2. Reivindicaciones

En relación con las objeciones a **las reivindicaciones**, me permito informar que, con fundamento en la facultad que confiere el artículo 34 de la Decisión 486 al solicitante para modificar la solicitud de patente en cualquier momento del trámite, presento junto con este memorial, un nuevo pliego reivindicatorio que comprende 40 reivindicaciones, en donde únicamente se realizaron modificaciones por concepto de claridad, en un

esfuerzo por acelerar el trámite.

3. Claridad

El artículo 30 de la Decisión 486 de la Comunidad Andina establece:

***Artículo 30.-** Las reivindicaciones definirán la materia que se desea proteger mediante la patente. Deben ser claras y concisas y estar enteramente sustentadas por la descripción.*

3.1 En relación a los términos referidos como términos relativos e imprecisos como “*al menos uno*”, la solicitante desea manifestar respetuosamente que estos términos son usados para elementos de las reivindicaciones 1, 4, 5, 11 a 15, 18 a 23, 28 y 32, los cuales significan que hay “*uno*” tal elemento al menos presente en las reivindicaciones, aunque más serían posibles. Por ejemplo, el medidor comprende “*al menos un tubo de flujo*” significa que el medidor comprende “*un*” tubo de flujo al menos presente, aunque más serían posibles. Por lo tanto, se solicita amablemente se mantengan dentro del capítulo reivindicatorio.

Adicional a lo anterior, en cuanto al término “*al menos*” en las reivindicaciones 1, 4, 5, 11 a 15, 18 a 23, 28 y 32, difiero respetuosamente de la opinión del Examinador en tanto que la expresión “*al menos*” o similares, establece un alcance perfectamente entendible para cualquier persona medianamente versada en la materia, puesto que indica inequívocamente la cantidad mínima necesaria de elementos posibles que deben estar presentes en cada una de las configuraciones posibles de la invención reclamada. El uso de estos términos y otros análogos que indican la posibilidad de obtener la invención en diversas modalidades, es una práctica aceptada a nivel mundial en el ámbito de las patentes, ya que como el Examinador debe saberlo, una patente de invención no se limita a una única modalidad, si no que cubre un concepto inventivo global que abarca diferentes modalidades (diversas materializaciones de la invención) ligadas por un efecto técnico común que finalmente delimita el alcance de la invención.

Por ejemplo, este lenguaje se utiliza en situaciones donde se quiere evitar que un infractor trate de argumentar que un medidor es capaz de alojar una pluralidad de tubos de flujo al mismo tiempo, en lugar de alojar un único tubo de flujo. Si se reclamara un único tubo de flujo, se estaría violando el derecho de un inventor de reclamar protección sobre la totalidad de su concepto inventivo, que en este caso está soportado por la divulgación

del Capítulo Descriptivo. En conclusión, en los casos donde se está haciendo uso de dicha expresión en el Capítulo Reivindicatorio Modificado adjunto, necesariamente la expresión corresponde a los **elementos mínimos sobre las que actúan los componentes de la presente invención**.

Por lo tanto, no debería existir problema alguno en el uso de la expresión “*al menos*”, pues es perfectamente entendible por cualquier persona medianamente versada en la materia, de tal manera que, a la luz del Capítulo Descriptivo, es perfectamente claro el alcance y los límites de la protección solicitada.

3.2 El señor examinador objetó las reivindicaciones 18 y 32 por no ser concisas ya que estas reivindicaciones describen sistemas de perforación de pozo comprendidos por bomba, medidor de flujo Coriolis, tubo de flujo y recipiente, a este respecto, la solicitante respetuosamente está en desacuerdo con dichas objeciones, sin embargo, con el fin de acelerar el proceso, realiza limitaciones al capítulo reivindicatorio. La solicitante desea manifestar respetuosamente que las nuevas reivindicaciones 18 y 32 han sido modificadas para depender de la reivindicación 1, de manera que el conjunto de reivindicaciones incluye una sola reivindicación independiente de aparato. Por lo tanto, se solicita amablemente sean retiradas las objeciones de claridad y concisión.

3.3 En relación con las características funcionales de las reivindicaciones 1 a 4, 18, 23 y 32, la solicitante desea manifestar respetuosamente que estas funcionalidades son importantes y relevantes para caracterizar la presente invención. En particular, estas características funcionales reivindican cómo los diversos elementos de las reivindicaciones (por ejemplo, medidor de flujo Coriolis, tubo de flujo, recipiente, cámara, al menos un obturador, al menos una bomba, etc.) funcionan conjuntamente entre sí con referencia a flujo de fluido y presión. Sin estas características funcionales incluidas en las reivindicaciones, se desconocería la naturaleza inventiva del aparato reivindicado.

3.4 En cuanto a la objeción de claridad en las reivindicaciones 6, 24 y 33, las cuales hacen referencia a la característica “*fuentes*” se ha cambiado por “*fuentes de presión*”, que se entiende como un dispositivo, tal como un acumulador y una bomba, en las reivindicaciones 7, 8, 25, 26, 34 y 35.

3.5 Se incluyeron los números de referencia de los elementos que conforman la presente invención de acuerdo con lo divulgado en las Figuras con el fin de dar claridad

y comprensión a la presente invención.

3.6 Adicionalmente, en relación con las frases en las reivindicaciones que reclaman resultados a alcanzar y/o funcionalidades, me permito señalar que la relación funcional de los elementos y las frases que acompañan las reivindicaciones que indican un resultado a alcanzar y/o una funcionalidad, son admitidas por el Manual Andino de Patentes (MAP) y la Guía para Examen de Solicitudes de Patentes de Invención y Modelos de Utilidad de la SIC, en donde ambas guías establecen que un resultado a alcanzar y/o una funcionalidad no es una característica técnica de la invención, **pero puede aparecer en la reivindicación acompañado de las características técnicas que definen la invención**.^{1,2}

En el presente caso, si bien la forma en la que están redactadas las reivindicaciones pueden configurar una funcionalidad, igualmente dichas reivindicaciones se encuentran definidas por las características técnicas estructurales esenciales. Por lo tanto, contrario a restarle claridad a la materia reivindicada o a que sea imposible determinar el alcance de la protección, tales resultados a alcanzar o componentes funcionales complementan las características esenciales de la invención. Así, considero superada la anterior objeción, en tanto que el alcance de las reivindicaciones es perfectamente entendible por una persona versada en la materia.

De esta manera, se considera que se ha respondido a las observaciones hechas por el señor Examinador en este respecto, por tanto, se superan las objeciones planteadas y, en consecuencia, el nuevo pliego reivindicatorio de la presente solicitud, cumple a cabalidad con los lineamientos del artículo 30 de la Decisión 486/00.

Habiendo atendido cabalmente las objeciones presentadas por ese Despacho en el Oficio No. 5816 solicito atentamente sea tenida en cuenta la información aquí presentada y continuar con el trámite de la presente solicitud.

¹ Manual Andino de Patentes. (2004). Sección 4.6.6 (disponible en http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/201166165925libro_patentes.pdf).

² Guía para Examen de Solicitudes de Patentes de Invención y Modelo de Utilidad. Superintendencia de Industria y Comercio. 2012. Sección 2.6.5.8. (disponible en http://api.sic.gov.co/Documentos/Guia_Examen_Patentes.pdf).

4. Anexos

4.1 Nuevo capítulo reivindicatorio compuesto por 40 reivindicaciones

4.2 Nuevo capítulo descriptivo

Señor Director,


CAROLINA DAZA MONTALVO
C.C. 66.783.790 de Palmira Valle
TP-141563 CSJ
notificaciones@clarkemodet.com.co

REIVINDICACIONES

1. Un aparato, que comprende:

un medidor de flujo Coriolis (150) para medir el flujo de fluido y que tiene un lado de entrada (162) y un lado de salida (164), el medidor comprende por lo menos un tubo de flujo (160) adaptado para vibrar y que conduce el flujo del fluido a un primer nivel de presión desde el lado de entrada (162) al lado de salida (164); y

un recipiente (170) que encierra el por lo menos un tubo de flujo (160) en una cámara (172) y que sostiene un segundo nivel de presión en la cámara (172) alrededor del por lo menos un tubo de flujo,

el segundo nivel de presión se regula con relación al primer nivel de presión y controla un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo (160).

2. El aparato de la reivindicación 1, en donde el segundo nivel de presión se eleva por encima del ambiente con relación al primer nivel de presión y reduce el diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo (160).

3. El aparato de la reivindicación 2, en donde el segundo nivel de presión se eleva por encima del primer nivel de presión y produce un positivo del diferencial de presión de la cámara (172) al por lo menos un tubo de flujo (160).

4. El aparato de la reivindicación 2, en donde el segundo nivel de presión se eleva por debajo del primer nivel de presión y produce un negativo del diferencial de presión de la cámara (172) al por lo menos un tubo de flujo (160).
5. El aparato de la reivindicación 1, en donde el medidor (150) comprende:
por lo menos un excitador (159) dispuesto adyacente al por lo menos un tubo de flujo (160) y que imparte vibración al mismo; y
por lo menos primer y segundo sensores (157) dispuestos respectivamente adyacentes a los lados de entrada y salida (162, 164) y que miden la respuesta a la vibración impartida.
6. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende una fuente de presión (180) del segundo nivel de presión en comunicación con el recipiente (170).
7. El aparato de la reivindicación 6, en donde la fuente de presión (180) comprende un acumulador (181) que traslada una presión asociada con el primer nivel de presión al segundo nivel de presión del recipiente (170).
8. El aparato de la reivindicación 6, en donde la fuente de presión (180) comprende una bomba (185) que produce el segundo nivel de presión del recipiente (170).
9. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende un sensor de presión (155) asociado con el recipiente (170) y que mide el segundo nivel de presión para comparación con el primer nivel de presión.

10. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende un obturador (110) de un sistema de perforación (10) para un pozo (16), el obturador (110) en comunicación fluida hacia abajo del medidor (150).
11. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende por lo menos una bomba (200) de un sistema de perforación (10) para un pozo (16), el medidor (150) en comunicación fluida entre la por lo menos una bomba (150) y el pozo (16).
12. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende por lo menos una bomba de carga (200a) para un tanque (140) de lodo de un sistema de perforación (10), el medidor (150a) en comunicación fluida hacia abajo desde la por lo menos una bomba de carga (200a).
13. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende por lo menos una bomba de lodo (200b) de un sistema de perforación (10) para un pozo (16), el medidor (150b) en comunicación fluida hacia abajo de la por lo menos una bomba de lodo (200b) conectada al pozo (16).
14. El aparato de la reivindicación 1, en donde el por lo menos un tubo de flujo (160) comprende primero y segundo tubos de flujo (160) dispuestos en paralelo entre sí.
15. El aparato de la reivindicación 1, en donde el por lo menos un tubo de flujo (160) define un doblez (161).

16. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende un controlador (152) que monitorea la variación en el primer nivel de presión y que ajusta el segundo nivel de presión de acuerdo con el mismo.

17. El aparato de la reivindicación 1, en donde el recipiente (170) sostiene un fluido interno en la cámara (172), el fluido interno seleccionado de un grupo que consiste de un líquido, un gas, helio, argón, aire, nitrógeno, un fluido eléctricamente inerte, fluido de proceso, fluido hidráulico, aceite transformador, aceite de silicona, aceite mineral, fluido a base de fluorocarbono, y aceite de castor.

18. El aparato de la reivindicación 1, comprende:

por lo menos un obturador (110) en comunicación fluida con un pozo (16) y que controla el flujo de fluido desde el pozo (16); y en donde

el medidor de flujo Coriolis (150) esta dispuesto en comunicación fluida hacia arriba del por lo menos un obturador (110) y mide el flujo del pozo (16).

19. El aparato de la reivindicación 18, que además comprende un controlador (118) operativamente acoplado al por lo menos un obturador (110), el controlador (118) monitorea uno o más parámetros del flujo y controla la operación del por lo menos un obturador (110) en respuesta al uno o más parámetros monitoreados.

20. El aparato de la reivindicación 18, que además comprende un controlador (118) operativamente acoplado al medidor (150), el controlador (118) determina un flujo de masa del fluido con base por lo menos en parte en una medición del medidor (150).
21. El sistema de la reivindicación 18, que además comprende un controlador (118) operativamente acoplado al medidor (150), el controlador (118) determina una densidad del fluido con base por lo menos en parte en una medición del medidor (150).
22. El aparato de la reivindicación 18, en donde el por lo menos un obturador (110) está en comunicación fluida con un dispositivo de control (12) giratorio del pozo (16), el medidor (150) se dispone en comunicación fluida entre el por lo menos un obturador (110) y el dispositivo de control giratorio (12).
23. El aparato de la reivindicación 18, que además comprende otro medidor de flujo Coriolis (40) dispuesto en comunicación fluida hacia abajo del por lo menos un obturador (110) y configurado para operar en conjunto con el medidor de flujo Coriolis (150) dispuesto en comunicación fluida hacia arriba del por lo menos un obturador (110).
24. El aparato de la reivindicación 18, que además comprende una fuente de presión (180) del segundo nivel de presión en comunicación con el recipiente (170).
25. El aparato de la reivindicación 24, en donde la fuente de presión (180) comprende un acumulador (181) que traslada una presión asociada con el primer nivel de presión al segundo nivel de presión del recipiente (170).

26. El aparato de la reivindicación 24, en donde la fuente de presión (180) comprende una bomba (185) que produce el segundo nivel de presión del recipiente (170).

27. El aparato de la reivindicación 18, que además comprende un sensor de presión (155) asociado con el recipiente (170) y que mide el segundo nivel de presión para comparación con el primer nivel de presión.

28. Un método de perforación para un pozo (16), el método comprende:

controlar la contrapresión superficial en el pozo (16) al controlar el flujo de fluido a un primer nivel de presión desde el pozo (16) con por lo menos un obturador (110);

medir el flujo del pozo (16) hacia arriba del por lo menos un obturador (110) al operar un medidor de flujo Coriolis (150) que tiene por lo menos un tubo de flujo (160) que conduce el flujo; y

controlar un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo (160) al regular un segundo nivel de presión en una cámara (172) dispuesta alrededor del por lo menos un tubo de flujo (160) con relación al primer nivel de presión.

29. El método de la reivindicación 28, en donde regular el segundo nivel de presión en la cámara (172) comprende trasladar, con un acumulador (181), una presión asociada con el primer nivel de presión al segundo nivel de presión del recipiente (170).

30. El método de la reivindicación 28, en donde regular el segundo nivel de presión en la cámara (172) comprende producir el segundo nivel de presión del recipiente (170) al operar una bomba (185).

31. El método de la reivindicación 28, que además comprende medir el segundo nivel de presión con un sensor (155) asociado con el recipiente (170) para comparación con el primer nivel de presión.

