

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 462 754**

51 Int. Cl.:

**E21B 41/02** (2006.01)

**E21B 33/076** (2006.01)

**E21B 37/06** (2006.01)

**G01F 15/00** (2006.01)

**G01F 15/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2009 E 09741165 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014 EP 2370666**

54 Título: **Válvula de regulación de inyección química submarina**

30 Prioridad:

**05.12.2008 US 120227 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**26.05.2014**

73 Titular/es:

**CAMERON INTERNATIONAL CORPORATION  
(100.0%)  
1333 West Loop South, Suite 1700  
Houston, TX 77027 , US**

72 Inventor/es:

**MCHUGH, EDMUND, PETER;  
WHITE, JAMES, EDEN;  
AUGENSTEIN, DONALD, R. y  
MIHALCIN, MATTHEW**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 462 754 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Válvula de regulación de inyección química submarina

5 **ANTECEDENTES**

Esta sección tiene la intención de presentar al lector diferentes aspectos de la técnica que pueden estar relacionados con diferentes aspectos de la presente invención, los cuales son descritos y/o reivindicados más abajo. Esta discusión se cree que es útil al proporcionar al lector información de antecedentes para facilitar un mejor entendimiento de diferentes aspectos de la presente invención. De acuerdo con esto, debe entenderse que estos enunciados deben ser leídos desde este punto de vista y no como reconocimiento de la técnica anterior.

10 A menudo pozos se usan para acceder a recursos por debajo de la superficie de la tierra. Por ejemplo, petróleo, gas natural y agua son a menudo extraídos por medio de un pozo. Algunos pozos se usan para inyectar materiales por debajo de la superficie de la tierra, por ejemplo, para secuestrar dióxido de carbono, para almacenar gas natural para su uso posterior o para inyectar vapor u otras sustancias cerca de un pozo de petróleo para mejorar la recuperación. Debido al valor de estos recursos subterráneos, los pozos son a menudo perforados con un coste elevado y típicamente se tiene gran cuidado para extender su vida útil.

15 A menudo se usan sistemas de gestión de inyección química para mantener un pozo y/o mejorar la producción de un pozo. Por ejemplo, se usan sistemas de gestión de inyección química para inyectar materiales inhibidores de corrosión, materiales inhibidores de espuma, materiales inhibidores de parafinas y/o anticongelantes para extender la vida de un pozo o incrementar el ritmo al cual los recursos son extraídos de un pozo. Típicamente, estos materiales son inyectados en el pozo de una manera controlada durante un período de tiempo mediante los sistemas de gestión de inyección química.

20 La vida de un sistema de gestión de inyección química puede estar limitada por sus componentes mecánicos, tales como cajas de engranajes, motores y válvulas que pueden deteriorarse. Además, sensores y actuadores usados para controlar el caudal pueden desviarse con el tiempo y, como resultado, la exactitud del sistema de gestión de inyección química puede disminuir. Estos problemas pueden ser particularmente agudos en aplicaciones submarinas, en las que el acceso al sistema de gestión de inyección química puede ser difícil y/o caro. Reemplazar un sistema de gestión de inyección química deteriorado o inexacto puede contribuir significativamente al coste de operación de un pozo, por ejemplo.

25 El documento de patente internacional nº WO 2008/095113 divulga un sistema de gestión de inyección química que emplea un medidor de flujo de desplazamiento positivo.

El documento de patente de EE.UU. nº US 6,644,119 trata de la caracterización no invasiva de un fluido multifásico fluyente que usa interferometría ultrasónica.

40 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Estas y otras particularidades, aspectos y ventajas de la presente invención vendrán a ser mejor entendidas cuando la descripción detallada que sigue de ciertos ejemplos de realizaciones sea leída con referencia a los dibujos que acompañan en los cuales caracteres iguales representan partes iguales a lo largo de los dibujos, en los que:

- 45 la figura 1 es una vista en perspectiva de un ejemplo de sistema de extracción de recursos de acuerdo con una realización de la presente técnica;
- la figura 2 es una vista en perspectiva parcial del sistema de extracción de recursos de la figura 1 que representa un ejemplo de sistema de gestión de inyección química y un receptáculo de válvula de acuerdo con una realización de la presente técnica;
- 50 la figura 3 es una vista en perspectiva posterior del sistema de gestión de inyección química de la figura 2;
- la figura 4 es una vista en perspectiva del receptáculo de válvula de la figura 2;
- la figura 5 es una vista en corte del sistema de gestión de inyección química de la figura 2;
- la figura 6 es una vista en lateral de un ejemplo de regulador de flujo de acuerdo con una realización de la presente técnica;
- 55 la figura 7 es una vista en sección transversal de un ejemplo de válvula de acuerdo con una realización de la presente técnica;
- la figura 8 es una vista esquemática del regulador de flujo de la figura 6;
- la figura 9 es una vista en sección transversal de un ejemplo de ecualizador de presión de acuerdo con una realización de la presente técnica;
- 60 la figura 10 es un diagrama de flujo que representa un ejemplo de proceso de ecualización de presiones de acuerdo con una realización de la presente técnica;
- la figura 11 representación esquemática en sección transversal de un ejemplo de medidor de flujo ultrasónico usado con el regulador de flujo de acuerdo con una realización de la presente técnica;
- 65 la figura 12 es una gráfica que representa la posición de la aguja frente al coeficiente de flujo para la válvula de la figura 7;

la figura 13 es un diagrama de flujo que representa un ejemplo de procedimiento de ajuste de válvula de acuerdo con una realización de la presente técnica;

la figura 14 es una vista en sección transversal de otro ejemplo de medidor de flujo ultrasónico usado con la regulador de flujo de acuerdo con una realización de la presente técnica;

la figura 15 es una vista en sección transversal de un ejemplo de un inserto de sistema de gestión de inyección química configurado para fijarse en su lugar en el interior de un receptáculo de sistema de gestión de inyección química alternativo, ilustrado en la figura 16;

la figura 16 es una vista en sección transversal de un ejemplo alternativo de receptáculo de sistema de gestión de inyección química en el interior del cual puede fijarse en su lugar el inserto de sistema de gestión de inyección química de la figura 15;

la figura 17 es una vista en sección transversal del inserto de sistema de gestión de inyección química de la figura 15 fijado en su lugar en el interior del receptáculo de sistema de gestión de inyección química de la figura 16;

la figura 18 es una vista en perspectiva del inserto de sistema de gestión de inyección química de la figura 15 fijado en su lugar en el interior del receptáculo de sistema de gestión de inyección química de la figura 16; y

la figura 19 es una vista en sección transversal de un ejemplo de inserto de sistema de gestión de inyección química que contiene múltiples sistemas de gestión de inyección química.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES ESPECÍFICAS

Una o más realizaciones específicas de la presente invención se describirán más abajo. Estas realizaciones descritas son sólo ejemplos de la presente invención. Adicionalmente, en un esfuerzo para proporcionar una descripción concisa de estos ejemplos de realización, todas las particularidades de una implementación real pueden no ser descritas en la especificación. Debe apreciarse que en el desarrollo de cualquier implementación real de este tipo, como en cualquier proyecto de diseño o ingeniería, deben tomarse numerosas decisiones específicas de implementación para alcanzar los objetivos específicos de los desarrolladores, tales como el cumplimiento de restricciones relacionadas con el sistema o relacionadas con el negocio, las cuales pueden variar de una implementación a otra. Además, debe apreciarse que un esfuerzo de desarrollo de este tipo podría ser complejo y consumir tiempo, pero sin embargo sería una tarea rutinaria de diseño, fabricación y producción para los expertos normales que tiene el beneficio de esta divulgación.

Cuando se presentan elementos de diferentes realizaciones de la presente invención, los artículos “un/a”, “el/la”, “los/las” y “dicho/a/s” se pretende que signifiquen que hay uno o más de los elementos. Los términos “que comprende”, “que incluye” y “que tiene” se pretende que sean inclusivos y signifiquen que puede haber elementos adicionales distintos de los elementos listados. Además, el uso de “superior”, “inferior”, “arriba”, “debajo” y variaciones de estos términos se hace por conveniencia, pero no requieren ninguna orientación en particular de los componentes.

Ciertos ejemplos de realización de la presente invención incluyen un sistema de gestión de inyección química que aborda una o más de las deficiencias mencionadas más arriba de los sistemas de gestión de inyección química convencionales. Algunas realizaciones pueden incluir un regulador de flujo que incluye uno o más medidores de flujo no invasivos, tales como medidores de flujo ultrasónicos. El uso de medidores de flujo no invasivos en el sistema de gestión de inyección química puede minimizar la necesidad de un ajuste y/o reemplazamiento frecuente de los medidores de flujo. En particular, puesto que los medidores de flujo no invasivos pueden, en general, incluir menos partes mecánicas en movimiento, la extensión del desgaste mecánico con el tiempo puede ser minimizada. Por este motivo, los medidores de flujo no invasivos pueden experimentar ciclos de vida más largos y pueden mantener la exactitud de medida más tiempo que otros tipos de medidores de flujo.

En algunas realizaciones, el regulador de flujo puede también estar configurado para ejercer control directo por alimentación hacia delante de una válvula, sin usar un bucle de control de retroalimentación de posicionamiento de válvula anidado. Como se explica más abajo, reguladores de flujo que ejercen control por alimentación hacia delante de la válvula pueden permanecer exactos durante períodos más largos de tiempo que sistemas que ejercen control por retroalimentación, el cual depende de constantes del sistema que pueden no ser apropiadas cuando los componentes de la válvula se han desgastado u otras condiciones han sido cambiadas.

Adicionalmente, o como alternativa, algunas realizaciones pueden sumergir componentes del sistema de gestión de inyección química en un fluido de protección, tal como aceite, para reducir el desgaste sobre componentes en movimiento y potencialmente extender su vida útil. A este fin, algunas realizaciones pueden tener pueden tener una carcasa sellada para contener el fluido de protección y un equalizador de presión para reducir las cargas hidrostáticas en aplicaciones submarinas, según se explica más abajo. Antes de abordar estas particularidades con detalle, se discuten aspectos de un sistema que puede emplear un sistema de gestión de inyección química de este tipo.

La figura 1 representa un ejemplo de sistema 10 de extracción de recursos que puede incluir un pozo 12, al que se hace referencia coloquialmente como un “árbol de Navidad” 14 (de aquí en adelante un “árbol”). Un sistema de gestión de inyección química 16 y un receptáculo de válvula 18. El sistema 10 de extracción de recursos ilustrado

puede estar configurado para extraer hidrocarburos (por ejemplo, petróleo y/o gas natural). En algunas realizaciones, el sistema 10 de extracción de recursos puede estar basado en tierra o dispuesto submarino y/o configurado para extraer o inyectar otras sustancias, tales como las discutidas más arriba.

5 Cuando está ensamblado, el árbol 14 puede acoplarse al pozo 12 e incluir una variedad de válvulas, accesorios y controles para operar el pozo 12. El sistema de gestión de inyección química 16 puede estar acoplado al árbol 14 mediante el receptáculo de válvula 18. El árbol 14 puede colocar el sistema de gestión de inyección química (C.I.M.S.) 16 en comunicación de fluido con el pozo 12. Según se explica más abajo, el sistema de gestión de inyección química 16 puede estar configurado para regular el caudal de un producto químico a través del árbol 14 y al interior del pozo 12.

10 La figura 2 es una vista en perspectiva del sistema de gestión de inyección química 16 acoplado con el receptáculo de válvula 18. Según se ilustra, el sistema de gestión de inyección química 16 puede incluir un regulador de flujo 20, un ecualizador de presión 22, una carcasa 24, una interfaz 26 de árbol y una interfaz 28 de ROV (vehículo de operación remota). Según se describe en referencia a las figuras 5-8, el regulador de flujo 20 puede incluir componentes que reducen la probabilidad de que el regulador de flujo 20 pierda su exactitud con el tiempo. Además, el ecualizador de presión 22 puede facilitar la inclusión de un fluido de protección, el cual se cree que extiende la vida de los componentes en movimiento en el interior de la carcasa 24. Antes de abordar estas particularidades con detalle, se discuten otros componentes del sistema de gestión de inyección química 16.

15 En referencia a las figuras 2 y 3, la carcasa 24 puede incluir una placa 46 de extremo externo, una pared lateral 48, un mango 50, una placa 52 de extremo interno y un escudo 54 de interfaz con el árbol. La pared lateral 48 y las placas 46 y 52 de extremo pueden estar hechas de un material resistente a la corrosión generalmente rígido y pueden definir generalmente un volumen cilíndrico recto con una base circular. El escudo 54 de interfaz con el árbol puede extenderse desde la pared lateral 48 más allá de la placa 52 de extremo interno. El mango 50 puede estar fijado (por ejemplo, soldado) a la pared lateral 48 y puede tener una forma de U. Algunas realizaciones pueden incluir mangos 50 adicionales.

20 Según se ilustra mediante la figura 3, la interfaz de árbol 26 puede incluir una chaveta 56, espigas de guiado 58 y 60, un cerrojo 62, un conector eléctrico 64, un conector de fluido de entrada 66 y un conector de fluido de salida 68. En la presente realización, con la excepción de la chaveta 56, los componentes de la interfaz de árbol 26 pueden estar dispuestos generalmente en el interior del escudo 54 de interfaz con el árbol. Estos componentes pueden estar configurados para acoplar eléctricamente, hidráulicamente y/o mecánicamente, el sistema de gestión de inyección química 16 al árbol 14 por vía de componentes complementarios en el receptáculo de válvula 18, según se explica más abajo después de discutir la interfaz de ROV 28.

25 Se describirá ahora la interfaz de ROV 28 con referencia a las figuras 2 y 5. La interfaz de ROV 28 ilustrada puede incluir aberturas 70, un enganche bridado 72, ranuras 74 y 76 y una interfaz 78 para herramienta de apriete. En algunas realizaciones, la interfaz de ROV 28 puede ser una interfaz de ROV tipo API 17D clase 4. La interfaz de ROV 28 puede estar unida a la placa 46 de extremo externo. La interfaz 78 para herramienta de par de apriete, la cual puede estar configurada para acoplarse con una herramienta de apriete sobre un ROV, puede estar dispuesta en el interior del enganche bridado 72 y simétricamente en general entre las ranuras 74 y 76.

30 Según se ilustra mediante la figura 5, la interfaz 78 para herramienta de apriete puede estar acoplada a un mecanismo de accionamiento interno que incluye un eje de accionamiento 80, un acoplamiento roscado 82 y una leva 84 que está unida al cerrojo 62. La operación de estos componentes se describirá después de discutir particularidades del receptáculo de válvula 18.

35 Las figuras 2 y 4 ilustran el ejemplo de receptáculo de válvula 18. Comenzando con las particularidades representadas por la figura 2, el receptáculo de válvula 18 puede incluir una entrada de fluido 86, una salida de fluido 88, una conexión eléctrica 90, una brida de montaje 92, una ranura de chaveta 94, bridas de soporte 96, una brida externa 98, una abertura de válvula 100, una bandeja 102 de válvula y soportes de bandeja 104. La entrada de fluido 86 puede ser una conducción de fluido, tubo o tubería que está en comunicación de fluido con una fuente de fluido, tal como un suministro de un líquido a ser inyectado y la salida de fluido 88 puede ser una conducción de fluido, tubo o tubería que está en comunicación de fluido con el pozo 12. La conexión eléctrica 90 puede acoplarse a una fuente de alimentación, un dispositivo de entrada del usuario, una pantalla de visualización y/o un sistema controlador. La brida de montaje 92 puede estar configurada para acoplar el receptáculo de válvula 18 al árbol 14. La ranura de chaveta 94 y la bandeja 102 de válvula pueden estar configuradas para, al menos aproximadamente, alinear el sistema de gestión de inyección química 16 con el receptáculo de válvula 18 durante la instalación del sistema de gestión de inyección química 16. Específicamente, la bandeja 102 de soporte de válvula puede estar configurada para soportar el sistema de gestión de inyección química 16 cuando éste entra por deslizamiento en la abertura de válvula 100, y la chaveta 56 puede estar configurada para entrar por deslizamiento en la ranura de chaveta 94 hasta situar rotacionalmente el sistema de gestión de inyección química 16.

40 Volviendo a las particularidades ilustradas en la figura 4, el receptáculo de válvula 18 puede incluir una ranura 106,

biseles de guiado de entrada 108 y 110, aberturas achaflanadas 112 y 114, un conector eléctrico 116 complementario, un conector de entrada de fluido 118 complementario y un conector de salida de fluido 120 complementario. En la presente realización, estos componentes pueden estar dispuestos en el interior de la abertura de válvula 100. Los biseles de guiado de entrada 108 y 110 y la ranura 106 pueden estar configurados para alinear y recibir el cerrojo 62 del sistema de gestión de inyección química 16 y las aberturas achaflanadas 112 y 114 pueden estar configuradas para recibir las espigas de guiado 58 y 60, respectivamente. Adicionalmente, el conector de entrada de fluido 118 complementario puede estar configurado para acoplar hidráulicamente la entrada de fluido 86 con el conector de fluido de entrada 66 y el conector de salida de fluido 120 complementario puede estar configurado para acoplar hidráulicamente la salida de fluido 88 con el conector de fluido de salida 68. El conector eléctrico 116 complementario puede estar configurado para acoplar eléctricamente el conector eléctrico 64 del sistema de gestión de inyección química 16 con la conexión eléctrica 90.

Durante la instalación, el sistema de gestión de inyección química 16 puede ser fijado a un ROV por encima o cerca de la superficie del océano, por ejemplo, sobre una estructura de soporte o un barco. El ROV puede entonces sumergirse y transportar el sistema de gestión de inyección química 16 hasta el árbol 14 y colocarlo sobre la bandeja de válvula 102. El ROV puede hacer rotar al sistema de gestión de inyección química 16 para alinear la chaveta 56 con la ranura de chaveta 94. El ROV puede, entonces, conducir al sistema de gestión de inyección química 16 hacia delante al interior de la abertura de válvula 100, según se indica mediante la flecha 121 en la figura 2. Según se mueve hacia delante el sistema de gestión de inyección química 16, las espigas de guiado 58 y 60 pueden casar o cooperar con las aberturas achaflanadas 112 y 114 para perfeccionar más el alineamiento del sistema de gestión de inyección química 16. Con más movimiento hacia delante, el cerrojo 62 puede ser insertado a través de la ranura 106 con la ayuda de los biseles de guiado de entrada 108 y 110.

Para formar las conexiones eléctrica y de fluido, una herramienta de apriete sobre el ROV puede entonces hacer rotar la interfaz 78 de herramienta de apriete, la cual puede hacer rotar al eje de accionamiento 80 en el interior de la leva 84. La leva 84 puede transmitir aproximadamente los primeros 90° de rotación del eje de accionamiento 80 en rotación del cerrojo 62, posicionando con ello el cerrojo 62 fuera del alineamiento con la ranura 106 e impidiendo en general que el cerrojo 62 sea sacado por tracción a través de la ranura 106. Después de 90° de rotación, la leva 84 puede cesar en general de transmitir rotación al eje de accionamiento 80 y el acoplamiento roscado 82 puede convertir la rotación de este eje de accionamiento 80 en una traslación lineal o tirar del cerrojo 62 de vuelta hacia la carcasa 24. No obstante, debido a que el cerrojo 62 está fuera de alineamiento con la ranura 106, en general está impedido para moverse hacia atrás por el receptáculo de válvula 18. Según se tira hacia atrás del cerrojo 62, el sistema de gestión de inyección química 16 puede trasladarse gradualmente hacia delante y las conexiones eléctrica e de fluido pueden ser formadas. Finalmente, el ROV puede desengancharse del sistema de gestión de inyección química 16 y volver a la superficie.

Ahora se describirán particularidades del regulador de flujo 20 con referencia a las figuras 5-8. La figura 5 ilustra el regulador de flujo 20 dentro de una porción cortada de la carcasa 24 y la figura 6 ilustra el regulador de flujo 20 aislado. La figura 7 es una vista en sección transversal de una válvula que puede ser empleada en el regulador de flujo 20 y la figura 8 es una representación esquemática del regulador de flujo 20.

Volviendo a la figura 6, el regulador de flujo 20 puede incluir conducciones de fluido 122, 124 y 126, una válvula 128, un accionador de válvula 130, un medidor de flujo 132 y un controlador 134. Según se explica más abajo, el regulador de flujo 20 puede estar configurado para regular o controlar un parámetro de flujo, tal como un caudal volumétrico, un caudal másico, un volumen y/o una masa de fluido que fluye entrando en el pozo 12.

Particularidades de un ejemplo de válvula 128 se representan en la vista en sección transversal de la figura 7. La válvula 128 puede incluir un cuerpo 136, una entrada roscada 138, un asiento de aguja 140, una aguja 142, sellos 144, 146 y 148 y un colector de salida 150. El asiento de aguja 140 ilustrado puede incluir aberturas 152 y un paso de fluido 154 estrechado. La aguja 142 puede estar configurada para trasladarse linealmente a través del cuerpo 136, según se indica mediante la flecha 156 y puede incluir una punta cónica 158 dispuesta generalmente en el interior del asiento de aguja 142.

En operación, un fluido puede entrar a través de la entrada roscada 138, pasar a través del asiento de aguja 140 y salir de la válvula 128 a través de la conducción 124, la cual puede estar acoplada al colector múltiple 150 de salida. La aguja 142 puede ser movida según se indica mediante la flecha 156 para controlar el caudal a través de la válvula 128. Según es sacada o movida hacia arriba la aguja 142, un espacio vacío entre la punta cónica 158 y el paso de fluido 154 estrechado del asiento de aguja 140 puede expandirse, y el caudal puede incrementarse. A la inversa, según es metida en el cuerpo 136 o movida hacia abajo la aguja 142, el espacio vacío entre la punta cónica 158 y el paso de fluido 154 estrechado puede reducirse, y el caudal a través de la válvula 128 puede decrecer. Esto es, el caudal a través de la válvula 128 puede, en general, corresponder con la posición de la aguja 142. La válvula 128 puede tener una relación de reducción mayor o igual a 100:1 y algunas realizaciones pueden incluir dos o más válvulas 128 que están dimensionadas cada una de ellas para diferentes caudales.