32. El aparato de la reivindicación 1, comprende:

por lo menos una bomba (200) en comunicación fluida con un pozo (16) y que entrega flujo de fluido al pozo (16); y en donde

un medidor de flujo Coriolis (150) está dispuesto en comunicación fluida entre la por lo menos una bomba (200) y el pozo (16) y mide el flujo de fluido al pozo (16).

33. El aparato de la reivindicación 32, que además comprende una fuente de presión (180) del segundo nivel de presión en comunicación con el recipiente (170).

34. El aparato de la reivindicación 33, en donde la fuente de presión (180) comprende un acumulador (181) que traslada una presión asociada con el primer nivel de presión al segundo nivel de presión del recipiente (170).

35. El aparato de la reivindicación 33, en donde la fuente de presión (180) comprende una bomba (185) que produce el segundo nivel de presión del recipiente (170).

36. El aparato de la reivindicación 32, que además comprende un sensor de presión (155) asociado con el recipiente (170) y que mide el segundo nivel de presión para comparación con el primer nivel de presión.

37. Un método de perforación para un pozo (16), el método comprende:

entregar flujo de fluido de por lo menos una bomba (200) a un primer nivel de presión al pozo (16);

medir el flujo del fluido de la por lo menos una bomba (200) al pozo (16) al operar un medidor de flujo Coriolis (150) que tiene por lo menos un tubo de flujo (160) que conduce el flujo; y

controlar un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo (160) al regular un segundo nivel de presión en una cámara (172) dispuesta alrededor del por lo menos un tubo de flujo (160) con relación al primer nivel de presión.

38. El método de la reivindicación 37, en donde regular el segundo nivel de presión en la cámara (172) comprende trasladar, con un acumulador (181), una presión asociada con el primer nivel de presión al segundo nivel de presión del recipiente (170).

39. El método de la reivindicación 37, en donde regular el segundo nivel de presión en la cámara (172) comprende producir el segundo nivel de presión del recipiente (170) por operación de una bomba.

40. El método de la reivindicación 37, que además comprende medir el segundo nivel de presión con un sensor (155) asociado con el recipiente (170) para comparación con el primer nivel de presión.

MEDIDOR DE FLUJO CORIOLIS QUE TIENE TUBO DE FLUJO CON DIFERENCIAL DE PRESION ECUALIZADO

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

- 5 [0001] La solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional No. US 62/053,015, presentada el 19 de septiembre de 2014, la cual se incorpora acá por referencia.

ANTECEDENTES DE LA DIVULGACIÓN

- 10 [0002] Los medidores de flujo Coriolis se pueden utilizar en un número de aplicación. En perforación, el medidor Coriolis puede medir tasas de flujo de volumen y densidad del fluido de perforación. Por ejemplo, en un sistema de perforación de presión manejada (MPD), el flujo de fluido típicamente se mide usando un medidor de flujo Coriolis para determinar la circulación perdida, para detectar influjos de
15 fluido o golpes, para medir densidad de lodo, para monitorear retornos de fluido, etc.

- [0003] Como es conocido, el medidor de flujo Coriolis puede medir la tasa de flujo de masa de un medio que fluye a través de la tubería. El medio fluye a través de un tubo de flujo insertado en línea en la tubería y vibra durante la operación de modo que el medio se somete a fuerzas Coriolis. A partir de estas fuerzas, las porciones
20 de entrada y salida del tubo de flujo tienden a vibrar fuera de la fase con una respecto a la otra, y la magnitud de las diferencias de fase suministra una medición para derivar la tasa de flujo de masa. En particular, la diferencia en cambio de fase entre entrada y salida determina la tasa de flujo de masa mientras que los efectos del fluido en la frecuencia natural del tubo son usados para determinar la densidad
25 de fluido.

[0004] Usar medidores de flujo Coriolis en un sistema de perforación suministra un número de ventajas. El medidor de flujo Coriolis no está restringido a la medición de sólo un tipo particular de fluido, y el medidor puede medir suspensiones de gas y

líquidos sin cambios en las propiedades (temperatura, densidad, viscosidad, y composición) que afectan el desempeño del medidor. Adicionalmente, el medidor de flujo Coriolis simplemente utiliza los tubos de flujo y no requiere componentes mecánicos a ser insertados en las condiciones de flujo severo del fluido de perforación.

[0005] Un ejemplo de cómo se utiliza un medidor de flujo Coriolis en un sistema de perforación se ilustra esquemáticamente en la figura 1. El medidor de flujo Coriolis 40 es parte de un colector de estrangulamiento 30, el cual contiene tubería, válvulas de cierre 32, y equipo asociado. El flujo de fluido del dispositivo de control giratorio (RCD) 12 de un pozo pasa a través del colector de estrangulamiento 30 antes de pasar a otras partes del sistema MPD (no mostradas), tal como un separador de gas de lodo, plataforma, etc.

[0006] Un ejemplo particular de un medidor de flujo Coriolis se divulga en US 6513393, el cual se reproduce en la figura 2. Un sensor de flujo de masa 40 de un medidor de flujo/densidad de masa Coriolis mostrado acá tiene un tubo de flujo recto simple 41, el cual tiene un lado de entrada y un lado de salida. Las disposiciones diferentes a un tubo de flujo recto simple 41 ya se conocen en la técnica. El lado de entrada del tubo de flujo 41 está provisto con un primer reborde 48a, y el lado de salida está provisto con un segundo reborde 48b de modo que el sensor de flujo de masa 40 se puede insertar en una forma hermética a presión en un tubo a través del cual el medio fluye durante la operación.

[0007] El sensor de flujo de masa 40 además incluye un medio de soporte 42 con una primera placa de extremo 44a fijada al lado de entrada del tubo de flujo 41, una segunda placa de extremo 44b fijada el lado de salida del tubo de flujo 41, y un tubo de soporte 43 insertado entre la primera y segunda placas de extremo 44a-b. Las placas de extremo 44a-b se conectan con el tubo de flujo 41 y el tubo de soporte 43 en una forma rígida y hermética a presión, particularmente en una forma hermética a vacío. El tubo de flujo 41 así se monta en una luz del tubo de soporte 43 entre las

placas de extremo 44a-b en una forma de auto-soporte de modo que se puede configurar en vibración.

[0008] Un excitador de vibración 50 se posiciona dentro del medio de soporte 42 entre el tubo de flujo 41 y el tubo de soporte 43, preferiblemente a mitad de camino entre la primera y segunda placas de extremo 44a-b. En operación, este excitador de vibración 50 configura el tubo de flujo 41 en vibración a una frecuencia resonante mecánica, la cual, a su vez, ofrece una medición de la densidad instantánea del medio.

[0009] El excitador de vibración 50 puede ser un ensamble de solenoide operado por una corriente de excitación variable en el tiempo, definiendo así el tubo de flujo 41 en vibración, con el lado de entrada y el lado de salida vibrando fuera de fase con uno con respecto al otro a medida que el medio pasa a través del tubo de flujo 41. Dentro del medio de soporte 42, se ubican un primer medio de medición 52a y un segundo medio de medición 52b a una distancia dada uno del otro a lo largo del tubo de flujo 41 para medir las vibraciones. Los medios de medición 52a-b preferiblemente se ubican a distancias iguales desde la mitad del tubo de flujo 41 y suministran primera y segunda señales de medición que representan las vibraciones.

[0010] Naturalmente, el sensor de flujo de masa 40 tiene alguna forma de protección, tal como un alojamiento o cubierta protectora. Dicha cubierta protectora mantiene el sensor 40 de efectos dañinos, daño externo y similares. Adicionalmente, dicha cubierta protectora puede suministrar un ambiente sellado y hermético en presión que permite que el sensor 40 se utilice con materiales peligrosos y a presiones significantes si el tubo de flujo 41 falla debido a fatiga o rebose.

[0011] Como se muestra acá, por ejemplo, el sensor de flujo de masa 40 se protege de influencias ambientales por medio de un alojamiento de sensor 45. El medio de soporte 42 y todos los cables eléctricos conectados al sensor de flujo de masa 40 se acomodan en el alojamiento 45. Una transición 46 en el alojamiento de sensor

45 tiene un alojamiento electrónico 60 fijado. Típicamente, para proteger los componentes del medidor 40, el alojamiento 45 y el soporte 42 se pueden fluir apretados para prevenir que la humedad y los contaminantes ingresen, los cuales pueden afectar la operación y causar corrosión y daño.

5 [0012] En el alojamiento electrónico 60, se acomodan los electrónicos excitadores y los electrónicos de evaluación así como los otros circuitos usados para la operación del medidor de flujo/densidad de masa Coriolis. Estos circuitos pueden incluir electrónica para suministrar alimentación de potencia desde una fuente de potencia externa, y/o electrónica de comunicación para transmisión de datos entre
10 el medidor de flujo/densidad de masa Coriolis y una unidad de procesamiento de señal externa.

[0013] Teniendo un entendimiento de cómo se utiliza un medidor de flujo Coriolis en un sistema de perforación y lo que incluye un medidor de flujo Coriolis, la discusión ahora se pasa a algunas de las limitaciones encontradas cuando se usan medidores
15 de flujo Coriolis convencionales en un sistema de perforación.

[0014] Actualmente, el colector 30 para un sistema MPD como en la figura 1 puede clasificar para hasta 10000 psi (68.9-MPa) de presión. Sin embargo, aunque la clasificación de presión del medidor depende de su tamaño y materiales, el medidor Coriolis 40 se limita típicamente a una clasificación de menos de 3000 psi (20.7-
20 MPa), y usualmente alrededor de 1500 a 2855 psi (10.3 to 19.7 MPa). Por esta razón, el medidor Coriolis 40 debe estar hacia debajo de los obturadores 32 debido a esta limitación de presión. Adicionalmente, el medidor de flujo Coriolis 40 se puede instalar con una válvula de bypass (no mostrada) y sensor de presión. Si un límite de presión se supera, la válvula de bypass se acciona para derivar el flujo alrededor
25 del medidor 40 de modo que la perforación puede continuar a tasas que pueden superar la capacidad del medidor 40. Como se espera, esto adiciona complejidad adicional al sistema.

[0015] Una forma de aumentar la clasificación de presión del medidor de flujo Coriolis 40 es aumentar los grosores de la pared del tubo de flujo usado para el medidor 40. El grosor de pared aumentado lleva a una expectativa que el medidor 40 puede manejar presiones de fluido mayores. Sin embargo, aumentar el grosor de la pared puede reducir o eliminar las capacidades de respuesta del medidor 40. En otras palabras, aumentar la capacidad de presión del medidor de flujo 40 al hacer el tubo de flujo más robusto o grueso tiende a comprometer la precisión funcional del medidor de flujo 40. Esto puede hacer que el medidor de flujo capaz de operación a alta presión sea funcionalmente impráctico para aplicaciones de perforación de presión manejada.

[0016] Para aplicaciones de alta presión, un medidor de flujo de turbina en lugar del medidor de flujo Coriolis 40 se puede utilizar para hacer las mediciones deseadas, pero la precisión del medidor de flujo de turbina a rango completo de tasas de flujo es inferior a un medidor de flujo Coriolis. De hecho, la perforación de presión manejada requiere un alto nivel de precisión de medición de flujo de modo que el uso de un medidor de flujo de turbina no es aceptable.

[0017] Además, debido a que la limitación de presión del medidor Coriolis 40 requiere que éste esté hacia abajo del obturador 32, cualquier gas en el fluido de perforación puede salir de la solución durante la caída de presión experimentada a lo largo de los obturadores 32. Cuando esto ocurre, el medidor Coriolis 40 puede no funcionar adecuadamente.

[0018] Mantener el gas en la solución para el medidor de flujo Coriolis 40 después de los obturadores 32 se ha controlado parcialmente al adicionar una válvula (no mostrada), orificio, o similar hacia abajo del medidor de flujo Coriolis. La válvula hacia abajo o similar puede suministrar contrapresión adecuada al medidor 40, manteniendo de esta forma el gas en la solución y permitiendo que el medidor 40 lea la tasa de flujo de fluido con precisión mejorada. Aunque esta disposición puede ofrecer mejor control de presión para mantener el gas en la solución, ubicar dicha

válvula hacia abajo del medidor 40 no permite que el medidor de flujo Coriolis 40 opere a presiones más altas, y dicha válvula hacia abajo del medidor 40 adiciona complejidad al sistema de perforación.

[0019] La materia objeto de la presente divulgación está dirigida a superar, o por lo
5 menos reducir los efectos de uno o más de los problemas definidos anteriormente.

RESUMEN DE LA PRESENTE DIVULGACIÓN

[0020] Un aparato de acuerdo con la presente divulgación incluye un medidor de flujo Coriolis para medir flujo de fluido, es decir, medir varios parámetros de fluido
10 (por ejemplo, flujo, densidad, temperatura). El medidor tiene un lado de entrada y un lado de salida. Por lo menos un tubo de flujo se adapta para vibrar y conduce el flujo del fluido a un primer nivel de presión desde el lado de entrada al lado de salida. Un recipiente encierra el por lo menos un tubo de flujo en una cámara y mantiene un segundo nivel de presión en la cámara alrededor del por lo menos un tubo. Por
15 ejemplo, el recipiente puede sostener un fluido interno en la cámara, tal como un líquido, un gas, helio, argón, aire, nitrógeno, un fluido eléctricamente inerte, fluido de proceso, fluido hidráulico, aceite transformador, aceite de silicona, aceite mineral, fluido a base de fluorocarbono, y aceite de castor.

[0021] El segundo nivel de presión se regula con relación al primer nivel de presión
20 y controla un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo. En una disposición, el segundo nivel de presión se eleva por encima del ambiente (por ejemplo, ambiente, atmosférica, etc.) con relación al primer nivel de presión y reduce un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo. El segundo nivel de presión se puede elevar a un nivel en, cerca, encima, o debajo del primer
25 nivel de presión. Por ejemplo, el segundo nivel de presión se puede elevar a encima del primer nivel de presión para producir un positivo del diferencial de presión de la cámara al por lo menos un tubo de flujo. Alternativamente, el segundo nivel de

presión se puede elevar a debajo del primer nivel de presión para producir un negativo del diferencial de presión de la cámara al por lo menos un tubo de flujo.

[0022] En el aparato, el medidor se puede disponer en un sistema de perforación hacia arriba de un obturador, entre por lo menos una bomba y un pozo, hacia debajo de la por lo menos una bomba de carga conectada a un tanque de lodo, y/o hacia debajo de la por lo menos una bomba de lodo conectada al pozo.

[0023] Para el medidor, el por lo menos un tubo de flujo puede incluir primer y segundo tubos de flujo dispuestos en paralelo entre sí, y el por lo menos un tubo de flujo puede definir un doblez. El medidor puede tener por lo menos un excitador y por lo menos primero y segundo sensores. El por lo menos un excitador se dispone adyacente al por lo menos un tubo de flujo e imparte vibración al mismo. El primer y segundo sensores se disponen respectivamente adyacentes a los lados de entrada y salida y miden la respuesta a la vibración impartida.

[0024] Un controlador del aparato puede monitorear la vibración en el primer nivel de presión y puede ajustar el segundo nivel de presión de acuerdo con el mismo. El aparato puede tener un sensor de presión asociado con el recipiente para medir el segundo nivel de presión para comparación con el primer nivel de presión. Esto se puede hacer para controlar activamente el segundo nivel de presión desde una fuente con relación al primer nivel de presión.

[0025] Por ejemplo, el aparato puede incluir una fuente del segundo nivel de presión en comunicación con el recipiente. En una implementación, la fuente puede incluir un acumulador que traslada una presión asociada con el primer nivel de presión al segundo nivel de presión del recipiente. Adicionalmente o alternativamente, la fuente puede incluir una bomba que produce el segundo nivel de presión del recipiente.

[0026] Un sistema de perforación de acuerdo con la presente divulgación para un pozo incluye por lo menos un obturador, un medidor de flujo Coriolis, y un recipiente. El por lo menos un obturador está en comunicación fluida con el pozo y controla el

flujo de fluido desde el pozo. El medidor se dispone en comunicación fluida hacia arriba del por lo menos un obturador y mide el flujo desde el pozo. El medidor tiene por lo menos un tubo de flujo que se adapta para vibrar y conducir el flujo a un primer nivel de presión desde un lado de entrada a un lado de salida. El recipiente encierra el por lo menos un tubo de flujo en una cámara y sostiene un segundo nivel de presión en la cámara alrededor del por lo menos un tubo de flujo. Este segundo nivel de presión se regula con relación al primer nivel de presión y controla un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo. Por ejemplo, el segundo nivel de presión se eleva por encima del ambiente con relación al primer nivel de presión y reduce un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo.

[0027] En el sistema, uno o más controladores se pueden acoplar operativamente el por lo menos un obturador y/o el medidor. Por ejemplo, el uno o más controladores pueden monitorear uno o más parámetros del flujo y pueden controlar la operación del por lo menos un obturador en respuesta al uno o más parámetros medidos. El uno o más controladores pueden determinar un flujo de masa del fluido con base por lo menos en parte en una medición del medidor y pueden determinar una densidad del fluido con base por lo menos en parte en una medición del medidor.

[0028] Por su parte, el por lo menos un obturador en el sistema puede estar en comunicación fluida con un dispositivo de control giratorio del pozo. El medidor de flujo Coriolis se puede disponer en comunicación fluida entre el por lo menos un obturador y el dispositivo de control giratorio. Finalmente, sistema puede tener otro medidor de flujo Coriolis dispuesto en comunicación fluida hacia abajo del por lo menos un obturador y configurado para operar en conjunto con el medidor de flujo Coriolis dispuesto en comunicación fluida hacia arriba del por lo menos un obturador.

[0029] En una modalidad, un método de perforación de presión controlada para un pozo involucra controlar la contrapresión superficial en el pozo al controlar el flujo

de fluido en un primer nivel de presión del pozo con por lo menos un obturador. El método involucra medir el flujo del pozo hacia arriba del por lo menos un obturador al operar un medidor de flujo Coriolis que tiene por lo menos un tubo de flujo que conduce el flujo. En el método, un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo se regula con relación al primer nivel de presión para controlar un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo. Por ejemplo, el segundo nivel de presión se reduce al elevar un segundo nivel de presión por encima del ambiente en una cámara dispuesta alrededor del por lo menos un tubo de flujo con relación al primer nivel de presión.

10 [0030] Un sistema de perforación de acuerdo con la presente divulgación para un pozo incluye por lo menos una bomba, un medidor de flujo Coriolis, y un recipiente. La por lo menos una bomba está en comunicación fluida con el pozo y entrega flujo de fluido al pozo. El medidor de flujo Coriolis está dispuesto en comunicación fluida entre la por lo menos una bomba y el pozo y mide el flujo de fluido al pozo. El
15 medidor incluye por lo menos un tubo de flujo adaptado para vibrar y que conduce el flujo a un primer nivel de presión desde un lado de entrada a un lado de salida. Un recipiente encierra el por lo menos un tubo de flujo en una cámara y mantiene un segundo nivel de presión en la cámara alrededor del por lo menos un tubo de flujo. El segundo nivel de presión se regula con relación al primer nivel de presión y
20 controla un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo. Por ejemplo, el segundo nivel de presión se eleva por encima del ambiente con relación al primer nivel de presión y reduce un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo.

[0031] En otra modalidad de un método de perforación de presión controlada, el
25 flujo de fluido se entrega desde por lo menos una bomba a un primer nivel de presión al pozo, y el flujo se mide al operar un medidor de flujo Coriolis que tiene por lo menos un tubo de flujo que conduce el flujo. El método involucra regular el segundo nivel de presión con relación al primer nivel de presión para controlar un diferencial

de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo. Por ejemplo, el método involucra reducir un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo al elevar un segundo nivel de presión por encima del ambiente en la cámara alrededor del por lo menos un tubo de flujo con relación al primer nivel de presión.

- 5 [0032] El anterior resumen no pretende resumir cada modalidad potencial o cada aspecto de la presente divulgación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- 10 [0033] La figura 1 esquemáticamente ilustra un colector obturador de acuerdo con el estado del arte.

[0034] La figura 2 ilustra un medidor de flujo Coriolis de acuerdo con el estado del arte.

- 15 [0035] La figura 3 diagramáticamente ilustra un sistema de perforación de presión manejada que tiene un medidor de flujo Coriolis de acuerdo con la presente invención para un colector obturador.

[0036] Las figuras 4A-4D diagraman varias disposiciones para un medidor de flujo Coriolis para el sistema de la figura 3.

[0037] La figura 5 ilustra una modalidad de un medidor de flujo Coriolis para el sistema de la figura 3.

- 20 [0038] La figura 6 ilustra diagramáticamente un sistema de perforación de presión manejada que tiene uno o más medidores de flujo Coriolis de acuerdo con la presente divulgación para una pierna de entrada de flujo del sistema.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA DIVULGACIÓN

- 25 [0039] La figura 3 ilustra diagramáticamente un sistema de perforación de presión manejada 10 que tiene un medidor de flujo Coriolis 150 de acuerdo con la presente divulgación para un colector obturador 100. Como se muestra y se discute acá, este sistema 10 puede ser un sistema de Perforación de Presión Manejada (MPD), tal

como de Presión de Fondo de Pozo Constante (CBHP), de Perforación de Tapa de Lodo Presurizada, Perforación de Control de Flujo de Retorno, Perforación de Gradiente Dual, etc., así como sistemas de Perforación de Balance Bajo (UBD). Aunque se discute en este contexto, las enseñanzas de la presente divulgación
5 pueden aplicar igualmente bien a otros tipos de sistemas de flujo y procesos, como se apreciará por un experto en la materia que tiene el beneficio de la presente divulgación.

[0040] El sistema 10 tiene un dispositivo de control giratorio (RCD) 12 a partir del cual una tira de perforación 14 y una broca 18 se extienden hacia debajo de un pozo
10 16 a través de una formación 20. El dispositivo de control giratorio 12 puede incluir cualquier dispositivo de contención de presión adecuado que mantiene el pozo cerrado en todo momento mientras que el pozo 16 está siendo perforado. El dispositivo de control giratorio (RCD) 12 es utilizado en el retorno de lodo para contener los fluidos anulares mientras que se perfora y para dirigir los fluidos a
15 través del colector obturador 100 equipado con sensores para extraer datos críticos de los fluidos.

[0041] El sistema 10 también incluye bombas de lodo 200, una tubería (no mostrada), un tanque de lodo (no mostrado), un separador de gas de lodo 120, y varias líneas de flujo (101, 102, 104, 106, 122, 124), así como otros componentes
20 adicionales. Adicional a estos, el sistema MPD 10 incluye un colector obturador 100 que se incorpora en los otros componentes del sistema 10. El colector obturador 100 típicamente se automatiza y se controla por medio de equipo de procesamiento 118 y 130.

[0042] Durante las operaciones, el colector obturador 100 maneja la presión durante
25 la perforación y se incorpora en el sistema 10 hacia abajo del dispositivo de control giratorio 12 y hacia arriba del separador de gas 120. El colector 100 tiene obturadores 110 y un medidor de flujo de masa 150. Adicionalmente, el colector 100 típicamente tiene sensores de presión 112, sensores de temperatura 114, y una

unidad de potencia hidráulica 116 para accionar los obturadores 110, y un controlador 118 para controlar la operación del colector 100.

[0043] El controlador 118 aloja los componentes de adquisición de datos para medir y analizar las propiedades físicas de los retornos de fluidos del pozo 16. El controlador 118 también controla los obturadores de perforación 110 para regular la contrapresión, cuando se necesite. Un sistema de adquisición de datos 130 acoplado de forma comunicativa con el colector 100 tiene un panel de control con una interfaz de usuario y capacidades de procesamiento.

[0044] En la actual modalidad, el medidor de flujo de masa 150 es un tipo Coriolis de medidor de flujo. El medidor de flujo Coriolis 150 captura los datos de flujo de masa y volumen de los fluidos anulares de retorno. El medidor de flujo Coriolis 150 puede también medir la densidad junto con los datos de flujo y volumen. Los datos se dirigen al controlador de sistema 118 y el sistema de adquisición de datos 130. El medidor de flujo Coriolis 150 típicamente se instala en una posición de bandera o con ángulo hacia arriba de modo que los cortes y el fluido de perforación pueden drenarse del medidor 150 y el gas puede salir del medidor 150, aunque el medidor de flujo Coriolis 150 también se puede ubicar horizontalmente. Una disposición de tubería de bypass (no mostrada) se puede utilizar para desviar el medidor 150 si esto es necesario.

[0045] Un sistema de perforación 10 adecuado con un colector obturador 100 para la presente divulgación es el Sistema de Perforación Segura™ disponible de Weatherford. Los detalles relacionados con dicho sistema se divulgan en la Patente No. US 7044237, la cual se incorpora acá por referencia en su totalidad.

[0046] Como se muestra, el sistema 10 utiliza el dispositivo de control giratorio 12 para mantener el pozo cerrado a condiciones atmosféricas. El flujo que deja el pozo 16 fluye a través del colector obturador 100, el cual mide el flujo y densidad de retorno usando el medidor de flujo Coriolis 150 instalado en línea con los obturadores 110. Los componentes de software dl colector 100 luego comparan la

tasa de flujo hacia adentro y fuera del pozo 16, la presión de inyección (o presión de tubería), la contrapresión superficial (medida hacia arriba desde los obturadores de perforación 110), la posición de los obturadores 110, y la densidad de lodo. Comparando estas variables, el sistema 10 identifica los influjos y pérdidas hacia el fondo de pozo de minuto en una base de tiempo real y maneja la presión anular durante la perforación. Toda la información monitoreada se puede mostrar al operador en el panel de control del sistema de adquisición de datos 130.

[0047] Durante las operaciones de perforación, el sistema 130 monitorea cualquier desviación en valores y alerta al operador de cualquier problema que se pueda causar por un influjo de fluido en el pozo 16 desde la formación 20 o una pérdida de lodo de perforación en la formación 20. Adicionalmente, el sistema 130 puede automáticamente detectar, controlar, y circular fuera dichos influjos al operar los obturadores 110 en el colector obturador 100.

[0048] Por ejemplo, un influjo de fluido posible se puede notar cuando el valor “flujo fuera” (por ejemplo, medido del medidor de flujo Coriolis 150) se desvía del valor “flujo dentro” (por ejemplo, medido de las bombas de lodo 200). Cuando se detecta un influjo, una alerta notifica al operador para aplicar el freno hasta que se confirme que es seguro perforar. Mientras tanto, no es necesario ningún cambio en la tasa de bomba de lodo en esta etapa.

[0049] En una forma de control automático, sin embargo, el sistema 130 automáticamente cierra el obturador 110 a un grado determinado para aumentar la contrapresión superficial en el anillo 16 de pozo y detener el influjo. Luego, el sistema 130 circula el influjo fuera del pozo al ajustar automáticamente la contrapresión superficial, aumentando de esta forma la presión que circula en el fondo de pozo y evitando un influjo secundario. Un trayecto de tanque conceptualizado se monitorea para cambios en volumen de fluido superficial debido a que las mediciones de ganancia convencionales usualmente no son muy precisas. Esto todo se monitorea y se muestra para ofrecer control adicional de estos pasos.

[0050] Por otro lado, una posible pérdida de fluido se puede notar cuando el valor “flujo dentro” (por ejemplo, medido de las bombas 200) es mayor al valor “flujo fuera” (por ejemplo, medido por el medidor de flujo Coriolis 150). Pasos similares a los anteriores pero adecuados para pérdida de fluido se pueden implementar por el sistema 130 para manejar la presión durante la perforación en esta situación.

[0051] Como se indicó anteriormente, las limitaciones de presión de un medidor de flujo Coriolis convencional pueden ser un problema, requiriendo que se dispongan hacia abajo de los obturadores. Adicionalmente, mantener el gas en la solución en el flujo fuera del pozo 16 ha sido un problema para el medidor de flujo Coriolis convencional dispuesto hacia debajo de los obturadores.

[0052] En la modalidad actual y en contraste a la disposición convencional, el medidor de flujo Coriolis 150 divulgado se dispone hacia arriba de los obturadores 110. En esta posición hacia arriba, el medidor de flujo Coriolis 150 puede evitar los problemas típicamente encontrados por los medidos de flujo Coriolis convencionales ubicados hacia debajo de los obturadores 110.

[0053] En particular, esta posición hacia arriba del medidor de flujo Coriolis 150 ayuda a asegurar que ningún gas en el fluido de perforación permanezca en la solución. Por ejemplo, teniendo el medidor de flujo Coriolis 150 dispuesto hacia arriba de los obturadores 110 hace menos probable que se formen burbujas en el flujo que pasará a través de los tubos de flujo 160, como ocurriría típicamente con el medidor de flujo convencional hacia debajo de los obturadores 110. También, el medidor de flujo Coriolis 150 divulgado dispuesto hacia arriba de los obturadores 110 puede evitar problemas con cavitación producida por los obturadores 110 y puede medir el flujo sin la trayectoria de flujo compleja típica a través del colector 100.