Volviendo a la figura 6, el actuador de válvula 130 ilustrado puede incluir un motor 160, una caja de engranajes 162

y un paso de señal de control 164. El motor 160 puede tener un motor de corriente continua (CC), por ejemplo, un motor eléctrico de 24 Voltios CC. En ciertas realizaciones, la caja de engranajes 162 incluye una caja de engranajes planetarios de relación de potencia elevada con una relación de engranes de más de 600:1. En algunas realizaciones, estos componentes 160 y 162 pueden estar sumergidos en un entorno lleno de aceite, según se explica más abajo. Ventajosamente, un entorno de ese tipo puede tender a reducir el desgaste sobre estos componentes 160 y 162.

El medidor de flujo 132 puede incluir una entrada de fluido 166, una salida de fluido 168 y un paso de señal de medida 170. En algunas realizaciones, el medidor de flujo 132 puede ser un medidor de flujo ultrasónico, según se describe con mayor detalle más abajo con respecto a las figuras 11 y 14. Esto es, el medidor de flujo 132 puede estar configurado para medir un caudal o cantidad de fluido mediante la transmisión de energía acústica a lo largo de uno o más pasos a través de los cuales fluye el fluido. El medidor de flujo 132 puede estar en general libre de cojinetes y otros componentes mecánicos y ser generalmente resistente a los productos químicos. Adicionalmente, en algunas realizaciones, el medidor de flujo 132 puede estar tarado para presiones mayores de 345 bares (5 kilolibras por pulgada cuadrada (ksi)), 690 bar, 1.035 bar o 1.380 bar (10 ksi, 15 ksi o 20 ksi).

El controlador 134 puede incluir un procesador 172 y memoria 174. El controlador 134 puede estar configurado para determinar un caudal volumétrico, un caudal másico, un volumen o una masa sobre la base de una señal del medidor de flujo 132. El controlador 134 puede también estar configurado para regular o controlar uno o más de estos parámetros sobre la base de la señal del medidor de flujo 132 mediante el envío de señales al motor 160 para ajustar la posición de la aguja 142. A este fin, el controlador 134 puede incluir software y/o circuitos configurados para ejecutar una rutina de control, tal como una rutina de control proporcional-integral-diferencial (PID). En algunas realizaciones, la rutina de control y o los datos basados en la señal del medidor de flujo 132 pueden ser almacenado en la memoria 174 u otro medio legible por ordenador.

La figura 8 es una representación esquemática del regulador de flujo 20. Empezando con las conexiones configuradas para transportar fluidos, el conector de entrada de fluido 66 puede estar acoplado hidráulicamente a la entrada roscada 138 de la válvula 128 mediante la conducción 122 de fluido. El colector 150 de salida de fluido de la válvula 128 puede estar acoplado hidráulicamente a la entrada de fluido 166 del medidor de flujo 132 mediante la conducción 124 de fluido. Adicionalmente, la salida de fluido 168 del medidor de flujo 132 puede estar acoplada hidráulicamente al conector de salida de fluido 68 mediante la conducción 126 de fluido. Volviendo a las conexiones configuradas para transportar información, datos y/o señales de control, el controlador 134 puede estar acoplado para comunicarse con el medidor de flujo 132 mediante el paso de señal de medida 170 y al actuador de válvula 130 mediante el paso de señal de control 164. Adicionalmente, el controlador 134 puede estar acoplado para comunicarse con el conector eléctrico 64 para comunicación con otros componentes del sistema 10 de extracción de recursos y una fuente de alimentación. La aguja 142 une mecánicamente el actuador de válvula 130 y la válvula 128.

En operación, el controlador 134 puede ejercer control por retroalimentación sobre el flujo de fluido a través del regulador de flujo 20. El controlador 134 puede transmitir una señal de control al actuador de válvula 130. El contenido de la señal de control puede ser determinado por, o basarse en, una comparación entre un parámetro de flujo (por ejemplo, un caudal volumétrico, un caudal másico, un volumen o una masa) medido por el medidor de flujo 132 y un valor deseado del parámetro de flujo. Por ejemplo, si el controlador 134 determina que el caudal a través del regulador de flujo 20 es menor que un caudal deseado, el controlador 134 puede enviar una señal al actuador de válvula 130 para retraer la aguja 142 alguna distancia. En respuesta, el motor 160 puede accionar la caja de engranajes 162 y la caja de engranajes 162 puede convertir el movimiento rotacional del motor 160 en traslación lineal de la aguja 142. Como resultado, en algunas realizaciones, el caudal a través de la válvula 128 puede incrementarse según se incrementa el espacio vacío entre la punta cónica 158 de la aguja 142 y el paso de flujo 154 estrechado del asiento de aguja 140. Alternativamente, si el controlador 134 determina que el caudal (u otro parámetro de flujo) a través del regulador de flujo 20 es mayor que un caudal (u otro parámetro de flujo) deseado, el controlador 134 puede enviar una señal al actuador de válvula 130 para avanzar la aguja 142 alguna distancia en la válvula 128, reduciendo potencialmente con ello el caudal. En otras palabras, el controlador 134 puede enviar una señal al actuador de válvula 130 para mover la aguja 142 alguna distancia sobre la base de un parámetro de flujo captado por el medidor de flujo 132.

Para controlar el parámetro de flujo, el controlador 134 puede ejercer control por alimentación hacia delante o por retroalimentación del actuador de válvula 130. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el controlador 134 puede recibir una señal de retroalimentación 175 del actuador que es indicativa de, o se correlaciona con, la posición de la aguja 142. Usando la señal de retroalimentación 175 del actuador, el controlador 134 puede ejercer control por retroalimentación sobre la posición de la aguja 142. Esto es, el controlador 134 puede enviar una señal de control 164 que está determinada, al menos en parte, por una comparación entre la señal de retroalimentación 175 del actuador y una posición de aguja deseada. La posición de aguja deseada puede estar determinada por una tabla, ecuación y/o relación almacenada en la memoria 174 que correlaciona la posición de la aguja con el caudal a través de la válvula 128. Realizaciones que emplean control por retroalimentación tanto sobre la posición de aguja 142 como sobre el parámetro de flujo pueden ser caracterizadas como que tienen un bucle de control anidado, por ejemplo, una bucle de control por retroalimentación dirigido hacia el control de la posición de válvula anidado dentro

de un control por retroalimentación dirigido hacia el control del parámetro de flujo.

Algunas realizaciones pueden no incluir un bucle de control anidado o pueden emplear un bucle de control anidado de una manera más limitada. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el controlador 134 puede no recibir la señal de retroalimentación 175 del actuador o puede ignorar parcialmente o por completo la señal de retroalimentación 175 del actuador. En ciertas realizaciones, el controlador 134 puede ejercer control por alimentación hacia delante sobre la posición de la aguja 142. Esto es, el controlador 134 puede transmitir una señal de control 164 al actuador de válvula 130 sobre la base de una diferencia entre un valor de un parámetro de flujo deseado y un valor de un parámetro de flujo medido, sin importar la posición de la aguja 142 en ese momento. En otras palabras, algunas realizaciones pueden no depender de una correlación almacenada entre la posición de la aguja y el caudal a través de la válvula 128. Por ejemplo, en operación, el controlador 134 puede determinar que el caudal volumétrico actual a través del regulador de flujo 20 es menor que el caudal volumétrico deseado y, en respuesta, enviar una señal al actuador de válvula 130 para desplazar la posición de la aguja 142 alguna distancia. En algunas realizaciones, el controlador 134 puede determinar esta distancia sin considerar la posición de la aguja 142 en ese momento.

Ventajosamente, realizaciones sin un bucle de control anidado pueden controlar los parámetros de flujo más exactamente durante un período de tiempo más largo y bajo una más amplia variedad de circunstancias que los sistemas convencionales. Debido a que algunas realizaciones no dependen de una correlación entre la posición de la aguja 142 y un caudal a través de la válvula 128, aquellas pueden ser más robustas al enfrentarse a condiciones cambiantes. Por ejemplo, la punta cónica 158 de la aguja 142 o el paso de fluido estrechado 154 del asiento de aguja 140 pueden desgastarse y cambiar la relación entre la posición de la aguja 142 y el caudal a través de la válvula 128. Un cambio de este tipo podría introducir un error cuando se ejerce un control por retroalimentación de la posición de la aguja 142. En algunas circunstancias, este error podría reducir la capacidad de respuesta, estabilidad o exactitud del regulador de flujo 20. Por contra, realizaciones sin un bucle de control anidado para controlar la posición de la aguja 142 pueden estar menos afectadas por estas fuentes de error.

Otras particularidades del sistema de gestión de inyección química 16 pueden tender al extender su vida útil. Por ejemplo, volviendo a la figura 5, un interior 181 de la carcasa 24 puede estar llenado parcialmente o sustancialmente por entero con un fluido de protección 182, tal como aceite. En algunas realizaciones, el fluido de protección 182 puede ser aceite hidráulico para los engranes. Ventajosamente, el fluido de protección 182 puede lubricar y/o tender a reducir el desgaste sobre los componentes que están en el interior de la carcasa 24, tal como el eje de accionamiento 80, la leva 84, el acoplamiento roscado 82 y/o el actuador de válvula 130. Para mantener la separación del agua de mar y el fluido de protección 182, la carcasa 24 puede ser sustancialmente hermética al agua. En algunas aplicaciones submarinas, una diferencia en presión entre el fluido de protección 182 y el agua de mar que la rodea puede ejercer una carga hidrostática sobre la carcasa 24. Para reducir esta carga, el sistema de gestión de inyección química 16 puede incluir un ecualizador de presión 22.

Se describirán ahora particularidades del ejemplo de ecualizador de presión 22 con referencia a las figuras 2, 5, 9 y 10. Según se ilustra por las figuras 2 y 5, ecualizador de presión 22 puede incluir uno o más cámaras elásticas 184 y piezas de conexión 186. El ecualizador de presión 22 puede extenderse hacia dentro de la carcasa 24 desde la placa 46 de extremo externo. Algunas realizaciones pueden incluir 1, 2, 3, 4, 5 o más cámaras elásticas.

La figura 9 ilustra una vista en sección transversal del ejemplo de ecualizador de presión 22. La cámara elástica 184 puede estar hecha de un material elástico y/o estanco al agua, tal como goma, neopreno, vinilo o silicona. La cámara elástica 184 puede tener una forma generalmente cilíndrica y acoplada a la pieza de conexión 186 en un extremo.

El pieza de conexión 186 ilustrado puede incluir una entrada de agua 188, miembros de sellado 190 y 192, y un asiento de junta tórica 194. La entrada de agua 188 puede extenderse a través de la pieza de conexión 186 y proporciona un paso de fluido a la cámara elástica 184. El miembro de sellado 190 puede sellar la cámara elástica 184 con la pieza de conexión 186. El miembro de sellado 192 y el asiento de junta tórica 194 pueden cooperar con una abertura en la placa 46 de extremo externo para fijar el pieza de conexión 186 a la placa 46 de extremo externo y formar un sello generalmente estanco al agua con la placa 46 de extremo externo. En algunas realizaciones, el pieza de conexión 186 puede incluir fileteados que cooperan con los fileteados complementarios de la placa 46 de extremo externo y/o una tuerca roscada dispuesta en el exterior de la placa 46 de extremo externo.