[0054] Además, el medidor de flujo Coriolis 150 divulgado hacia arriba de los obturadores 110 puede evitar la necesidad de adicionar un alivio de presión o válvula de bypass hacia arriba del medidor Coriolis 150 cuando se utiliza delante de

los obturadores 110. Sin embargo, aún puede ser útil tener una disposición de bypass incluso para el medidor de Coriolis 150 hacia arriba de los obturadores. Por lo tanto, el colector 100 de la presente divulgación puede incluir dicha disposición de bypass (no mostrada).

5 [0055] Como se apreciará, aunque el medidor de flujo Coriolis 150 divulgado se dispone hacia arriba de los obturadores 110, el medidor divulgado 150 se puede disponer en la posición convencional hacia debajo de los obturadores 110. Adicionalmente, el medidor divulgado 150 dispuesto hacia arriba de los obturadores 110 se puede utilizar en combinación con un medidor de flujo Coriolis convencional
10 (por ejemplo 40, Figura 3) dispuesto hacia debajo de los obturadores 110. En estas disposiciones combinadas, los beneficios de ambos medidores y sus posiciones se pueden usar en el monitoreo durante la perforación.

[0056] Las figuras 4A-4D muestran varias disposiciones para un medidor de flujo Coriolis 150 para el sistema 10 de la figura 3. Durante la operación, un medio fluye
15 a través de uno o más tubos de flujo 160 del medidor de flujo 150. Estando usados en un ambiente de perforación, el uno o más tubos de flujo 160 pueden conducir gas, líquido y sólidos típicamente empleados y encontrados en este contexto. Así, la tubería 101 del RCD 12 u otra parte de un sistema de perforación entrega el flujo al medidor 150 y el uno o más tubos de flujo 160, y la tubería 101 luego envía el
20 flujo sobre los obturadores y otros componentes del colector y el sistema.

[0057] Como se apreciará, el medidor de flujo Coriolis 150 puede usar uno o más tubos de flujo, los cuales pueden tener un número de diferentes formas y se pueden disponer en paralelo o en serie entre sí. En el presente sistema, el medidor de flujo Coriolis 150 tiene dos tubos de flujo 160 conectados en paralelo en una entrada
25 común 162 y una salida común 164, y los tubos de flujo 160 definen dobleces o formas en U. Otras disposiciones conocidas en la técnica se pueden utilizar. Por ejemplo, el medidor de flujo Coriolis 150 puede tener uno de dichos tubos de flujo 160 con forma de U o puede tener uno o más tubos de flujo 160 que son derechos,

en espiral, o tener otra forma aceptable. Preferiblemente, los tubos de flujo 160 se componen de un material adecuado, tal como titanio, aunque se puede usar acero inoxidable.

[0058] Aunque no se muestra, varios soportes, rebordes, conectores, o similares se pueden utilizar en la entrada y salida comunes 162, 164 para soportar los tubos de flujo 160. Un recipiente de presión externo 170 se dispone alrededor del medidor de flujo Coriolis 150 para contener los componentes funcionales del medidor de flujo Coriolis 150, específicamente los tubos de flujo 160, sensores, vibradores, etc. El recipiente de presión externa 170 preferiblemente tiene por lo menos la misma capacidad de presión que el colector de obturador 100 (por ejemplo, aproximadamente 10000 psi (68.9-MPa)).

[0059] Aunque este recipiente 170 se puede ubicar de modo que se pueda contener cualquier fuga del medidor de flujo Coriolis 150 y se puedan prevenir daños externos, el recipiente de presión externa 170 también contiene una presión regulada (por ejemplo, elevada) configurada en su cámara 172 que rodea los tubos de flujo 160. En este sentido, el recipiente de presión 170 ofrece más de sólo un alojamiento de protección o cubierta para los tubos de flujo 160 y otros componentes del medidor 150. La presión en la cámara 172 se regula con relación al nivel de presión en los tubos de flujo 160 y controla un diferencial de presión a lo largo de los tubos de flujo 160. En una disposición particular, la presión en la cámara 172 se eleva sobre la ambiental (por ejemplo, niveles de ambiente, atmosférica, etc.) como se define por las condiciones en el ambiente alrededor (sitio de pozo, piso de suelo, piso marino, etc.).

[0060] Dependiendo de la implementación, un recipiente de contención adicional (no mostrado) se puede disponer alrededor del recipiente de presión 170 en las figuras 4A-4D. Este recipiente adicional (no mostrado) puede servir varios propósitos, tal como características de aislamiento del medidor 150 de ruido, contener la presión en el caso de rupturas del recipiente de alta presión 170, y

características de aislamiento del medidor 150 de efectos de la temperatura, por ejemplo, calentamiento solar.

[0061] Una unidad de control 152 tiene electrónica de control y sensado para uso con el medidor de flujo Coriolis 150, y algunos de estos componentes electrónicos 154 están alojados dentro del recipiente de presión 170. Estos se describirán en mayor detalle más adelante.

[0062] Un fluido interno (por ejemplo, gas o líquido) se dispone en la cámara 172 entre el recipiente de presión 170 y las superficies externas de los tubos de flujo 160. La presión de este fluido interno es regulada (por ejemplo, elevada) de modo que el diferencial de presión a lo largo de los tubos de flujo 160 es controlado (por ejemplo, reducido o minimizado). Así, el nivel de presión en la cámara 172 se puede elevar a un nivel en o encima del nivel de presión en los tubos de flujo 160 para producir un diferencial de presión positivo de la cámara 172 a los tubos de flujo 160.

Del mismo modo, el nivel de presión en la cámara 172 se puede elevar a un nivel en o debajo del nivel de presión en los tubos de flujo 160 para producir un diferencial de presión negativo de la cámara 172 a los tubos de flujo 160. La elevación de la presión de la cámara con relación a los tubos de flujo 160 a diferencial positivo o negativo o sin diferencial puede ser aceptable para diferentes operaciones dependiendo de la implementación, fluidos usados, tasas de flujo, etc. De esta forma, el fluido interno en la cámara 172 permite que los tubos de flujo 160 conduzcan el fluido a una presión mayor sin estar expuesto externamente a un diferencial de presión aumentado.

[0063] Como se notó, la presión en la cámara 172 se aumenta para minimizar el diferencial de presión entre los tubos de flujo 160 y el ambiente externo de la cámara 172. Así, aunque los tubos de flujo 160 se pueden clasificar para 3 kpsi (20.7-MPa), la presión externa afuera de los tubos de flujo 160 en la cámara 172 puede minimizar el diferencial de presión cuando el fluido en la cámara 172 se aumenta en presión hasta o encima del nivel de presión de 3 kpsi (20.7-MPa) en los tubos de flujo 160.

La presión se puede aumentar siempre y cuando la presión de colapso de los tubos de flujo 160 no se supere o siempre y cuando la presión en los tubos de flujo 160 no supere en diferencial de presión máximo a lo largo de los tubos de flujo 160.

[0064] La presión en la cámara 172 se puede pre-cargar y fijar a un nivel predeterminado para operaciones específicas. Preferiblemente, la presión del fluido en la cámara 172 se regula con un sistema de presión 180. Un número de sistemas 180 se pueden usar para regular la presión en la cámara 172, y estos sistemas 180 se pueden activar activa o pasivamente.

[0065] Como se muestra en la modalidad actual de la figura 4A, el sistema de presión 180 preferiblemente comunica el nivel de presión encontrado dentro del colector 100 al nivel de presión dentro del recipiente externo 170. En particular, un acumulador, pistón, otro dispositivo de transferencia de presión 181 se conecta a la tubería de entrada 1011 para el medidor de flujo Coriolis 150, el cual se acopla a la presión del colector. En el lado opuesto, el acumulador 181 se conecta a la cámara 172 del recipiente externo 170 con un acoplamiento 188.

[0066] A medida que el flujo se conduce al medidor de flujo Coriolis 150, la presión del colector se comunica por medio del acoplamiento 184 a un primer volumen 182 del acumulador 181, el cual a su vez actúa contra un segundo volumen 186 del acumulador 181. La presión comunicada del segundo volumen 186 luego se comunica por el acoplamiento 188 a la cámara de recipiente 172 para transferir la presión del colector.

[0067] El fluido en el segundo volumen 186 se aísla del flujo de proceso en la tubería 101 de modo que se pueden evitar los problemas con corrosión y taponamiento. El fluido en la cámara del recipiente 172 puede ser un líquido o gas y puede ser eléctricamente inerte. Algunos ejemplos del fluido para la cámara 172 incluyen, pero no se limitan a, gases inertes tal como helio o argón, otros gases tales como aire o nitrógeno, fluido de proceso, fluido hidráulico, aceite transformador, aceite de silicona, aceite mineral, fluido a base de fluorocarbono, aceite de castor, etc.

[0068] Utilizando esta disposición, la presión externa a los tubos de flujo 160 se puede aumentar, permitiendo de esta forma que la presión interna del fluido que pueden conducir los tubos de flujo 160 se aumente comparablemente. Al final, la necesidad de paredes más gruesas de los tubos de flujo 160 se puede evitar, y además, se pueden usar tubos 160 más delgados para reducir el tamaño general del medidor de flujo Coriolis 150.

[0069] La figura 4B muestra el medidor de flujo Coriolis 150 divulgado con otro sistema de presión 180. Acá, el sistema de presión 180 activamente comunica un nivel de presión al recipiente externo 170 utilizando una bomba 185, pistón, o similar. El fluido almacenado de una fuente 187 se puede bombear por medio de la bomba 185 a la cámara del recipiente 172 por medio del acoplamiento 188. Esta se puede utilizar para aumentar el nivel de presión en la cámara del recipiente 172. Válvulas de alivio de presión y otros componentes conocidos se pueden utilizar con este sistema 180 para reducir el nivel de presión, y no se muestran acá por simplicidad.

[0070] La figura 4C muestra el medidor de flujo Coriolis 150 con aún otro sistema de presión 180. Acá, el sistema de presión 180 activamente comunica un nivel de presión al recipiente externo 170 utilizando una bomba 185, una fuente 187, y un acumulador 181.

[0071] Como se muestra en la modalidad alterna de la figura 4D, el sistema de presión 180 puede comunicar el nivel de presión encontrado dentro del colector 100 al nivel de presión dentro del recipiente externo 170. En particular, un acumulador, pistón, otro dispositivo de transferencia de presión 181 se conecta a la tubería de salida 102 para el medidor de flujo Coriolis 150, el cual se acopla a la presión del colector. En el lado opuesto, el acumulador 181 se conecta a la cámara 172 del recipiente externo 170 con un acoplamiento 188.

[0072] Como muestran estas disposiciones en las figuras 4A-4D, un número de disposiciones se pueden utilizar para regular la presión en la cámara 172 del

recipiente 170. En cada una de las disposiciones de control de presión discutidas anteriormente, la presión en la cámara 172 preferiblemente no se cambia rápidamente. Por el contrario, el sistema 180 puede tener un diferencial de presión predeterminado regulado en la cámara 172. Cualquier cambio (aumento o
5 disminución) de la presión de la cámara entonces se ajustaría gradualmente con relación a la del búfer sobre el tiempo en respuesta a los cambios en presión en el colector y los tubos de flujo 160. Esto puede suministrar lecturas más precisas y control del sistema.

[0073] Teniendo un entendimiento del medidor de flujo Coriolis 150, se muestran
10 aún más detalles de una modalidad de un medidor de flujo Coriolis 150 ilustrados en la figura 5. Una vista plana del medidor de flujo Coriolis 150 se muestra de alguna forma diagramáticamente viendo hacia abajo en los tubos de flujo 160, los cuales están paralelos entre sí. Los tubos de flujo 160 pueden tener forma de U y tener dobleces o codos 161 comparables. De nuevo, se pueden utilizar uno o más tubos
15 de flujo 160 rectos, doblados, o con otras formas.

[0074] Los vibradores 159_{E-A-B} se accionan para configurar los tubos de flujo 160 en vibración durante la operación. Los sensores 157V_{A1-A2}, 157V_{B1-B2} ubicados respectivamente en la entrada y la salida de los tubos de flujo 160 miden las vibraciones, y las diferencias de fase de estas vibraciones se usan para derivar la
20 tasa de flujo de masa a través del medidor de flujo Coriolis 150. Los sensores 157V_{A1-A2}, 157V_{B1-B2} preferiblemente se ubican a distancias iguales desde la mitad de los tubos de flujo 160 para suministrar mediciones que representan las vibraciones.

[0075] Un número de componentes conocidos se pueden utilizar para los sensores
25 157V_{A1-A2}, 157V_{B1-B2} y los vibradores 159_{E-A-B}. Por ejemplo, los sensores 157 pueden incluir imanes y bobinas ubicadas alrededor de los tubos de flujo 160 en los lados de entrada y salida para medir el efecto Coriolis. Los vibradores 159 pueden ser

solenoides o bobinas. Los vibradores 159 configuran los tubos de flujo 160 y el flujo conducido en vibración a una frecuencia resonante mecánica.

[0076] Debido a las vibraciones, por ejemplo, las bobinas para los sensores 157 se mueven a través de campos magnéticos de los imanes para generar señales del movimiento. Estas señales son típicamente señales seno proporcionales al movimiento. Debido a que los tubos de flujo 160 se enroscan debido al efecto Coriolis cuando el flujo se pasa a través de ellos, una diferencia de fase se desarrolla entre el movimiento detectado que es proporcional a la tasa de flujo de masa. La frecuencia de las vibraciones suministra una medición de la densidad del fluido en los tubos de flujo 160. Calcular la tasa de flujo de volumen del fluido simplemente involucra dividir la tasa de masa por la densidad.

[0077] Como se notó anteriormente, los tubos de flujo 160 y algunos de los electrónicos (por ejemplo, sensores 157, vibradores 159, etc.) se alojan en el recipiente de presión externa 170 el cual se llena con el fluido presurizado desde una fuente de presión o sistema 180 (por ejemplo, acumulador, bomba, etc.). Uno o más sensores 155 para la cámara 172 del recipiente 170 pueden monitorear la presión de cámara circundante P_c de modo que la presión de la cámara P_c se puede controlar activamente con relación a la presión de fluido P_F medida y cambiante en los tubos de flujo. Esta presión de fluido se puede medir en alguna parte del sistema 10 o en el medidor de flujo Coriolis 150 utilizando un sensor adecuado (no mostrado) y técnicas apropiadas. El uno o más sensores 155 también pueden monitorear la temperatura de la cámara T_c , la cual se puede comparar con la temperatura de fluido T_F .

[0078] Durante la operación, la unidad de control 152 controla las señales de excitación de los vibradores 159 para configurar los tubos de flujo 160 en vibración a una frecuencia resonante mecánica. La unidad de control 152 también obtiene las vibraciones detectadas de los sensores de vibración 157 y obtiene mediciones de los otros sensores 155 y otras partes del sistema. Usando técnicas de

procesamiento conocidas, la unidad de control 152 luego calcula la tasa de flujo de masa, la densidad, la tasa de flujo de volumen del fluido, y otras características del fluido a través del medidor 150.

[0079] Más particularmente, el flujo es guiado a través del tubo de flujo 160 con forma de U como una fuerza de excitación que hace que el tubo 160 vibre. El fluido que fluye induce una rotación o giro al tubo 160 debido a la aceleración de Coriolis que actúa en direcciones opuestas en cualquier lado de la fuerza de vibración aplicada. El giro produce una diferencia de fase (retraso de tiempo) entre el lado de entrada y el lado de salida del tubo 160, y esta diferencia de fase es directamente afectada por la masa del fluido que pasa a través del tubo 160 en el tiempo. Al medir el retraso de tiempo τ entre las esquinas en el tubo de flujo 160 en forma de U, la tasa de flujo de masa entonces se puede obtener por:

$$Q_m = \frac{Ku - Iu\omega^2}{2Kd^2} \tau,$$

donde K es un factor para compensar la forma en U idealizada del tubo de flujo 160, Iu es la inercia del tubo de flujo 160 con forma de U incluyendo la masa del fluido en el tubo 160, Ku es la rigidez del tubo de flujo 160 con forma de U, d es el ancho a lo largo de los lados de entrada y salida del tubo de flujo 160 con forma de U, ω es la frecuencia de vibración, y τ es el retraso de tiempo medido. Debido a que la frecuencia natural del tubo de flujo con forma de U se puede caracterizar como $\omega_u =$

$\sqrt{\frac{Ku}{Iu}}$, la medición de tasa de flujo de masa se puede determinar por:

$$Q_m = \frac{Ku \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_u} \right)^2 \right]}{2Kd^2} \tau.$$

[0080] Cuando se integra con un dispositivo de temperatura, tal como un dispositivo térmico de resistencia en o cerca de los tubos de flujo 160, el medidor de flujo 150 puede suministrar un número de mediciones útiles para control y observación del pozo, incluyendo flujo de masa, flujo volumétrico, densidad de fluido, y temperatura de fluido por nombrar unos pocos.

[0081] Debido a que las características de los tubos de flujo 160 tales como inercia, rigidez, forma, ancho, etc. juegan un papel en los cálculos, la construcción del medidor de flujo Coriolis 150 influencia cómo el medidor mide el flujo – es decir, al influenciar la frecuencia de vibración de los tubos 160, cómo el medidor 150 mide el

5 flujo de múltiples fases, cuánto error de medición ocurre, etc. El medidor de flujo Coriolis 150 se ajusta en tamaño con base en consideraciones, tales como erosión, requerimientos esperados de tasa de flujo, precisión y error de medición, etc. Durante la perforación, los requerimientos de tasa de flujo pueden cambiar significativamente.

10 [0082] En algunos casos, la presión interna del flujo en los tubos de flujo 160 puede producir errores en las mediciones. Típicamente, la precisión del medidor puede seguir una relación lineal sobre un rango de operación y puede depender del tamaño y la construcción del medidor de flujo Coriolis 150. En general, la presión interna del flujo tiende a endurecer los tubos de flujo 160 de modo que los tubos 160 son menos

15 flexibles para vibrar. Así, presión interna mayor del flujo conducido por los tubos 160 puede hacer que el medidor Coriolis 150 haga mediciones inexactas. En algunos casos, los efectos de las presiones internas mayores en los tubos de flujo 160 se pueden corregir usando factores de compensación, ecuaciones ajustadas, calibración, y otras técnicas. También, un aumento de temperatura puede tender a

20 endurecer una configuración de tubo recto y así cambia la frecuencia natural del tubo. Esto también se puede tener en cuenta.

[0083] Debido a que las vibraciones de los tubos de flujo 160 también ocurren en el fluido presurizado de la cámara 172, la respuesta del medidor de flujo 150 se puede alterar cuando se compara con una disposición convencional. En particular, debido

25 a que los tubos de flujo 160 del medidor divulgado 150 vibrarán en la presión aumentada del recipiente 170, las características de frecuencia resonante del medidor 150 se pueden alterar. Debido a la presión en la cámara 172, por ejemplo, la frecuencia natural de los tubos de flujo 160 se puede cambiar junto con la amplitud

de vibración. Por lo tanto, la respuesta de vibración de los tubos de flujo 160 como se mide por el medidor 150 se puede alterar y similarmente se puede humedecer.

[0084] Como se apreciará, las variables debido a la presión de la cámara se pueden tener en cuenta durante el procesamiento. Por ejemplo, las ecuaciones operaciones para el medidor de flujo Coriolis 150 se pueden ajustar adecuadamente para tener en cuenta estas variables. Adicionalmente, la calibración del medidor 150 bajo varias condiciones de flujo y presión se pueden realizar para producir factores de compensación, u otras técnicas se pueden utilizar para tener en cuenta estas variables.

[0085] Dependiendo de las circunstancias, la presión aumentada en la cámara 172 puede no afectar adversamente los parámetros operacionales, vibración, etc., del medidor de flujo 150. Por el contrario, los parámetros que se espera que tengan el mayor impacto sobre las vibraciones de los tubos de flujo 160 pueden incluir la densidad aumentada y la viscosidad del fluido interno en la cámara 172. Un aumento de estos parámetros se espera que afecte directamente la fuerza de arrastre en los tubos de flujo 160 a medida que éstos se mueven a través del fluido de cámara, causando que las vibraciones se atenúen y sean más lentas. En particular y como se muestra, la fuerza debido al arrastre en un objeto cilíndrico, tal como los tubos de flujo 160, está dada por:

$$F_D = \frac{1}{2} C_D A V^2 \rho$$

donde F_D es la fuerza de arrastre que actúa sobre el objeto cilíndrico; C_D es el coeficiente de arrastre (típicamente determinado de datos empíricos, también varía con el número de Reynolds (Re); A es el área de sección transversal de una vista de perfil del objeto cilíndrico; V es la velocidad; y ρ es la densidad del fluido (es decir, el fluido en la cámara 172).

[0086] Acá está la ecuación para el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

donde D es el diámetro del tubo cilíndrico; μ es la viscosidad dinámica del fluido en la cámara 172; V es la velocidad; y ρ es la densidad del fluido en la cámara 172.

[0087] Con base en este entendimiento, se espera que la viscosidad del fluido en la cámara 172 pueda alterar la frecuencia resonante de los tubos de flujo 160 durante las operaciones. Por lo tanto, los parámetros de operación, ecuaciones, señales de excitación, y similares se pueden necesitar para tenerse en cuenta para la viscosidad del fluido y el cambio en la frecuencia resonante del tubo.

[0088] Cuando uno de los líquidos anteriormente mencionados es utilizado en la cámara 172 en lugar de un gas, la densidad y la viscosidad del líquido puede ser significativamente mayor, aunque la energía potencial almacenada es significativamente menor. Por lo tanto, los atributos favorecidos para ayudar en la selección de un líquido particular para usar en la cámara 172 serían un líquido con densidad y viscosidad menor. Así, un fluido preferido para la cámara 172 incluiría un líquido inerte de baja viscosidad.

[0089] En una aplicación que involucra gas tal como Nitrógeno, la densidad y la temperatura del gas aumentará a medida que la presión de la cámara aumenta. Esto sigue de la ley de gas Ideal:

$$P = \rho \frac{R}{M} T,$$

donde P es la presión del gas; ρ es la densidad del gas, M es la masa molar; R es la constante de gas ideal o universal; y T es la temperatura del gas. Por lo tanto, si se utiliza un gas en la cámara 172, entonces los parámetros de operación, ecuaciones, señales de excitación, y similares se puede necesitar que se tengan en cuenta para el aumento de gas en densidad y temperatura y el cambio en la frecuencia resonante del tubo que resulta de los mismos.

[0090] En cualquier caso, algunos de los efectos de la rigidez aumentada del flujo de fluido a alta presión en los tubos de flujo 160 pueden estar desfasados en alguna

medida por el diferencial de presión disminuido experimentado a lo largo de los tubos de flujo 160 debido a la presión aumentada en el recipiente 170 circundante.

[0091] Adicional a utilizar calibración, selección de fluido, factores de compensación, ecuaciones ajustadas, y similares para tener en cuenta para los cambios operacionales en el medidor 150 divulgado, los detalles físicos del medidor de flujo Coriolis 150 se pueden modificar para tener en cuenta como el fluido presurizado dentro de la cámara 172 de alta presión y la presión dentro de los tubos de flujo 160 pueden afectar las frecuencias resonantes del medidor 150 y su respuesta operacional. Por ejemplo, la geometría del medidor 150 (es decir, grosor de pared de los tubos de flujo 160, longitud de los tubos de flujo 160, material de los tubos de flujo 160, forma de los tubos de flujo 160, ubicaciones de los sensores 157, señales de excitación de vibración, etc.) se pueden modificar para compensar las diferencias operaciones debido a la presión aumentada, la densidad, y la viscosidad en la cámara 172 que rodea los tubos de flujo 160.

[0092] Como un ejemplo de modificación, la forma geométrica de los tubos de flujo 160 puede reducir el coeficiente de arrastre, reduciendo de esta forma la fricción de arrastre. En este sentido, un área transversal del tubo de flujo 160 se puede ajustar en forma como un aerodeslizador, el cual puede reducir la fricción de arrastre significativamente, incluso si el área de corte transversal del perfil del tubo con relación a la dirección de movimiento permanece la misma como un cilindro regular.

[0093] En otra modificación, una serie de hundimientos cóncavos se pueden formar sobre la superficie externa de los tubos de flujo 160 para reducir el coeficiente de arrastre. El flujo externo a lo largo de un cilindro con una superficie externa suave tiende a volverse turbulento a medida que el fluido alcanza el borde más externo del perfil del cilindro (con relación a la dirección del flujo). A su vez, el área de turbulencia adyacente al cilindro causa un diferencial de presión mayor entre el lado frontal y posterior del cilindro, aumentando la fuerza de arrastre que actúa sobre el cilindro. La adición de hundimientos en la superficie de los tubos de flujo 160 puede

de esta forma actuar para redirigir las líneas de flujo alrededor de la parte externa de los tubos de flujo 160, reduciendo el área de la turbulencia, y reduciendo la caída de presión entre la parte frontal y posterior de los tubos 160.

[0094] Formas adicionales se puede unir a las superficies externas del tubo 160 con el fin de reducir el arrastre. Estas formas pueden no estar directamente en contacto con el fluido contenido por el tubo 160, ni contendrían presión. Dichas formas pueden también estar hechas de material de menor densidad que el material del tubo 160 para reducir la masa de tubo total con el fin de mejorar la respuesta del tubo 160. Por ejemplo, la sección transversal del tubo puede tener la misma forma redonda, pero formas de dobleces adicionales se pueden adicionar externamente al tubo para reducir arrastre.

[0095] Como se notó anteriormente con referencia a la figura 3, el medidor de flujo Coriolis 150 se puede utilizar en perforación de presión manejada (MPD) para un sistema de perforación de ciclo cerrado 10. El sistema 10 opera en un sistema de circulación de ciclo cerrado donde el dispositivo de control giratorio (RCD) 12 desvía el flujo anular a través del colector 100 lejos del piso de suelo. El sistema 10 puede identificar influjos o flujos hacia fuera dentro del ambiente de ciclo cerrado con base en la masa y los balances volumétricos. El sistema 10 utiliza el RCD 12 para crear el ambiente de ciclo cerrado para devolver el flujo y utiliza el colector de obturador 100 que contiene los obturadores 110 de perforación controlable, entre un número de otros componentes, para monitorear y controlar el flujo.

[0096] El medidor de flujo Coriolis 150 como se divulga acá se puede clasificar a presiones mayores que pueden coincidir con la clasificación de presión del colector 100 sin necesariamente tener que aumentar el grosor de pared de los tubos de flujo 160. En otras palabras, la clasificación de presión del medidor 150 se puede aumentar sin afectar la precisión funcional del medidor de flujo Coriolis 150. Esto permite que todo el colector 100 se clasifique para una presión adecuada (por ejemplo, 10000 psi (68.9-MPa)). El medidor de flujo Coriolis 150 se puede ahora

ubicar hacia arriba de los obturadores 110 de modo que el medidor 150 puede suministrar un perfil de flujo más preciso. Al final, el sistema 10 no está más limitado a presión por las limitaciones del medidor de flujo Coriolis 150. El sistema 10 puede también prevenir que el gas se salga de la solución (formación de burbujas), lo cual reduciría el desempeño o prevendría mal funcionamiento del medidor 150.

[0097] Adicional a la ubicación anterior del medidor de flujo Coriolis 150, el medidor de flujo Coriolis 150 se puede ubicar en otro lugar en un sistema de perforación de presión manejada. La figura 6 ilustra diagramáticamente otra vista de un sistema de perforación de presión manejada 10 que tiene más de un medidor de flujo Coriolis 150 de acuerdo con la presente divulgación dispuesto en el sistema 10. Como antes, un medidor de flujo Coriolis 150 se puede disponer hacia arriba de los obturadores en el colector 100 de acuerdo con las enseñanzas suministradas acá.

[0098] Adicionalmente, uno o más medidores de flujo Coriolis 150 se pueden disponer en la pierna de entrada de flujo 202 del sistema 10. En esta posición, el medidor de flujo 150 divulgado puede medir más precisamente la tasa de flujo de masa y densidad del flujo de entrada de fluido.

[0099] En una disposición, un medidor de flujo Coriolis 150a se puede disponer hacia debajo de una bomba de carga 200a del tanque 140 y hacia arriba de las bombas de lodo 200b. La presión de fluido de los tanques de lodo 140 es despreciable, y las bombas de carga 200a cargan el fluido a aproximadamente 50 a 100 psi (0.3 to 0.7-MPa) antes que el fluido alcance las bombas de lodo 200b. En ese sentido, el medidor de flujo Coriolis 150a después de las bombas de carga 200a puede o no necesitar ser particularmente clasificado para alta presión como se divulga acá. De cualquier forma, este medidor 150a se puede usar para medir la densidad de fluido, así como otras características útiles del fluido de perforación de los tanques de lodo 140.

[00100] En una disposición alterna o adicional, un medidor de flujo Coriolis 150b se puede disponer hacia debajo de las bombas de lodo 200b que alimentan dentro del

pozo. La presión del fluido después de las bombas de lodo 200b puede estar entre 1000 y 7000 psi. En este caso, el medidor de flujo Coriolis 150b es preferiblemente un medidor de flujo Coriolis de alta presión de acuerdo con la presente divulgación. Este medidor de flujo 150b se puede utilizar para medir el flujo de masa del fluido de perforación, el cual se puede utilizar en el sistema de control de pozo.