En operación, el ecualizador de presión 22 puede tender a reducir una diferencia de presión entre las presiones del fluido de protección 182 y del agua circundante. Las fuerzas de la presión del agua circundante sobre la cámara elástica 184 están representadas mediante flechas 196 en la figura 9 y las fuerzas de la presión del fluido de protección 182 están ilustradas mediante flechas 198. Si la presión de la agua 196 es mayor que la presión del fluido de protección 198, la cámara elástica 184 puede expandirse y/o aplicar una fuerza al fluido de protección 182 e incrementar la presión 198 del fluido de protección 182, reduciendo con ello potencialmente el diferencial de presión. En algunas realizaciones, el fluido de protección 182 puede ser sustancialmente incompresible y la cámara elástica 184 puede transmitir principalmente una fuerza más bien que expandirse para igualar la presión.

Algunas realizaciones pueden incluir otros tipos de ecualizadores de presión 22, tales como un pistón dispuesto en el interior de un cilindro que está en comunicación de fluido con el fluido de protección 182 y el agua de mar circundante sobre los lados opuestos respectivos del pistón. En otro ejemplo, el ecualizador de presión 22 puede incluir una porción elástico o menos rígida de la carcasa 24 que esté configurada para transmitir una fuerza al fluido de protección 182.

La figura 10 ilustra un ejemplo de proceso 200 de ecualización de presión. El proceso 200 puede incluir el recibir una fuerza que surge de la presión del agua, según se indica mediante el bloque 202 y/o reduciendo un diferencial de presión entre la presión del agua y la presión de un fluido de protección mediante el transmitir la fuerza al fluido de protección, según se indica mediante el bloque 204. Reducir el diferencial de presión puede incluir sustancialmente el eliminar el diferencial de presión o sustancialmente reducir la magnitud del diferencial de presión. En algunas aplicaciones con base en tierra, el proceso 200 puede incluir el recibir una fuerza que proviene de aire comprimido y transmitir la fuerza al fluido de protección.

Según se describe más arriba, el medidor de flujo 132 del regulador de flujo puede ser un medidor de flujo ultrasónico. En general, los medidores de flujo ultrasónicos miden el tiempo de tránsito de pulsos de energía ultrasónica que se desplazan con o contra el flujo de un fluido que está siendo medido. Más específicamente, los medidores de flujo ultrasónicos incluyen en general al menos un par de transductores en lados opuestos de un tubo de regulación a través del cual fluye el fluido. Por ejemplo, la figura 11 es una representación esquemática en sección transversal de un ejemplo de medidor de flujo ultrasónico 132 usado con el regulador de flujo 20. Según se ilustra, un primer transductor 206 y un segundo transductor 208 están situados en lados opuestos de un tubo de regulación 210. En particular, el primer transductor 206 y el segundo transductor 208 pueden formar un recorrido acústico 212 a través del paso de flujo 214 del fluido. Según se ilustra, el recorrido acústico 212 puede, por ejemplo, formar una línea diagonal a través de un eje longitudinal 216 del tubo de regulación 210. Más específicamente, el recorrido acústico 212 puede formar un ángulo de  $\theta$  entre el recorrido acústico 212 y una línea perpendicular al eje longitudinal 216.

El medidor de flujo ultrasónico 132 de la figura 11 puede transmitir energía acústica a lo largo del recorrido acústico 212 (es decir, desde el primer transductor 206 hasta el segundo transductor 208) a través del tubo de regulación 210 en el interior del cual fluye el fluido. Más específicamente, el primer transductor 206 puede ser excitado mediante un impulso de energía eléctrica. Esto puede causar un pulso de energía acústica hacia el medio adyacente. En ciertas realizaciones, el pulso ultrasónico puede constar de varios ciclos que tienen una frecuencia en el rango de 0'05 a 3 megahercios (MHz). Los transductores 206, 208 están diseñados generalmente para ser direccionales. En otras palabras, una porción significativa de la energía acústica se desplazará a lo largo del recorrido acústico 212 desde el primer transductor 206 hasta el segundo transductor 208. El tiempo transcurrido desde el momento de transmisión desde el primer transductor 206 hasta el momento de detección por el segundo transductor 208 puede ser medido.

A la inversa, el segundo transductor 208 puede ser también excitado mediante un impulso de energía eléctrica. Esto puede causar otro pulso de energía acústica hacia el medio adyacente. De nuevo, una porción significativa de la energía acústica se desplazará a lo largo del recorrido acústico 212 desde el segundo transductor 208 hasta el primer transductor 206. El tiempo transcurrido desde el momento de transmisión desde el segundo transductor 208 hasta el momento de detección por el primer transductor 206 puede ser medido también. Cada pulso de energía atraviesa al menos sustancialmente o exactamente el mismo recorrido acústico 212. Por ello, la diferencia en los tiempos de tránsito, así como las geometrías particulares del tubo de regulación 210 (por ejemplo, el diámetro interno (ID)) y del recorrido acústico 212 (por ejemplo, el ángulo  $\theta$ ), pueden ser usadas para calcular la velocidad del fluido y el caudal volumétrico del fluido.

Además, aunque se ilustra en la figura 11 como que utiliza un recorrido acústico 212 con un ángulo  $\theta$  de aproximadamente 45 grados, el ángulo  $\theta$  del recorrido acústico 212 puede variar dependiendo de parámetros específicos del medidor de flujo ultrasónico 132 (por ejemplo, condiciones de operación, restricciones de espacio, etcétera). Por ejemplo, el ángulo  $\theta$  puede ser 0 grados (es decir, perpendicular al eje longitudinal 216), 15 grados, 30 grados, 45 grados, etcétera. En realidad, según se explica con mayor detalle más abajo con respecto a la figura 14, el ángulo  $\theta$  puede ser tan grande como 90 grados, tal como cuando los transductores 206, 208 están colocados en extremos opuestos del paso del flujo de fluido 214. Además, en ciertas realizaciones, puede usarse una pluralidad de pares de transductores 206, 208 en ángulos  $\theta$  que varían, de tal forma que múltiples conjuntos de datos de regulación pueden ser recogidos por el medidor de flujo 132 ultrasónico. También, en ciertas realizaciones, una pluralidad de pares de transductores 206, 208 pueden estar situados radialmente alrededor de la circunferencia del tubo de regulación 210, de tal forma que múltiples conjuntos de datos de medida pueden ser recogidos por el medidor de flujo ultrasónico 132.

Además, aunque se describe aquí como un medidor de flujo 132 ultrasónico, el medidor de flujo 132 puede, en realidad, usar cualquier tipo adecuado de energía sónica y cualquier tipo adecuado de sondas de sonido. De hecho, el medidor de flujo puede emplear cualesquiera técnicas no invasivas adecuadas. Por ejemplo, pueden usarse medidores de flujo no invasivos de base térmica, tales como en los que se introduce una cantidad específica de calor en el flujo de fluido y la temperatura de distribución a través del fluido puede ser usada para determinar

características, tales como la velocidad, del flujo de fluido. Además, también pueden usarse medidores de flujo no invasivos de base óptica. En este tipo de medidor de flujo, haces de luz pueden ser mostrados a través del flujo de fluido y la manera en la que la luz se dispersa a través del flujo de fluido puede conducir a determinaciones de características del flujo de fluido. Además, pueden utilizarse otras diferentes técnicas no invasivas (por ejemplo, resonancia magnética, etcétera).

El uso de medidores de flujo ultrasónicos en el interior del regulador de flujo 20 puede conducir a varios beneficios. Por ejemplo, otros tipos de dispositivos de regulación de flujo pueden requerir filtros puesto que generalmente tienen una tolerancia inferior para las partículas. Esto se debe, al menos en parte, a la complejidad de los componentes mecánicos que están en el interior de estos dispositivos de regulación de flujo. Por ejemplo, puesto que sólo hay una cantidad limitada de espacio en el interior del sistema de gestión de inyección química 16, estos dispositivos de regulación de flujo mecánicos pueden, a menudo, contener pequeñas restricciones (por ejemplo, de partes en movimiento pequeñas, sellos, etcétera) y, por ello, pueden ser muy sensibles a las partículas que pueda haber en el fluido. Sin embargo, cuando se usan medidores de flujo ultrasónicos, hay potencialmente menos necesidad de filtración puesto que los medidores de flujo ultrasónicos en general no tienen muchas restricciones pequeñas ya que la medida del flujo se lleva a cabo por vía de energía acústica en vez de componentes mecánicos. De por sí, los medidores de flujo acústicos pueden tener una tolerancia generalmente elevada a las partículas, geles y cuerpos sólidos o semisólidos, los cuales pueden ser transportados en el interior del fluido que está siendo medido.

Además, las preocupaciones sobre las sustancias químicas que atacan a los elementos de regulación pueden ser minimizadas debido al hecho de que hay menos componentes mecánicos en los medidores de flujo ultrasónicos. Más en particular, puesto que el medidor de flujo ultrasónico 132 puede en general incluir poco más que una construcción de tubo simple, se requieren mínimas partes en movimiento o sellos. Más específicamente, puesto que los transductores 206, 208 pueden estar situados externos al tubo de regulación 210, los transductores 206, 208 pueden estar aislados del flujo de fluido real. De esta manera, estos componentes de regulación principales del medidor de flujo ultrasónico 132 no están sometidos a corrosión o a ataque químico. Además, también pueden usarse materiales resistentes a la corrosión para la construcción del tubo, limitando potencialmente más los efectos adversos de las sustancias químicas que atacan al medidor de flujo ultrasónico 132.

Un fluido particular que puede ser medido mediante el medidor de flujo ultrasónico 132 es el monoetilenglicol (MEG), el cual puede ser circulado a través del sistema de gestión de inyección química 16. En general, el MEG es un glicol que puede ser recirculado a través del sistema 10 de extracción de recursos con el fin de suprimir la formación de hidratos. Según es recirculado el MEG a través del sistema 10 de extracción de recursos, aquél puede empezar a acumular impurezas. No obstante, como se describió arriba, los medidores de flujo ultrasónicos pueden ser menos sensibles a las impurezas que otros tipos de dispositivos de regulación. Según esto, las medidas del MEG mediante medidores de flujo ultrasónicos pueden probarse menos problemáticas que con otros tipos de dispositivos de regulación.

Además, el uso de medidores de flujo ultrasónicos puede también permitir la identificación de bloqueos (por ejemplo, debidos a los hidratos, etcétera) con el sistema de gestión de inyección química 16. Por ejemplo, el usar medidores de flujo ultrasónicos puede permitir la identificación de bloqueo por hidratos en el interior de la sección de estrangulamiento del sistema de gestión de inyección química 16. El ser capaz de identificar bloqueos por hidratos puede permitir a un operador del sistema de gestión de inyección química 16 decidir cuándo y qué tipo de acción correctiva puede ser tomada en el caso de tales bloqueos.

Adicionalmente, el uso de medidores de flujo ultrasónicos puede permitir también medida de flujo bidireccional, al contrario que otros tipos de dispositivos de regulación los cuales pueden ser configurados sólo para medir flujo en una dirección. Por ejemplo, los medidores de flujo ultrasónicos son capaces de medir flujo en ambas direcciones debido al hecho de que la energía acústica es transmitida en ambas direcciones (por ejemplo, entre el primer transductor 206 y el segundo transductor 208 de la figura 11). Por ello, la medida del flujo puede ser determinada en ambas direcciones usando una lógica de medida similar. La capacidad de medir el flujo en ambas direcciones puede probarse beneficiosa debido a que el medidor de flujo ultrasónico 132 puede ser capaz de indicar si, y cuando, fluidos de pozo de producción están retornando hacia arriba a través del umbilical. Según esto, un operador del sistema de gestión de inyección química 16 puede ser capaz de tomar acciones correctivas más beneficiosas.

En el contexto de flujo bidireccional, una variedad de acciones pueden ser realizadas sobre la base de la dirección del flujo de fluido determinada mediante el controlador 134. Por ejemplo, la dirección del flujo de fluido, o un cambio en la dirección, pueden ser registradas en la memoria. En algunas realizaciones, el flujo de fluido en una dirección (es decir, hacia delante o inverso) puede disparar una alarma audible o visible (por ejemplo, una alarma de bomba averiada sobre una pantalla de visualización o un altavoz), o puede ser ajustada la válvula 128 (por ejemplo, sustancialmente cerrada).

La figura 12 ilustra un ejemplo de una curva de flujo a través de la válvula 128. Esta gráfica representa la posición de la aguja 142 (figura 7), como un porcentaje del recorrido, frente al coeficiente de flujo (Cv) a través de la válvula 128. La curva ilustrada incluye una zona de control de flujo 220, una zona estática 222 y una zona de descarga 224. En

algunas realizaciones, la zona de descarga 224 puede usarse para eliminar residuos de la aguja 142.

La figura 13 ilustra un ejemplo de procedimiento 226 de ajuste de válvula. El procedimiento 226 ilustrado puede incluir el medir un parámetro de un fluido que fluye a través de una válvula, según se ilustra mediante el bloque 228. Esto puede incluir los pasos mencionados arriba de fluir el fluido a través del medidor de flujo 132. Después, el procedimiento 226 puede incluir el abrir o cerrar la válvula en una primera distancia, como se ilustra por el bloque 230. Esto puede incluir los pasos mencionados arriba de mover la aguja 142 de la válvula 128. El procedimiento 226 puede incluir también medir el parámetro del flujo de fluido con la válvula abierta o cerrada en la primera distancia, según se ilustra por el bloque 232 y abrir o cerrar la válvula en una segunda distancia, según se ilustra por el bloque 234. Estas acciones pueden incluir, de nuevo, los pasos mencionados arriba de operar el medidor de flujo 132 y la válvula 128. Después, el procedimiento 226 puede incluir el medir el parámetro del flujo de fluido con la válvula abierta o cerrada en la segunda distancia, como se ilustra por el bloque 236, un paso que puede incluir operar el medidor de flujo 132. En algunas realizaciones, los parámetros medidos en los pasos ilustrados mediante bloques 228, 232 y 236, pueden ser luego comparados con una relación del parámetro con la distancia, tal como el porcentaje de recorrido de la aguja 142, almacenado en la memoria. El comparar puede incluir comparar los valores medidos con la correlación almacenada mencionada arriba entre la posición de la aguja y el caudal a través de la válvula 128, tal como la correlación ilustrada en la figura 12. Finalmente, en algunas realizaciones, el grado hasta el cual la válvula es abierta o cerrada puede ser ajustado sobre la base de la comparación, según se ilustra mediante el bloque 240.

Volviendo ahora a la figura 11, el uso de medidores de flujo ultrasónicos puede, también, permitir la medida de otros parámetros del fluido que fluye a través del medidor de flujo además de la velocidad del fluido y el caudal volumétrico del fluido. Por ejemplo, los medidores de flujo ultrasónicos pueden ser capaces de medir la densidad del fluido. Además, los medidores de flujo ultrasónicos pueden ser capaces de determinar cuándo ocurren cambios de viscosidad en el fluido. Especialmente, la velocidad del sonido puede ser correlacionada con la densidad y la viscosidad, así como la contaminación de un fluido único. Adicionalmente, la atenuación acústica en el fluido es medible y puede ser correlacionada con la viscosidad del fluido o con bloqueos en el caso de un fluido único. La capacidad para medir estos parámetros adicionales puede probarse benéfica porque un operador del sistema de gestión de inyección química 16 puede ser capaz de monitorizar las condiciones del fluido y determinar si el fluido se está comportando de manera desfavorable debido a condiciones de operación particulares del sistema de gestión de inyección química 16. En otras palabras, el uso de medidores de flujo ultrasónicos puede permitir una evaluación de las condiciones del flujo mejorada.

Además, el medidor de flujo ultrasónico 132 puede ser usado bien como un dispositivo de regulación de flujo primario o bien como un dispositivo de regulación de flujo secundario. En particular, el medidor de flujo ultrasónico 132, en ciertas realizaciones, puede ser usado como un dispositivo de regulación de respaldo. Por ejemplo, un medidor de flujo de desplazamiento positivo o cualquier otro tipo de medidor de flujo (por ejemplo, un medidor de flujo de área variable, un medidor de flujo de placa de orificio, etcétera), puede ser usado como el dispositivo de regulación de flujo primario mientras que el medidor de flujo ultrasónico 132 es usado como un dispositivo de regulación secundario, o viceversa.

El medidor de flujo ultrasónico 132 puede ser usado en conjunto con un control de bucle cerrado por el controlador 134 ilustrado en la figura 8. Además, el medidor de flujo ultrasónico 132 puede utilizar diferentes protocolos estándar para transmitir información de vuelta a una estación de control maestra. Por ejemplo, el medidor de flujo ultrasónico 132 puede sea capaz de utilizar el protocolo Can-bus (bus de red de área de controlador) como una estrategia. No obstante, el medidor de flujo ultrasónico 132 puede, también, ser capaz de utilizar otros protocolos, tales como Profibus (bus de campo de proceso), Modbus, etcétera.

Sin embargo, aunque el uso de medidores de flujo ultrasónicos puede permitir numerosos beneficios, también puede presentar ciertos retos. Por ejemplo, al contrario que otros tipos de dispositivos medidores de flujo, los medidores de flujo ultrasónicos pueden, en general, conllevar numerosos cálculos. Por ejemplo, con el fin de calcular las velocidades del fluido y el caudal volumétrico del fluido según se describió más arriba con respecto a la figura 11, pueden hacerse numerosos cálculos teniendo en cuenta los tiempos de tránsito entre los transductores 206, 208, las geometrías particulares del tubo de regulación 210 (por ejemplo, el diámetro interno (ID)) y del recorrido acústico 212 (por ejemplo, el ángulo  $\theta$ ), etcétera. Estos diferentes cálculos pueden conducir a una mayor complejidad del controlador 134 y el procesador 172 y la memoria 174 asociados. Además, la cantidad de energía usada por el controlador 134, el procesador 172 y la memoria 174 puede, así mismo, incrementarse.

Además, sólo una cantidad limitada de energía puede estar disponible en el sistema de gestión de inyección química 16. De por sí, el uso de la energía limitada puede ser una consideración importante en el diseño. Con el fin de asegurar que está disponible suficiente energía para la operación del medidor de flujo ultrasónico 132, el regulador de flujo 20 puede incluir diferentes mecanismos de ahorro de energía y almacenamiento de energía. Por ejemplo, puede usarse un conjunto de condensadores para almacenar energía para períodos de operación en los que se necesita energía almacenada (por ejemplo, para generar los pulsos de los transductores 206, 208 o para suministrar energía para los diferentes cálculos).

Además, el ruido externo de otros componentes del sistema de gestión de inyección química 16 puede, potencialmente, inhibir la exactitud de los medidores de flujo ultrasónicos. Por ejemplo, el ruido de los otros componentes puede interferir con la capacidad de los transductores 206, 208 para registrar la energía acústica que está siendo transmitida entre ellos. No obstante, el ruido externo puede ser abordado de varias maneras diferentes, tanto mecánicas como eléctricas. Por ejemplo, apantallamiento y acolchado extra pueden ser colocados alrededor del medidor de flujo ultrasónico 132 para reducir el efecto del ruido externo. Además, la intensidad de los pulsos acústicos puede ser modificada para contrarrestar los efectos adversos del ruido externo. Adicionalmente, el regulador de flujo 20 puede estar diseñado de tal manera que ciertos componentes eléctricos o mecánicos puedan ser apagados, o controlados de otra manera, durante los períodos de medida del flujo, de tal forma que el ruido externo tenga un efecto mínimo sobre la exactitud de la medida del flujo.

Debe mencionarse que el ejemplo de realización del medidor de flujo ultrasónico 132 ilustrado en la figura 11 está destinado simplemente a ser un ejemplo y no es el único diseño de medidor de flujo ultrasónico que puede ser usado como parte del regulador de flujo 20 del sistema de gestión de inyección química 16. Por ejemplo, la figura 14 es una vista en sección transversal de otro ejemplo de medidor de flujo 132 ultrasónico usado con el regulador de flujo 20. En esta realización, el tubo de regulación 210 incluye una primera curva 242, u una segunda curva 244. Más específicamente, el fluido entra en el tubo de regulación 210, da un primer giro en la primera curva 242, da un segundo giro en la segunda curva 244 y luego sale del tubo de regulación 210. En esta realización, los transductores 206, 208 están situados cerca de las curvas 242, 244. En particular, el primer transductor 206 está situado cerca de la primera curva 242 y el segundo transductor 208 está situado cerca de la segunda curva 244. Los transductores 206, 208 están apuntados uno hacia el otro de tal forma que el recorrido acústico 212 discurre a lo largo del tubo de regulación 210 desde la primera curva 242 hasta la segunda curva 244. Según esto, en esta realización, la energía acústica entre los transductores 206, 208 es transmitida o bien directamente contra o directamente con el flujo del fluido. La velocidad del fluido, el caudal volumétrico y otros parámetros del fluido pueden ser medidos aún como se explicó más arriba con respecto a la figura 11. No obstante, las especificidades de los cálculos usados pueden cambiar ligeramente debido a las diferencias entre las geometrías de las realizaciones de las figuras 11 y 14.

Adicionalmente, aunque las realizaciones del sistema de gestión de inyección química 16 ilustradas en las figuras 2 a 6 se muestran usando una técnica particular para fijar el sistema de gestión de inyección química 16 en su lugar, así mismo pueden ser usadas otras técnicas. En particular, otro ejemplo de técnica para fijar el sistema de gestión de inyección química 16 en su lugar está ilustrado en las figuras 15 a 18. Más específicamente, la figura 15 ilustra una realización de un inserto 246 de sistema de gestión de inyección química (C.I.M.S.) configurado para fijarse en su lugar dentro de un receptáculo 248 de C.I.M.S. alternativo, según se ilustra en la figura 16. Además, las figuras 17 y 18 ilustran el inserto 246 de C.I.M.S. de la figura 15 fijado en su lugar dentro del receptáculo 248 de C.I.M.S. de la figura 16.