[00101] La medición de la tasa de flujo de masa en la pierna de entrada 202 después de las bombas de lodo 202b se logra convencionalmente usando contadores de golpe y otras técnicas complejas que calculan el flujo producido de las bombas 200b. Como es conocido, múltiples bombas 200b típicamente son utilizadas y el flujo de cada una se combina. De acuerdo con técnicas del estado del arte, los movimientos de las bombas se cuentan para cada bomba 200b para determinar su flujo, y los estimados de flujo resultantes se combinan para determinar el flujo combinado. Adicionalmente, varias consideraciones de eficiencia de bomba y similares típicamente se toman en cuenta para calcular más precisamente el flujo resultante. Las técnicas del estado del arte para estimar el flujo de las bombas 200b pueden ser imprecisas y presentan errores.

[00102] El medidor de flujo Coriolis 150 dispuesto en la pierna de entrada 202, sin embargo, puede evitar todos estos problemas para medir la tasa de flujo de masa en la presión aumentada del flujo combinado de las bombas de lodo 200b, lo cual puede suministrar un perfil de flujo más preciso que los contadores de movimientos de la bomba. Adicionalmente, el medidor de flujo Coriolis 150 divulgado puede determinar la densidad del fluido en el sistema 10, lo cual puede tener sus propios beneficios en el control del sistema.

[00103] Aunque se divulga con referencia al monitoreo de flujo en una disposición de perforación de presión manejada, el medidor de flujo Coriolis 150 de la presente divulgación también se puede utilizar para otras aplicaciones de perforación aparte de MPD. Además, aunque se divulga en términos de perforación, se apreciará que las enseñanzas de la presente divulgación y el medidor de flujo Coriolis 150

divulgado se pueden utilizar en cualquier tipo de flujo de proceso donde se va a medir la tasa de flujo de masa a altas presiones.

[00104] La anterior descripción de las modalidades preferidas y otras modalidades no pretende limitar o restringir el alcance o aplicación de los conceptos inventivos concebidos por los Solicitantes. Se apreciará con el beneficio de la presente divulgación que las características descritas anteriormente de acuerdo con cualquier modalidad o aspecto de la materia objeto divulgada se pueden utilizar, bien sea solas o en combinación, con cualquier otra característica descrita, en cualquier otra modalidad o aspecto de la materia objeto divulgada.

[00105] A cambio de divulgar los conceptos inventivos contenidos acá, los Solicitantes desean todos los derechos de patentes definidos por las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, se pretende que las reivindicaciones adjuntas incluyan todas las modificaciones y alteraciones en toda la medida que éstas se encuentren dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones o las equivalentes de las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato, que comprende:

un medidor de flujo Coriolis para medir el flujo de fluido y que tiene un lado
5 de entrada y un lado de salida, el medidor comprende por lo menos un tubo de flujo
adaptado para vibrar y que conduce el flujo del fluido a un primer nivel de presión
desde el lado de entrada al lado de salida; y

un recipiente que encierra el por lo menos un tubo de flujo en una cámara y
que sostiene un segundo nivel de presión en la cámara alrededor del por lo menos
10 un tubo de flujo,

el segundo nivel de presión se regula con relación al primer nivel de presión
y controla un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo.

2. El aparato de la reivindicación 1, en donde el segundo nivel de presión se
15 eleva por encima del ambiente con relación al primer nivel de presión y reduce el
diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo.

3. El aparato de la reivindicación 2, en donde el segundo nivel de presión se
eleva por encima del primer nivel de presión y produce un positivo del diferencial de
20 presión de la cámara al por lo menos un tubo de flujo.

4. El aparato de la reivindicación 2, en donde el segundo nivel de presión se
eleva por debajo del primer nivel de presión y produce un negativo del diferencial
de presión de la cámara al por lo menos un tubo de flujo.

5. El aparato de la reivindicación 1, en donde el medidor comprende:

por lo menos un excitador dispuesto adyacente al por lo menos un tubo de
flujo y que imparte vibración al mismo; y

por lo menos primer y segundo sensores dispuestos respectivamente adyacentes a los lados de entrada y salida y que miden la respuesta a la vibración impartida.

5 6. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende una fuente del segundo nivel de presión en comunicación con el recipiente.

7. El aparato de la reivindicación 6, en donde la fuente comprende un acumulador que traslada una presión asociada con el primer nivel de presión al
10 segundo nivel de presión del recipiente.

8. El aparato de la reivindicación 6, en donde la fuente comprende una bomba que produce el segundo nivel de presión del recipiente.

15 9. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende un sensor de presión asociado con el recipiente y que mide el segundo nivel de presión para comparación con el primer nivel de presión.

10. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende un obturador de un
20 sistema de perforación para un pozo, el obturador en comunicación fluida hacia abajo del medidor.

11. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende por lo menos una bomba de un sistema de perforación para un pozo, el medidor en comunicación
25 fluida entre la por lo menos una bomba y el pozo.

12. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende por lo menos una bomba de carga para un tanque de lodo de un sistema de perforación, el medidor en comunicación fluida hacia abajo desde la por lo menos una bomba de carga.
- 5 13. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende por lo menos una bomba de lodo de un sistema de perforación para un pozo, el medidor en comunicación fluida hacia abajo de la por lo menos una bomba de lodo conectada al pozo.
- 10 14. El aparato de la reivindicación 1, en donde el por lo menos un tubo de flujo comprende primero y segundo tubos de flujo dispuestos en paralelo entre sí.
15. El aparato de la reivindicación 1, en donde el por lo menos un tubo de flujo define un doblez.
- 15 16. El aparato de la reivindicación 1, que además comprende un controlador que monitorea la variación en el primer nivel de presión y que ajusta el segundo nivel de presión de acuerdo con el mismo.
- 20 17. El aparato de la reivindicación 1, en donde el recipiente sostiene un fluido interno en la cámara, el fluido interno seleccionado de un grupo que consiste de un líquido, un gas, helio, argón, aire, nitrógeno, un fluido eléctricamente inerte, fluido de proceso, fluido hidráulico, aceite transformador, aceite de silicona, aceite mineral, fluido a base de fluorocarbono, y aceite de castor.
- 25 18. Un sistema de perforación de presión controlada para un pozo, el sistema comprende:

por lo menos un obturador en comunicación fluida con el pozo y que controla el flujo de fluido desde el pozo; y

un medidor de flujo Coriolis dispuesto en comunicación fluida hacia arriba del por lo menos un obturador y que mide el flujo del pozo, el medidor de flujo Coriolis comprende:

por lo menos un tubo de flujo que se adapta para vibrar y conducir el flujo a un primer nivel de presión desde un lado de entrada a un lado de salida, y

un recipiente que encierra el por lo menos un tubo de flujo en una cámara y que sostiene un segundo nivel de presión en la cámara alrededor del por lo menos un tubo de flujo,

el segundo nivel de presión se regula con relación al primer nivel de presión y controla un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo.

19. El sistema de la reivindicación 18, que además comprende un controlador operativamente acoplado al por lo menos un obturador, el controlador monitorea uno o más parámetros del flujo y controla la operación del por lo menos un obturador en respuesta al uno o más parámetros monitoreados.

20. El sistema de la reivindicación 18, que además comprende un controlador operativamente acoplado al medidor, el controlador determina un flujo de masa del fluido con base por lo menos en parte en una medición del medidor.

21. El sistema de la reivindicación 18, que además comprende un controlador operativamente acoplado al medidor, el controlador determina una densidad del fluido con base por lo menos en parte en una medición del medidor.

22. El sistema de la reivindicación 18, en donde el por lo menos un obturador está en comunicación fluida con un dispositivo de control giratorio del pozo, el medidor se dispone en comunicación fluida entre el por lo menos un obturador y el dispositivo de control giratorio.

5

23. El sistema de la reivindicación 18, que además comprende otro medidor de flujo Coriolis dispuesto en comunicación fluida hacia abajo del por lo menos un obturador y configurado para operar en conjunto con el medidor de flujo Coriolis dispuesto en comunicación fluida hacia arriba del por lo menos un obturador.

10

24. El sistema de la reivindicación 18, que además comprende una fuente del segundo nivel de presión en comunicación con el recipiente.

25. El sistema de la reivindicación 24, en donde la fuente comprende un acumulador que traslada una presión asociada con el primer nivel de presión al segundo nivel de presión del recipiente.

15

26. El sistema de la reivindicación 24, en donde la fuente comprende una bomba que produce el segundo nivel de presión del recipiente.

20

27. El sistema de la reivindicación 18, que además comprende un sensor de presión asociado con el recipiente y que mide el segundo nivel de presión para comparación con el primer nivel de presión.

28. Un método de perforación para un pozo, el método comprende:
controlar la contrapresión superficial en el pozo al controlar el flujo de fluido a un primer nivel de presión desde el pozo con por lo menos un obturador;

25

medir el flujo del pozo hacia arriba del por lo menos un obturador al operar un medidor de flujo Coriolis que tiene por lo menos un tubo de flujo que conduce el flujo; y

controlar un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo
5 al regular un segundo nivel de presión en una cámara dispuesta alrededor del por lo menos un tubo de flujo con relación al primer nivel de presión.

29. El método de la reivindicación 28, en donde regular el segundo nivel de presión en la cámara comprende trasladar, con un acumulador, una presión
10 asociada con el primer nivel de presión al segundo nivel de presión del recipiente.

30. El método de la reivindicación 28, en donde regular el segundo nivel de presión en la cámara comprende producir el segundo nivel de presión del recipiente al operar una bomba.

15

31. El método de la reivindicación 28, que además comprende medir el segundo nivel de presión con un sensor asociado con el recipiente para comparación con el primer nivel de presión.

20 32. Un sistema de perforación para un pozo, el sistema comprende:

por lo menos una bomba en comunicación fluida con el pozo y que entrega flujo de fluido al pozo; y

un medidor de flujo Coriolis dispuesto en comunicación fluida entre la por lo menos una bomba y el pozo y que mide el flujo de fluido al pozo, el medidor Coriolis
25 comprende:

por lo menos un tubo de flujo que se adapta para vibrar y conducir el flujo a un primer nivel de presión desde el lado de entrada hacia el lado de salida; y

un recipiente que encierra el por lo menos un tubo de flujo en una cámara y que sostiene un segundo nivel de presión en la cámara alrededor del por lo menos un tubo de flujo,

5 el segundo nivel de presión se regula con relación al primer nivel de presión y controla un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo.

33. El sistema de la reivindicación 32, que además comprende una fuente del segundo nivel de presión en comunicación con el recipiente.

10

34. El sistema de la reivindicación 33, en donde la fuente comprende un acumulador que traslada una presión asociada con el primer nivel de presión al segundo nivel de presión del recipiente.

15 35. El sistema de la reivindicación 33, en donde la fuente comprende una bomba que produce el segundo nivel de presión del recipiente.

36. El sistema de la reivindicación 32, que además comprende un sensor de presión asociado con el recipiente y que mide el segundo nivel de presión para
20 comparación con el primer nivel de presión.

37. Un método de perforación para un pozo, el método comprende:
entregar flujo de fluido de por lo menos una bomba a un primer nivel de presión al pozo;
25 medir el flujo del fluido de la por lo menos una bomba al pozo al operar un medidor de flujo Coriolis que tiene por lo menos un tubo de flujo que conduce el flujo; y

controlar un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo al regular un segundo nivel de presión en una cámara dispuesta alrededor del por lo menos un tubo de flujo con relación al primer nivel de presión.

5 38. El método de la reivindicación 37, en donde regular el segundo nivel de presión en la cámara comprende trasladar, con un acumulador, una presión asociada con el primer nivel de presión al segundo nivel de presión del recipiente.

39. El método de la reivindicación 37, en donde regular el segundo nivel de presión en la cámara comprende producir el segundo nivel de presión del recipiente por operación de una bomba.

10

40. El método de la reivindicación 37, que además comprende medir el segundo nivel de presión con un sensor asociado con el recipiente para comparación con el primer nivel de presión.