En particular, como se ilustra, el inserto 246 de C.I.M.S. puede incluir un conector 66 de entrada de fluido y un conector 68 de salida de fluido, los cuales pueden conectar con la entrada de fluido 86 y la salida de fluido 88, respectivamente, del receptáculo 248 de C.I.M.S.. El conector 66 de entrada de fluido y el conector 68 de salida de fluido pueden conducir a y a través de la válvula 130 y el medidor de flujo 132, los cuales se describieron con mayor detalle más arriba. Como se discutió arriba, el medidor de flujo 132 puede, en ciertas realizaciones, ser un medidor de flujo ultrasónico. El inserto 246 de C.I.M.S. incluye también miembros de fijación 250, los cuales pueden estar configurados para casar con una brida 252 del receptáculo 248 de C.I.M.S. En particular, la brida 252 puede tener un rebajo o acanaladuras circulares 254, las cuales tienen una forma que se ajusta a los miembros de fijación 250 del inserto 246 de C.I.M.S. Un manguito 256 deslizante puede ser forzado por detrás de los miembros de fijación 250 para mantenerlos dentro de las acanaladuras 254 de ajuste después de que el inserto 246 de C.I.M.S. está en su lugar.

El inserto 246 de C.I.M.S. también tiene una placa de soporte 258 inferior la cual puede ser conectada al árbol 14 o a un colector múltiple. Además, puede usarse un sello 260 para estanqueidad al agua de mar entre la placa de soporte 258 inferior del inserto 246 de C.I.M.S. y la brida 252 del receptáculo 248 de C.I.M.S. Una carcasa 262, en conjunto con la placa de soporte 258 inferior, pueden definir una abertura a través de la cual los miembros de fijación 250 pueden moverse radialmente para una fijación dentro de las acanaladuras 254 de la brida 252 del receptáculo 248 de C.I.M.S.

El manguito deslizante 256 tiene un sello 264 interno, un sello 266 externo y una cavidad 268 adyacente al sello externo 266. El sello interno 264 puede, por ejemplo, sellar contra los componentes internos del inserto 246 de C.I.M.S. los cuales no se muestran específicamente. La cavidad 268 puede ser conectada a una fuente 270 de presión hidráulica. Al suministrar fluido hidráulico a presión al interior de la cavidad 268, el incremento de presión puede elevar el manguito deslizante 256 como una manera de respaldo para retraer los miembros de fijación 250 para la liberación del inserto 246 de C.I.M.S. De otra manera, los miembros de fijación 250 pueden moverse radialmente hacia fuera al aplicar fuerza axial sobre una de las varillas 272 en una dirección axial 273 hacia el extremo inferior del inserto 246 de C.I.M.S. Las varillas 272 se extienden a través de una carcasa 274 sellada, la cual puede estar llena de un lubricante y puede estar sellada para excluir el agua de mar cuando las varillas 272 son

- 5 movidas en direcciones axiales 275 opuestas por el ROV (no mostrado). Una placa 276 puede moverse en tándem con las varillas 272. Además, otra varilla 278 puede estar conectada a la placa 276 y al manguito deslizante 256. Como resultado, cuando el ROV mueve una de las varillas 272 axialmente hacia abajo (por ejemplo, según se indica por la flecha 273), el manguito deslizante 256 se mueve, así mismo, axialmente hacia abajo y los miembros de fijación 250 se mueven radialmente al interior de las acanaladuras 254 de la brida 252 del receptáculo 248 de C.I.M.S. Para liberar el inserto 246 de C.I.M.S., las varillas 272 pueden ser elevadas axialmente y el inserto 246 de C.I.M.S. se moverá hacia fuera de la posición fijada, puesto que los miembros de fijación 250 quedan sin soporte después de la retracción del manguito deslizante 256. Además, como método de respaldo para mover el manguito deslizante 256 axialmente hacia arriba, puede aplicarse una presión hidráulica a la cavidad 268.
- 10 El usar las realizaciones alternativas del inserto 246 de C.I.M.S. y del receptáculo 248 de C.I.M.S. ilustrados en las figuras 15 a 18, puede conducir a arios beneficios. Los sellos (por ejemplo, el sello interno 264 y el sello externo 266) pueden mantener el agua de mar que circula alejada de los miembros de fijación 250, minimizando así los efectos adversos de los residuos y la corrosión sobre los miembros de fijación 250. Además, las partes en movimiento que operan el manguito deslizante 256 están dispuestas en el interior de la carcasa 274, la cual excluye el agua de mar y, como se explicó más arriba, puede estar llena de un fluido lubricante. Al colocar estos componentes en un fluido lubricante, la vida de diseño puede ser aumentada mientras que la corrosión, el crecimiento de algas y los residuos pueden ser prevenidos. Además, sólo una porción de las varillas 272 se extiende desde la carcasa 274 y están directamente expuestas al agua de mar. Además, los sellos 280 pueden bloquear la entrada de agua de mar a la carcasa 274 cerca de las varillas 272.
- 15
- 20 Debe mencionarse también que aunque se muestra sólo un inserto 246 de C.I.M.S. fijado en su lugar en el interior del receptáculo 248 de C.I.M.S. de las figuras 15 a 18, pueden usarse en realidad múltiples combinaciones de sistemas de gestión de inyección química 16 e insertos 246 de C.I.M.S. con un único receptáculo 248 de C.I.M.S.. Según esto, pueden ser configurados múltiples sistemas de gestión de inyección química 16 e insertos 246 de C.I.M.S. para operar en tándem en el interior del receptáculo 248 de C.I.M.S. Por ejemplo, la figura 19 ilustra múltiples sistemas de gestión de inyección química 16 en el interior de un único inserto 246 de C.I.M.S. Según se ilustra, las válvulas 282 de conexión del inserto de C.I.M.S. pueden enlazar múltiples sistemas de gestión de inyección química 16 en el interior de un único inserto 246 de C.I.M.S. Además, otros componentes de los sistemas de gestión de inyección química 16 y de los insertos 246 de C.I.M.S. pueden estar configurados de manera similar para conectarse entre sí.
- 25
- 30 Combinando múltiples sistemas de gestión de inyección química 16 e insertos 246 de C.I.M.S., puede ahorrarse espacio en el interior del árbol 14 o del colector múltiple. Además, pueden utilizarse componentes comunes del sistema de extracción de recursos (por ejemplo, umbilicales eléctricos, componentes de inmovilización, equipamiento de compensación de volumen, etcétera) cuando múltiples sistemas de gestión de inyección química 16 están situados en el interior de un único inserto 246 de C.I.M.S. Además, el tener sólo un paquete recuperable puede ayudar en el reemplazamiento de los insertos 246 de C.I.M.S.
- 35
- 40 Aunque la invención puede ser susceptible de diferentes modificaciones y formas alternativas, se han mostrado realizaciones específicas a modo de ejemplo en los dibujos y se han descrito con detalle aquí. No obstante, debe entenderse que no se pretende que la invención esté limitada a las formas particulares divulgadas.

REIVINDICACIONES

1.- Un aparato (10) que comprende:

5 un sistema de gestión de inyección química (16) para regular la entrada de un flujo de fluido en un cabezal de pozo, sistema de gestión de inyección química (16) que comprende; un paso de flujo que tiene una entrada y una salida; una válvula (128) motorizada dispuesta en el paso de fluido entre la entrada y la salida; y un medidor de flujo (132) no invasivo dispuesto en el paso de fluido entre la entrada y la salida; y  
 10 un controlador (134) acoplado de forma que se comunica tanto con el medidor de flujo (132) como con la válvula (128) motorizada, en el que el controlador (134) está configurado para ejercer control por retroalimentación de un parámetro de flujo de fluido a través del paso de flujo sobre la base de una señal retroalimentada desde el medidor de flujo (132) sin ejercer control por retroalimentación de una posición de la válvula (128) motorizada;  
 15 **caracterizado porque** el medidor de flujo (132) no invasivo dispuesto en el paso de fluido entre la entrada y la salida es un medidor de flujo ultrasónico; en el que el medidor de flujo ultrasónico tiene un primer transductor (206) y un segundo transductor (208), desplazándose en uso energía acústica a lo largo de un recorrido acústico desde el primer transductor (206)  
 20 hasta el segundo transductor (208) y desplazándose energía acústica a lo largo de un recorrido acústico desde el segundo transductor (208) hasta el primer transductor (206).

2.- El aparato (10) de la reivindicación 1, en el que el medidor de flujo (132) no invasivo está configurado para medir parámetros de flujo del flujo de fluido en múltiples direcciones o la densidad del flujo de fluido, o en el que el medidor de flujo (132) no invasivo está configurado para identificar bloqueos en el flujo de fluido o cambios en la viscosidad del flujo de fluido.

3.- El aparato (10) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el medidor de flujo (132) no invasivo es un dispositivo de regulación de flujo secundario y el sistema de gestión de inyección química (16) comprende un dispositivo de regulación de flujo primario, preferiblemente, en el que el dispositivo de regulación de flujo primario comprende un medidor de flujo de desplazamiento positivo, medidor de flujo de área variable, medidor de flujo de placa de orificio o una combinación de los mismos.

4.- El aparato (10) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el flujo de fluido comprende monoetilenglicol.

5.- El aparato (10) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el medidor de flujo (132) no invasivo está configurado para transmitir información hasta una estación de control maestra que usa un protocolo Can-bus, un protocolo Profibus, un protocolo Modbus o una combinación de los mismos.

6.- El aparato (10) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el controlador (134) está configurado para ejercer control por alimentación hacia delante de la posición de la válvula (128) motorizada sobre la base de una diferencia entre un valor deseado del parámetro y un valor del parámetro indicado por la señal de retroalimentación.

7.- El aparato (10) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que al menos una porción sustancial de un interior del sistema de gestión de inyección química (16) está llena de un fluido de protección.

8.- El aparato (10) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el sistema de gestión de inyección química (16) comprende un ecualizador de presión (22).

9.- El aparato (10) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el parámetro de flujo de fluido es un caudal volumétrico.

10.- El aparato (10) de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el sistema de gestión de inyección química (16) comprende:

un controlador (134) acoplado de forma que se comunica con el medidor de flujo (132) no invasivo; un actuador de válvula (130) acoplado de forma que se comunica con el controlador (134); y  
 60 una válvula (128) acoplada al actuador de válvula (130) de tal forma que el movimiento del actuador de válvula (130) cambia el grado hasta el cual la válvula (128) está abierta o cerrada; preferiblemente, en el que el controlador (134) está configurado para enviar una señal al actuador de válvula (130) para que cambie el grado hasta el cual la válvula (128) está abierta o cerrada sobre la base de una señal del medidor de flujo (132);  
 65 más preferiblemente, en el que el controlador (134) está configurado para enviar una señal al actuador de

válvula (130) sin tener en cuenta una posición en ese momento del actuador de válvula (130), de la válvula (128) o una combinación de las mismas.

- 5 11.- Un conjunto de cabezal de pozo que comprende un aparato (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 12.- El conjunto de cabezal de pozo de la reivindicación 11, que comprende un árbol (14) acoplado al sistema de gestión de inyección química (16) y un pozo (12) acoplado al árbol (14).
- 10 13.- El conjunto de cabezal de pozo de la reivindicación 11, que comprende colector múltiple acoplado al sistema de gestión de inyección química (16) y un pozo (12) acoplado al colector múltiple.

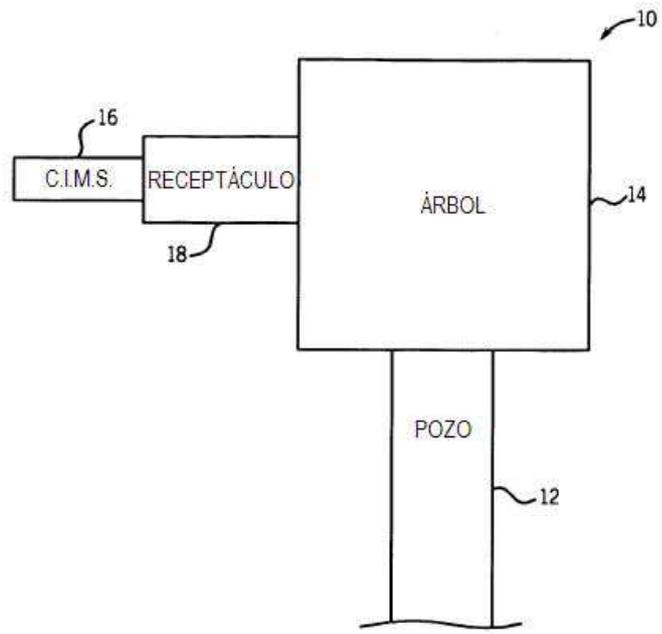
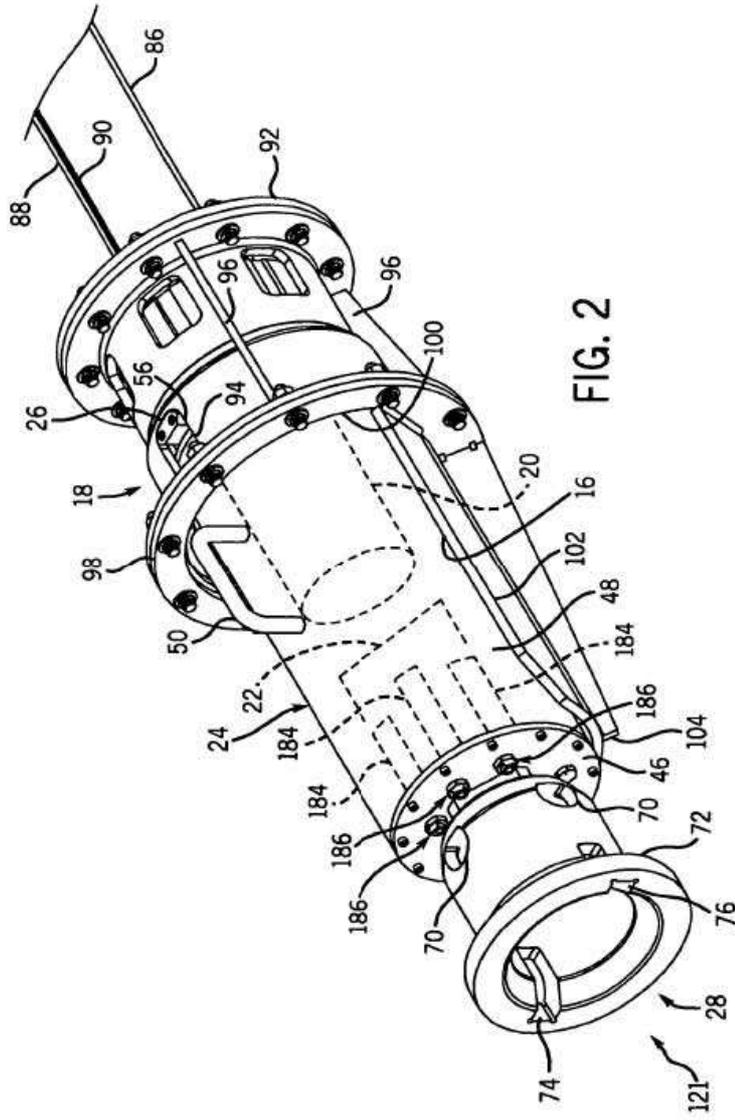
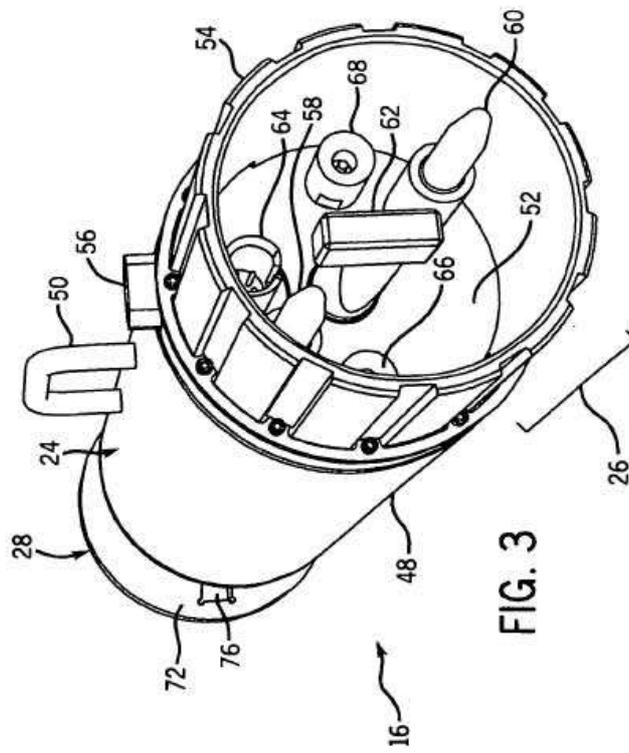
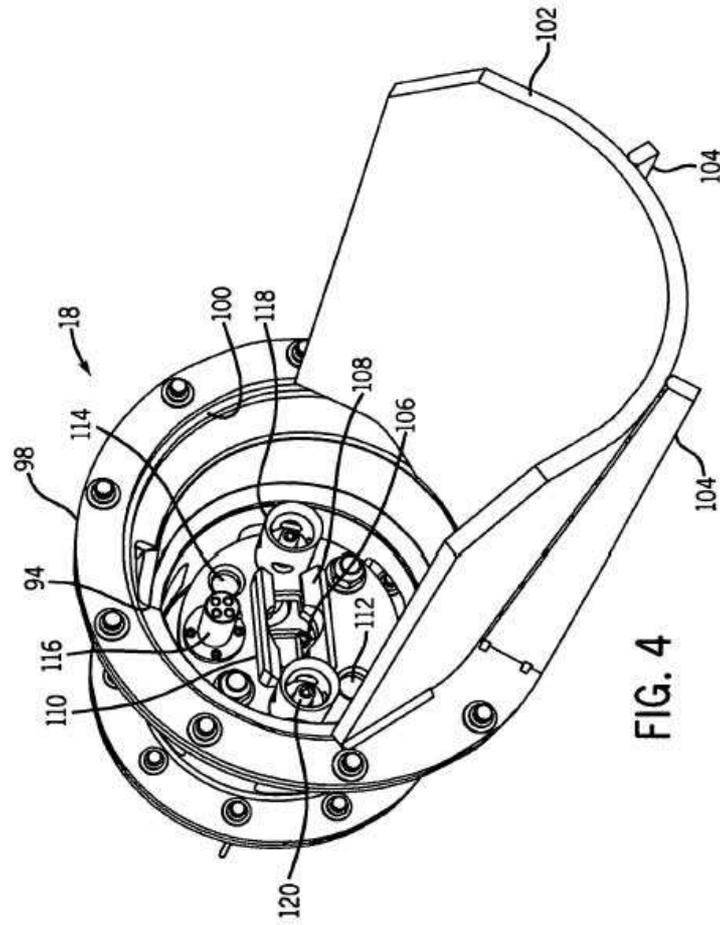


FIG. 1







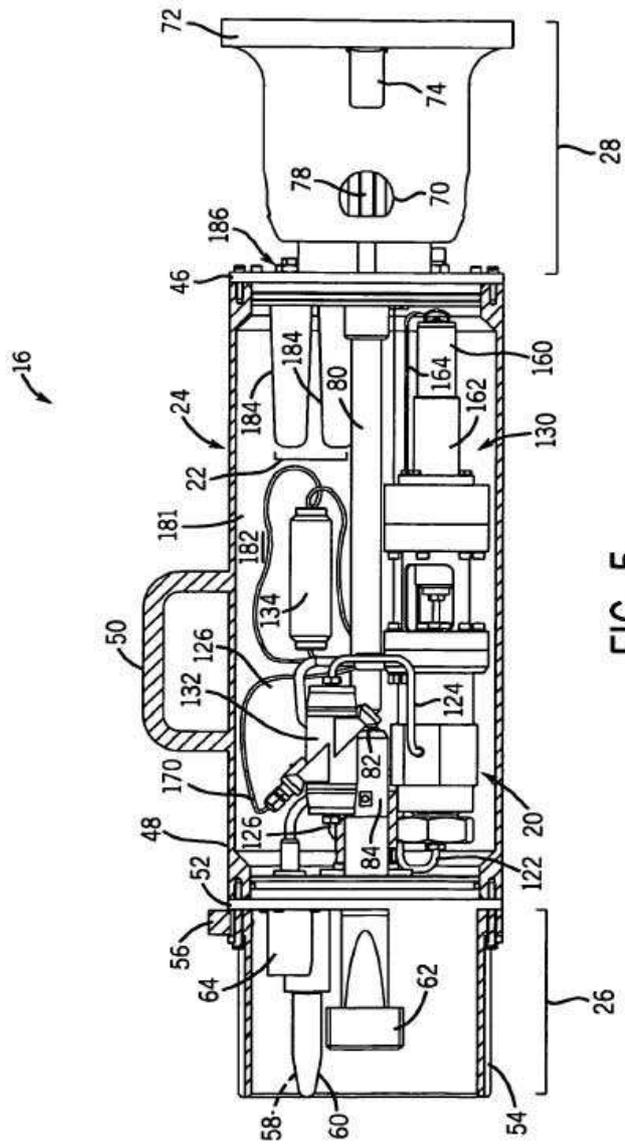
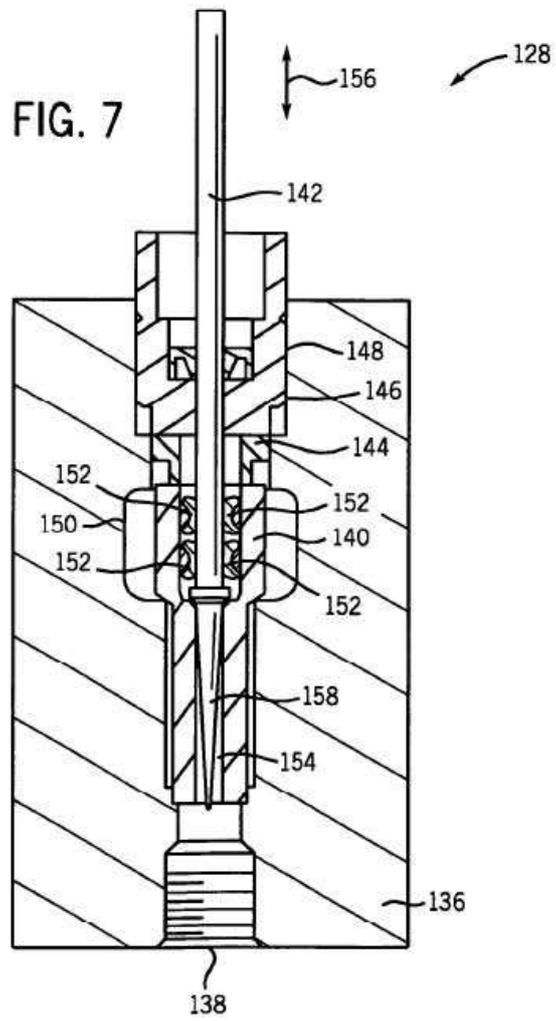