15

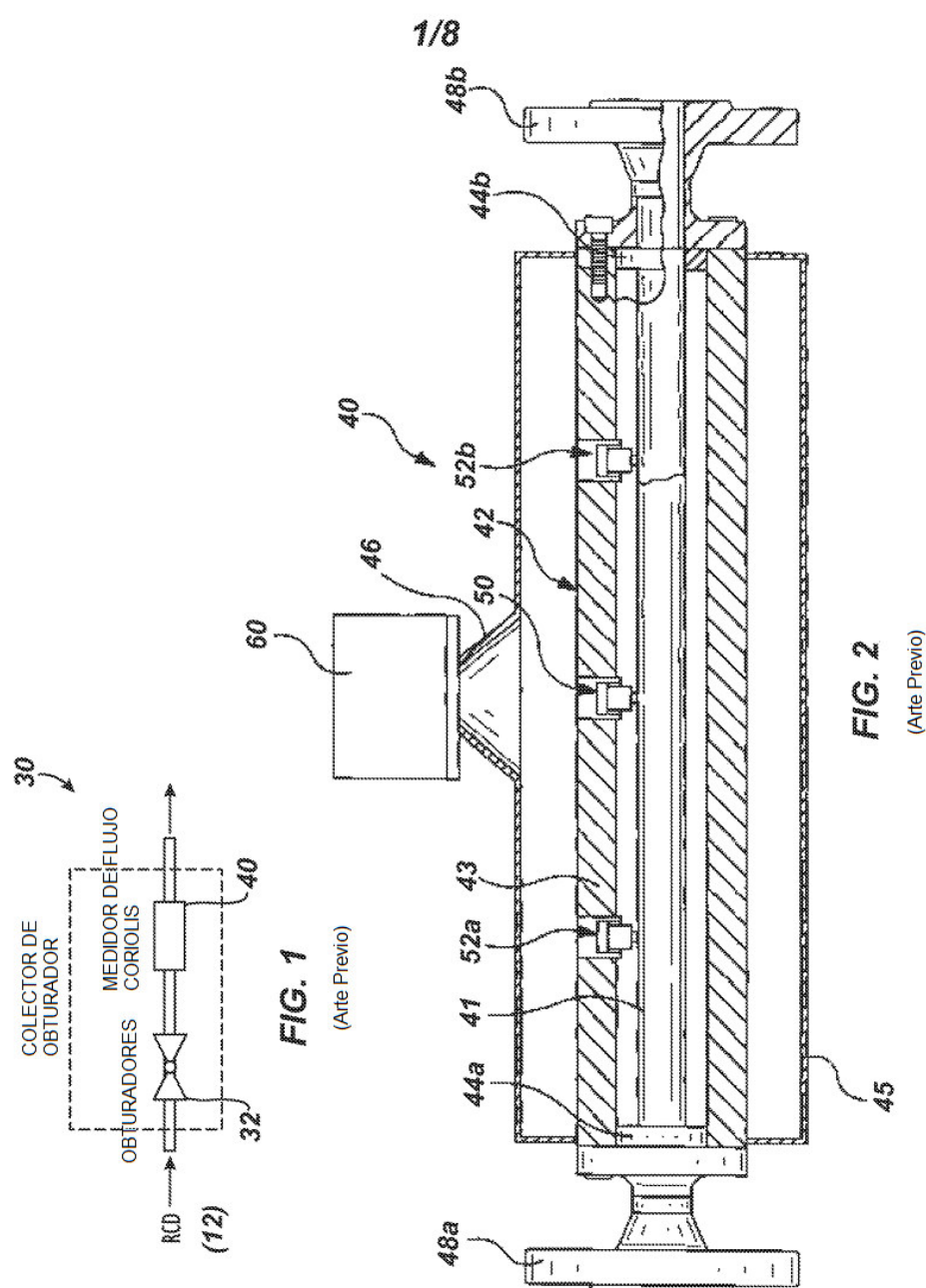
RESUMEN

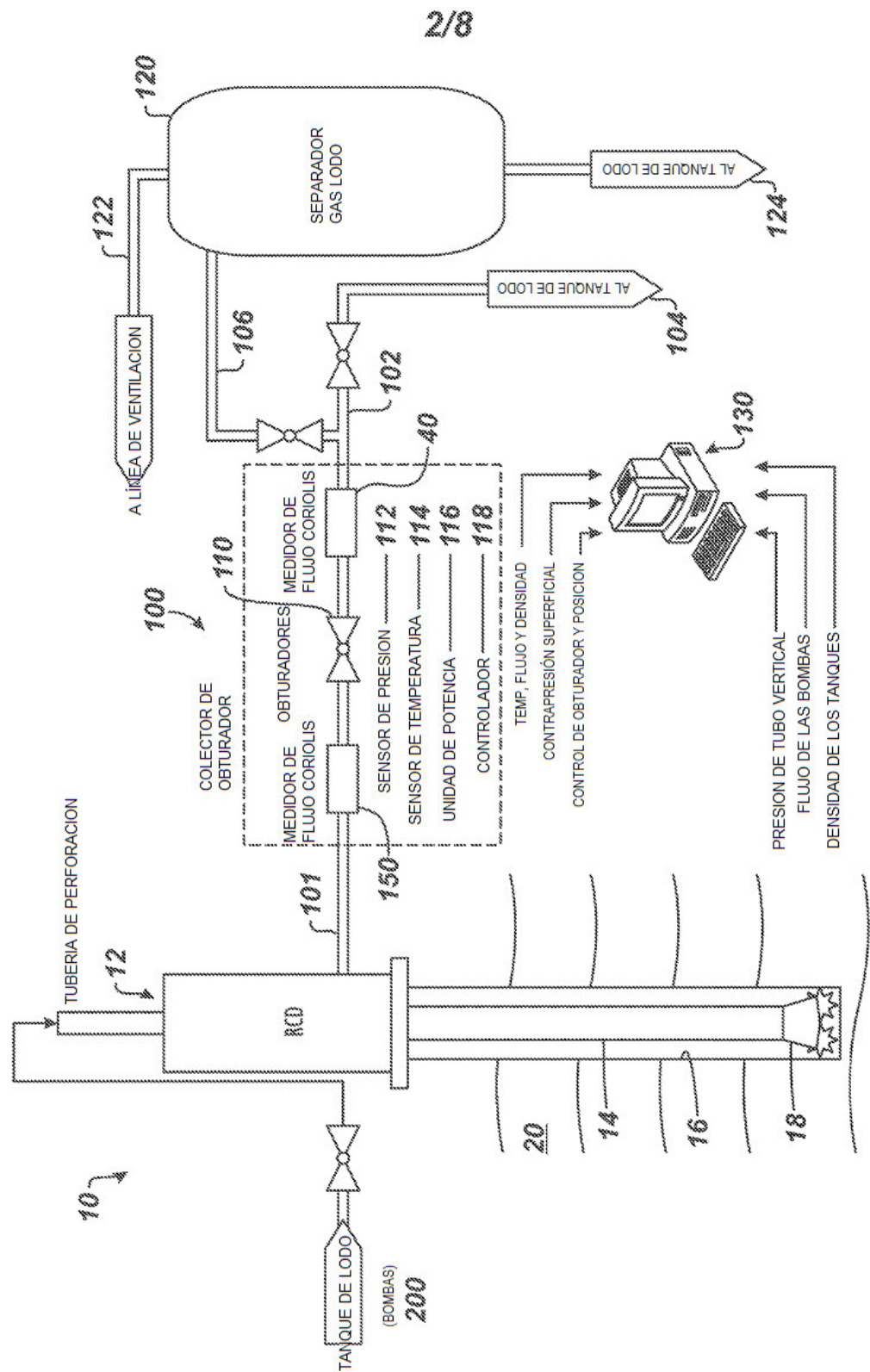
Un medidor de flujo Coriolis para un sistema de perforación mide el flujo de un pozo y/o de por lo menos una bomba al interior del pozo. El medidor se puede disponer

5 hacia arriba del choque usado para controlar la contrapresión, y/o el medidor se puede disponer entre por lo menos una bomba y el pozo. El medidor tiene por lo menos un flujo de tubo adaptado para vibrar y conduce el flujo a un primer nivel de presión de un lado de entrada a un lado de salida. Un recipiente encierra el por lo menos un tubo de flujo entre los lados de entrada y salida y sostiene un segundo

10 nivel de presión allí alrededor del por lo menos un tubo de flujo. El segundo nivel de presión puede ser igual o cercanamente igual al primer nivel de presión para reducir o casi eliminar un diferencial de presión a lo largo del por lo menos un tubo de flujo. Por ejemplo, el segundo nivel de presión se puede elevar por encima del ambiente con relación al primer nivel de presión para reducir un diferencial de presión a lo

15 largo del por lo menos un tubo de flujo. Alternativamente, el segundo nivel de presión puede ser menor al primer nivel de presión.





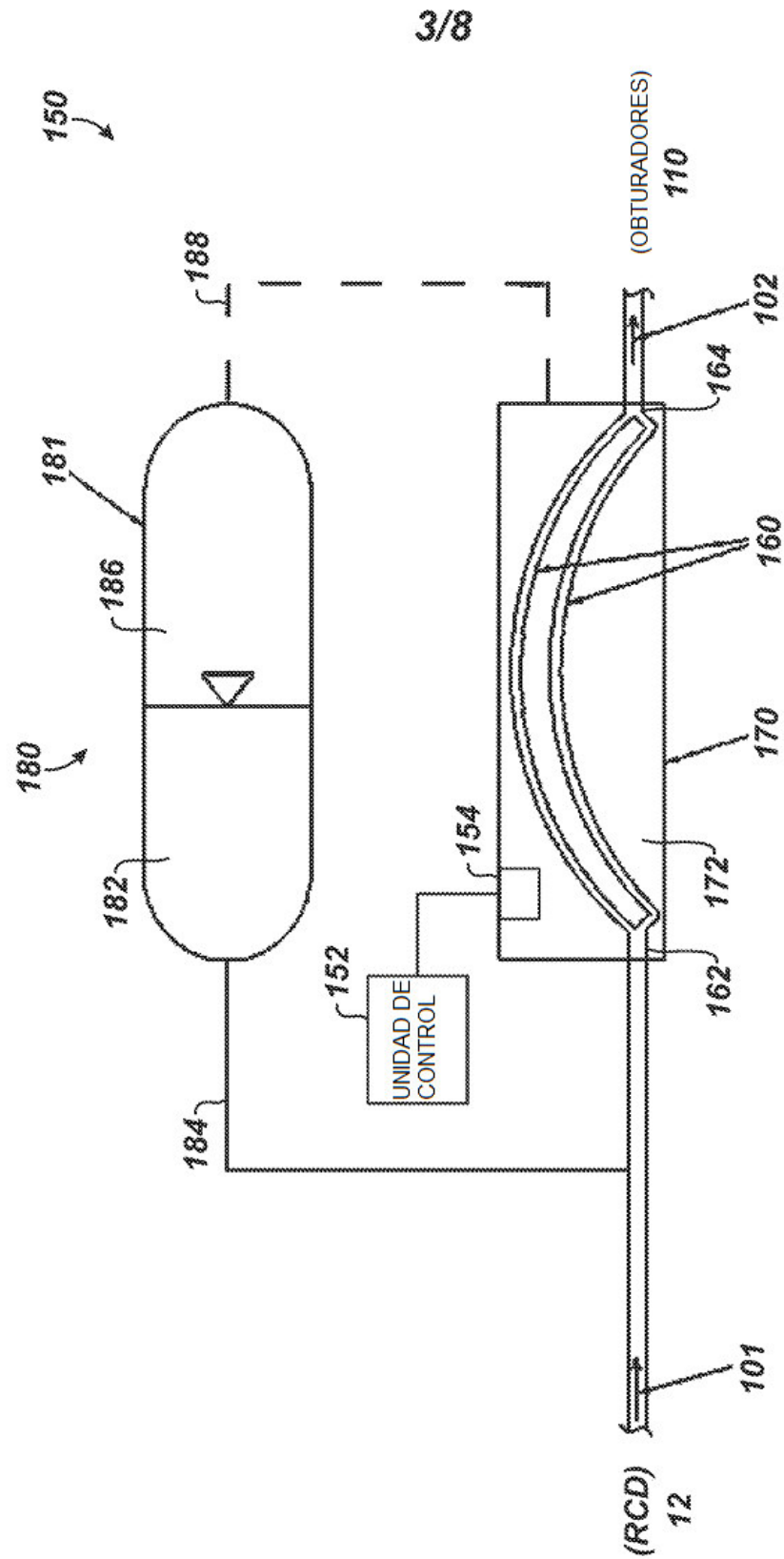


FIG. 4A

4/8

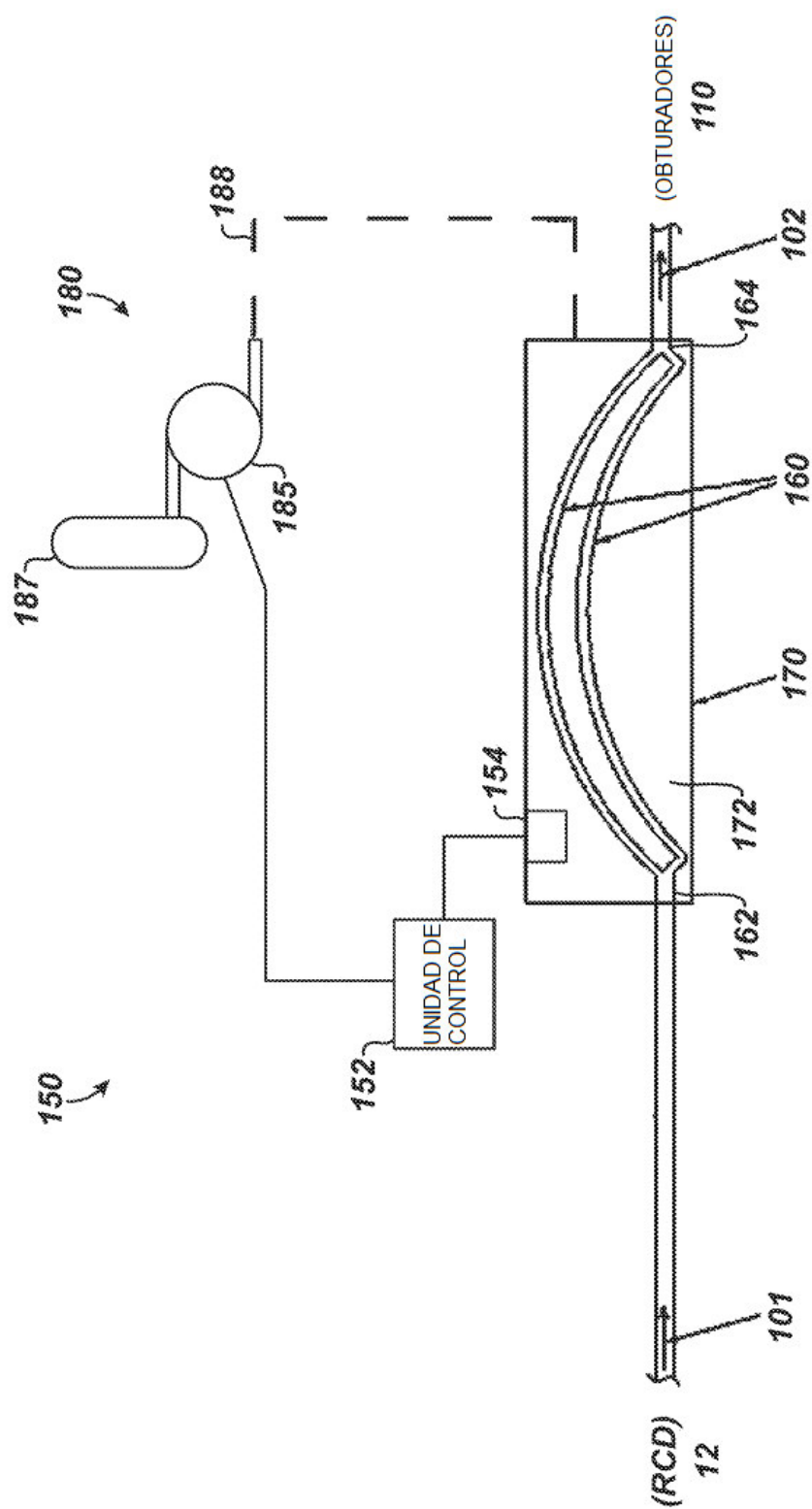


FIG. 4B

5/8

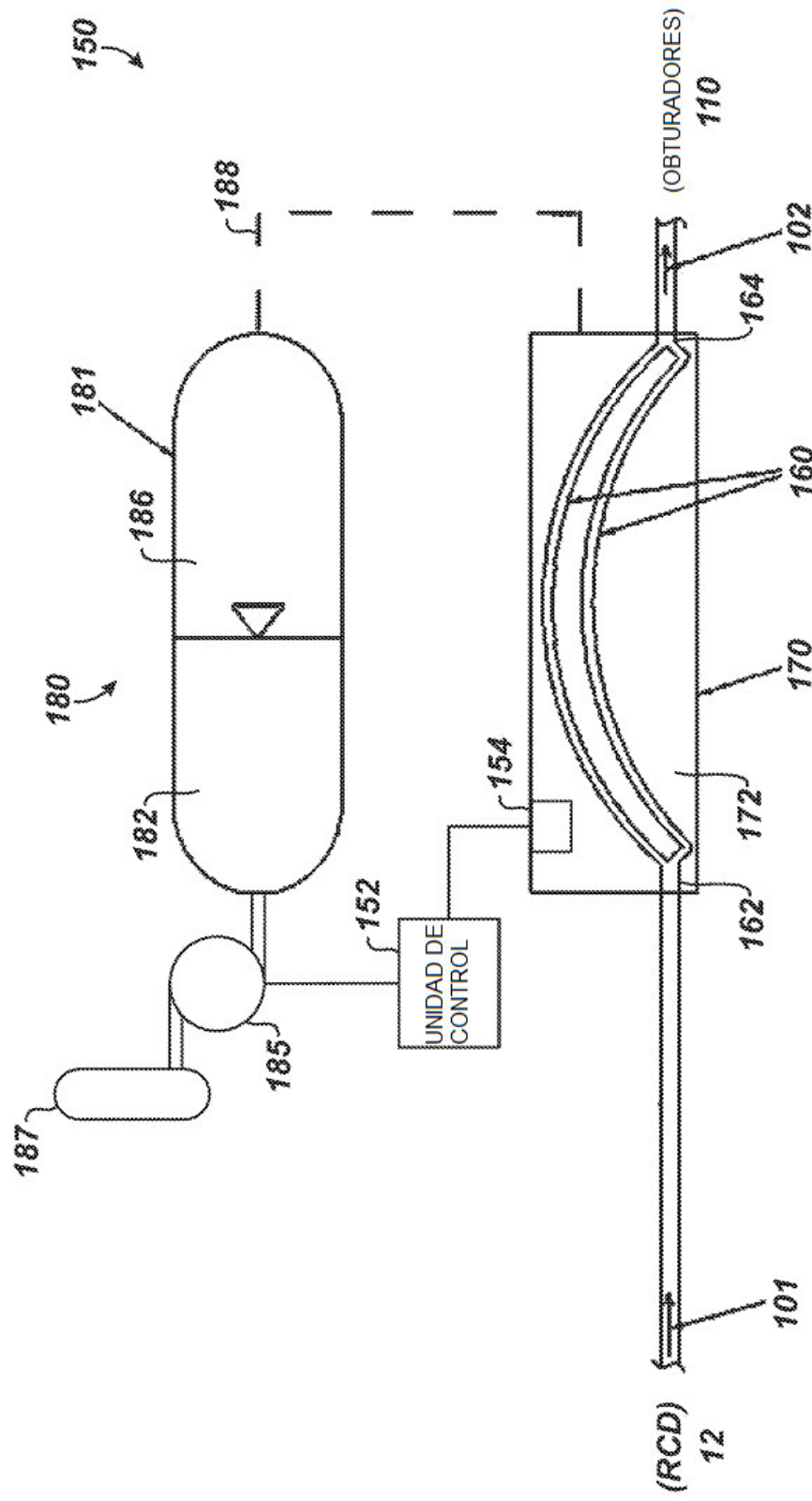


FIG. 4C

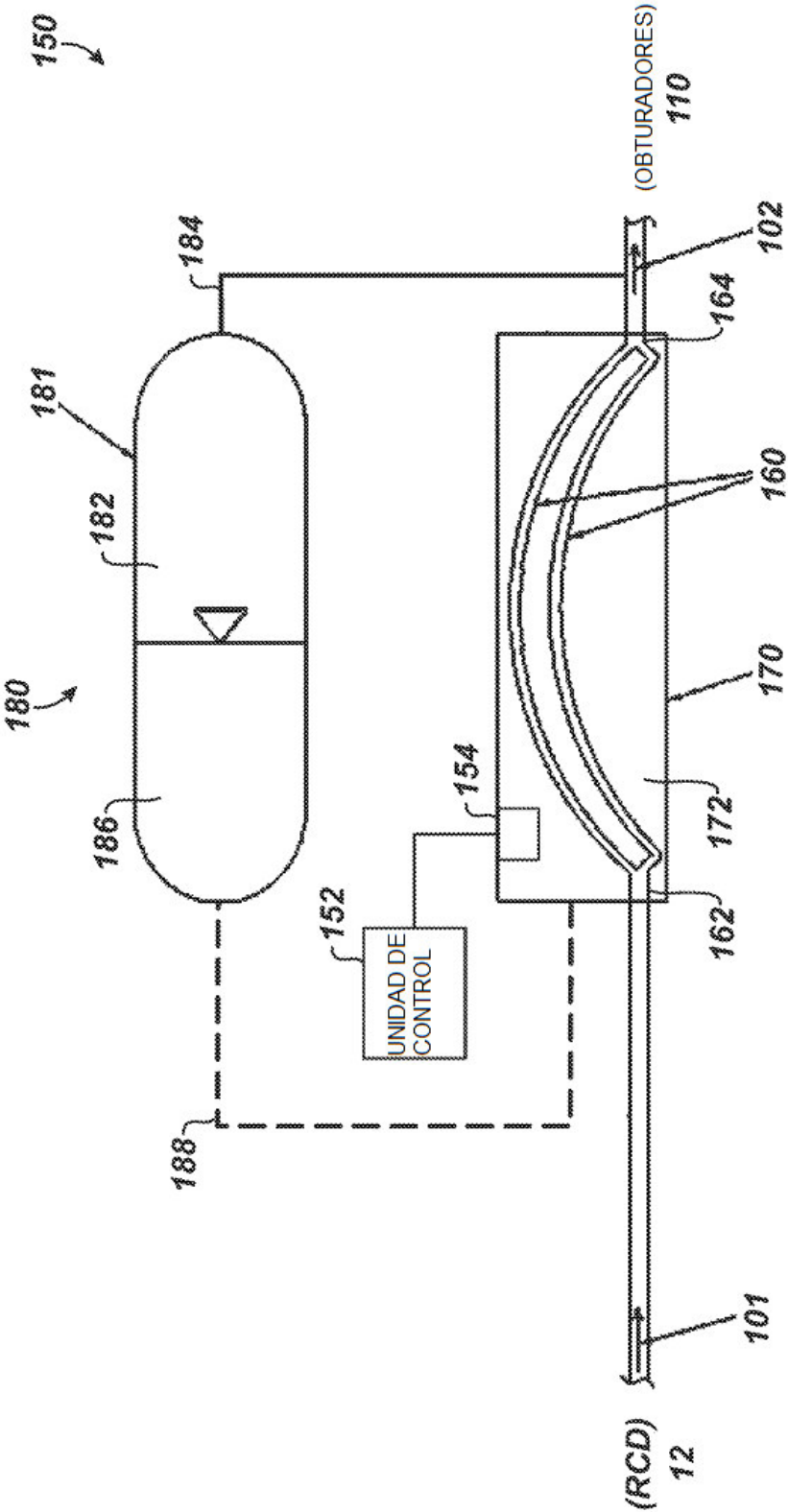


FIG. 4D

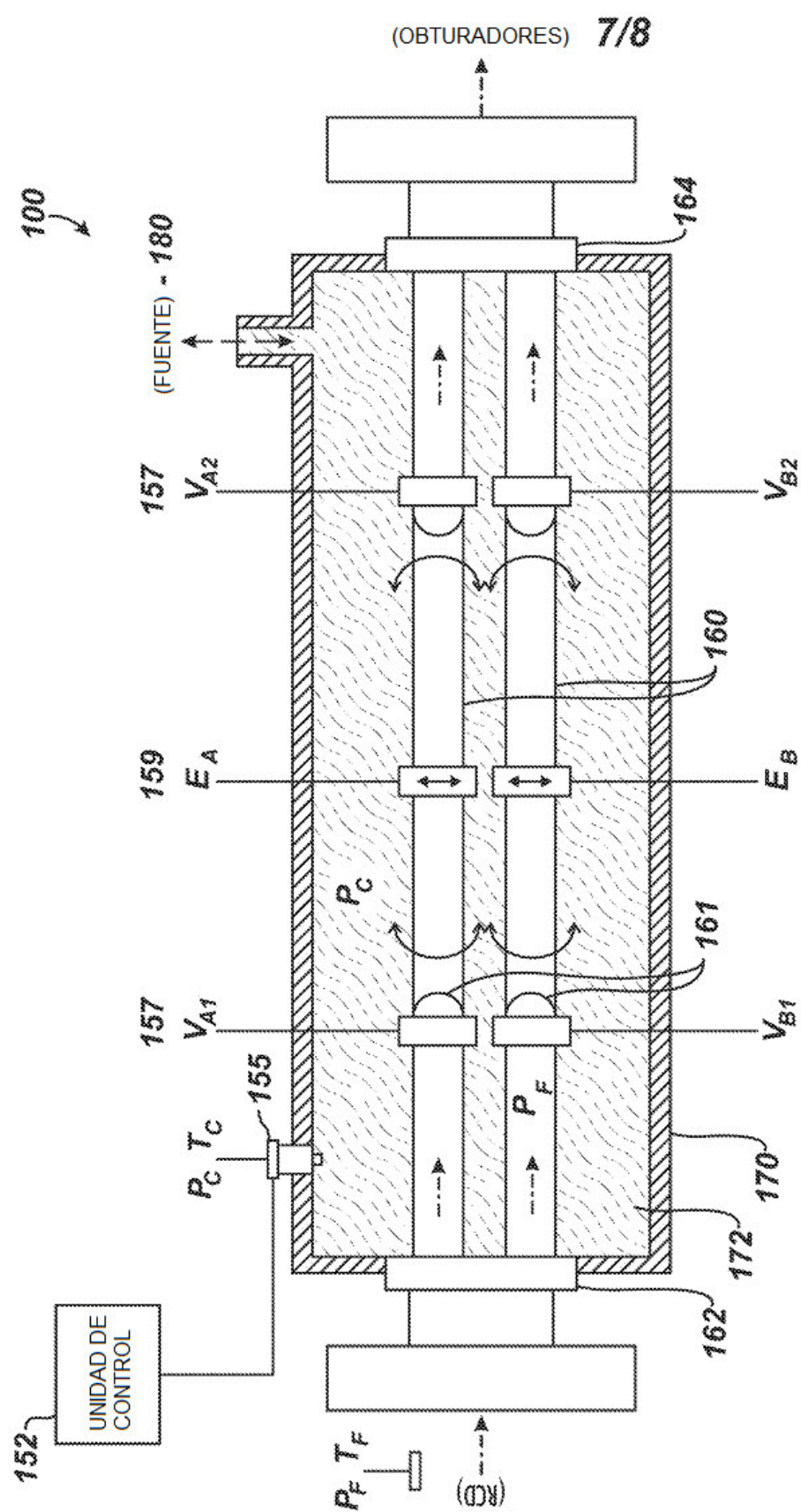


FIG. 5

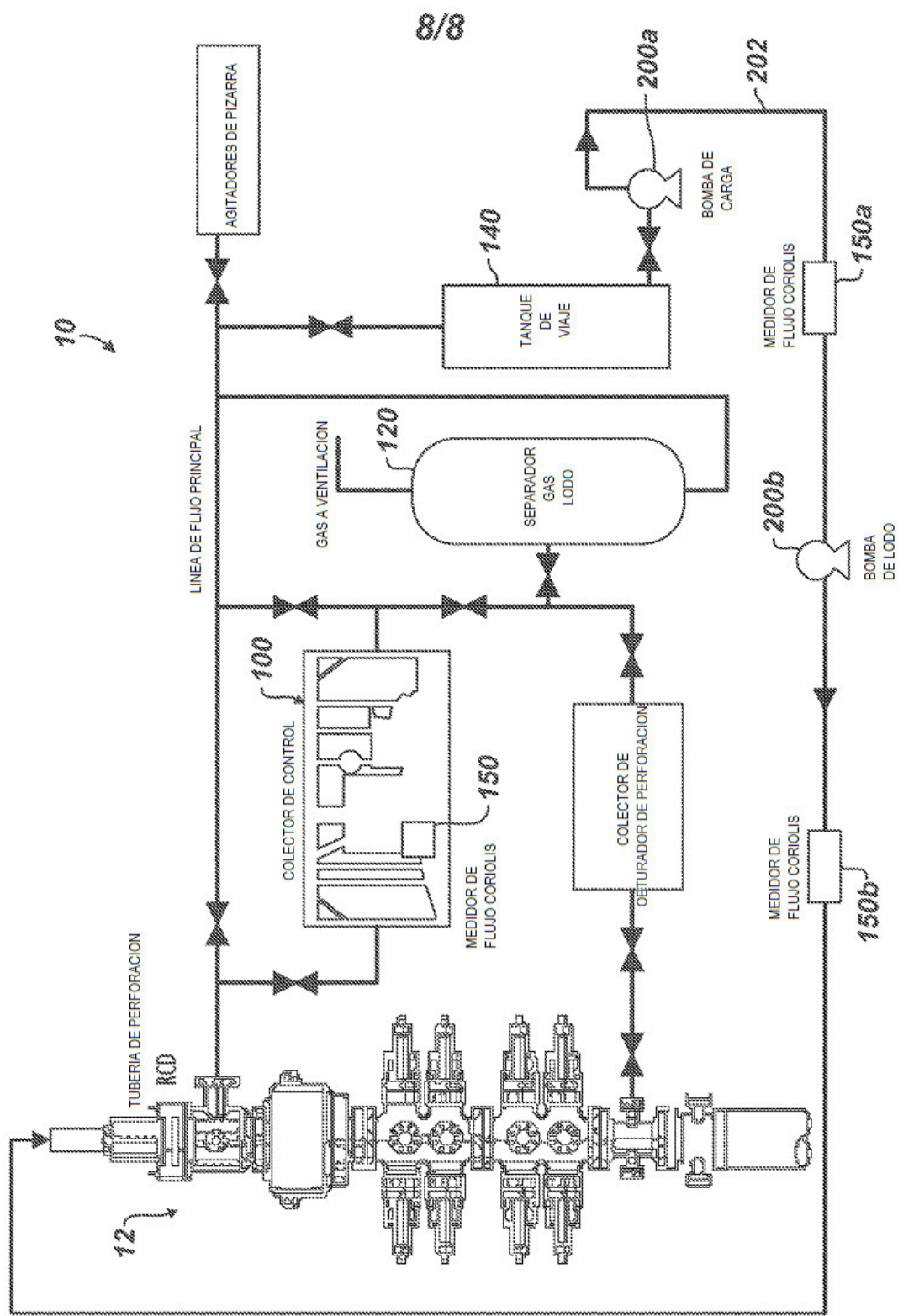


FIG. 6