FIG. 5





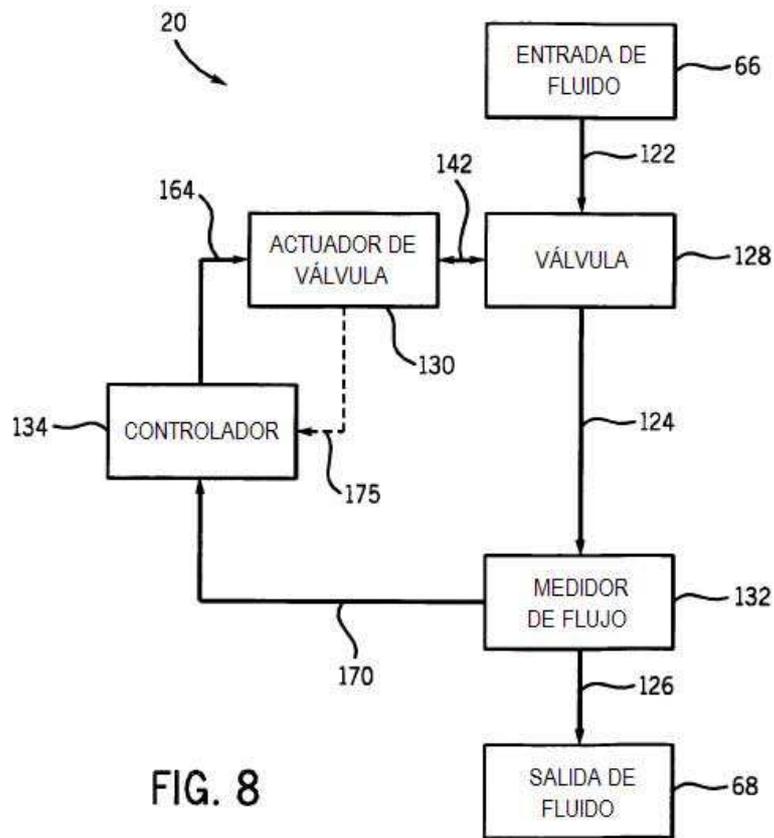


FIG. 8

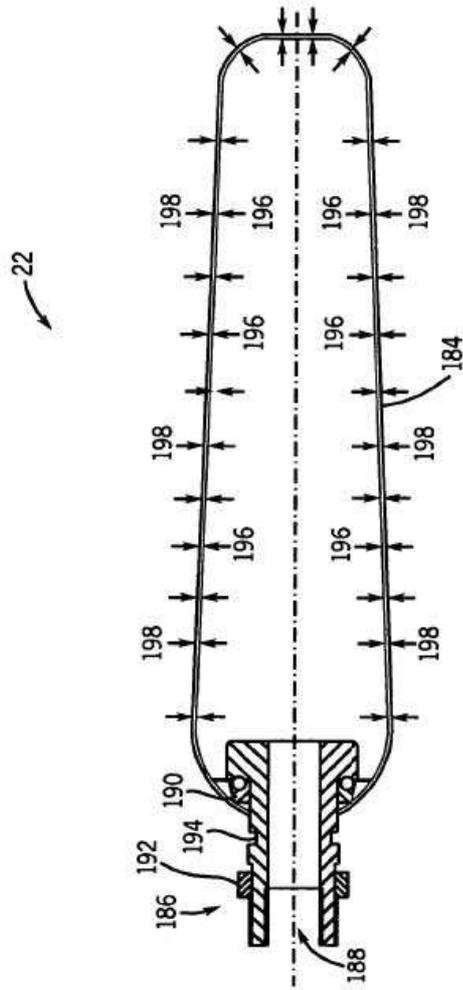


FIG. 9

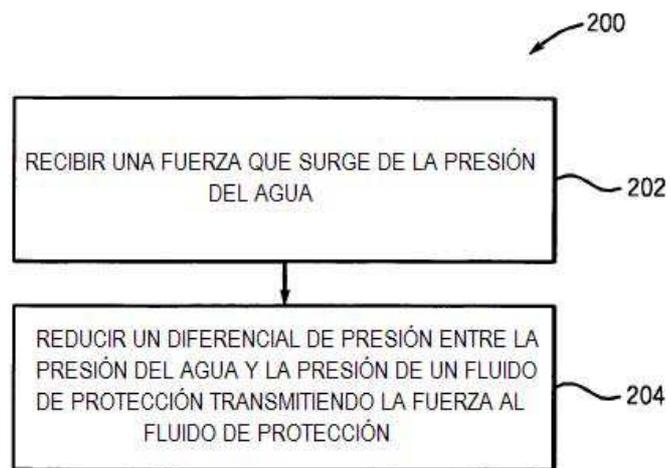


FIG. 10

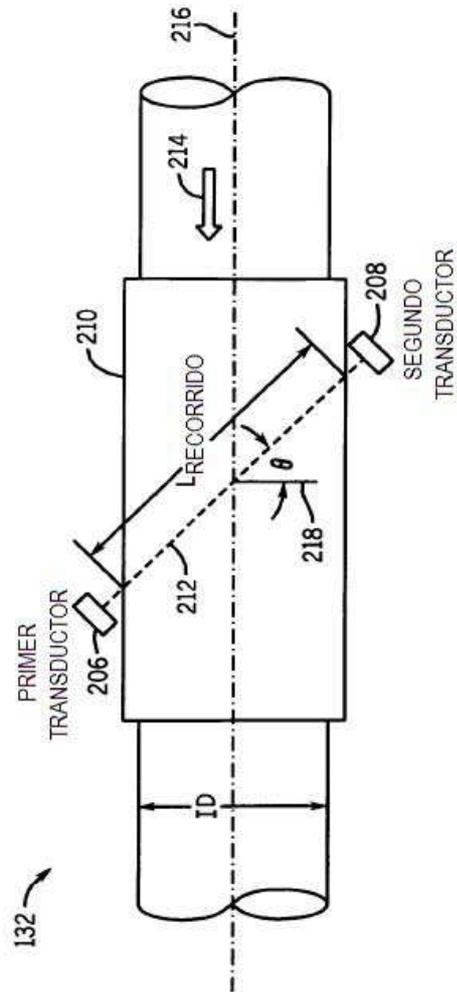


FIG. 11

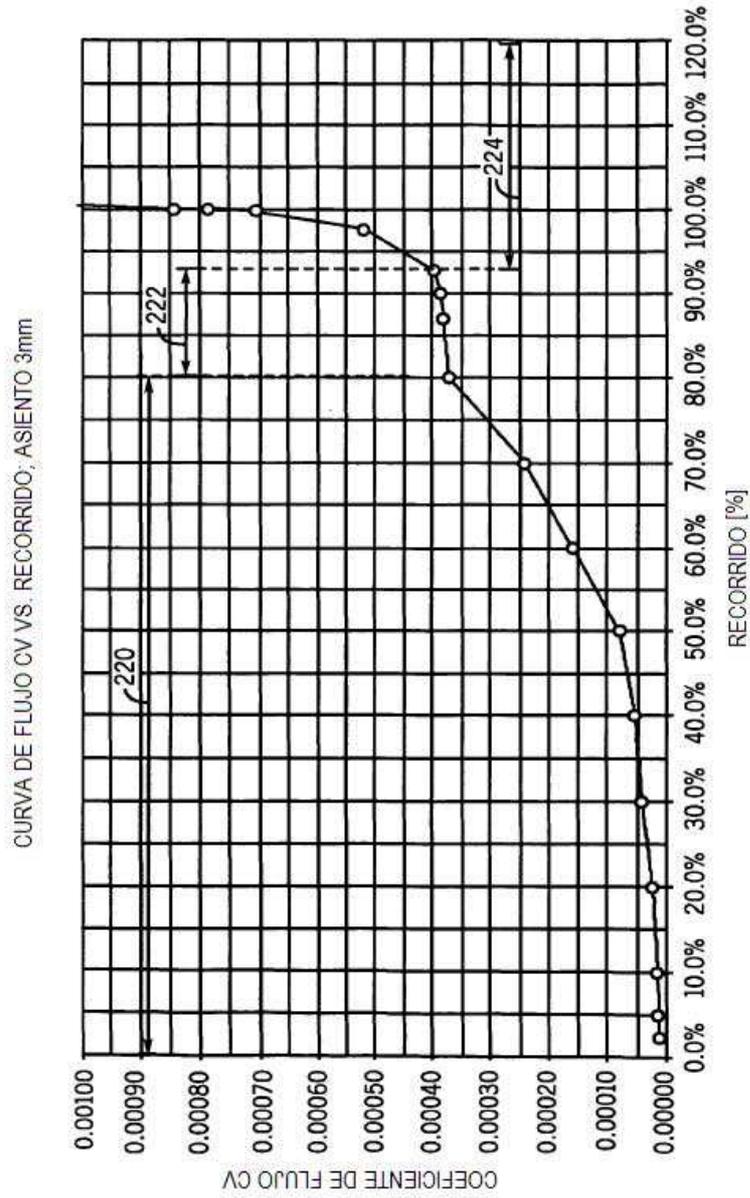


FIG. 12

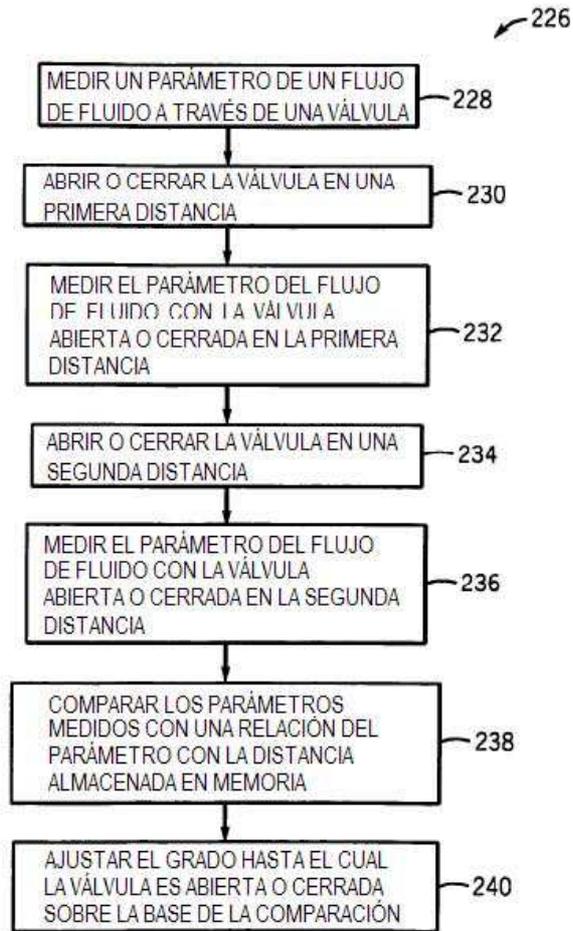


FIG. 13

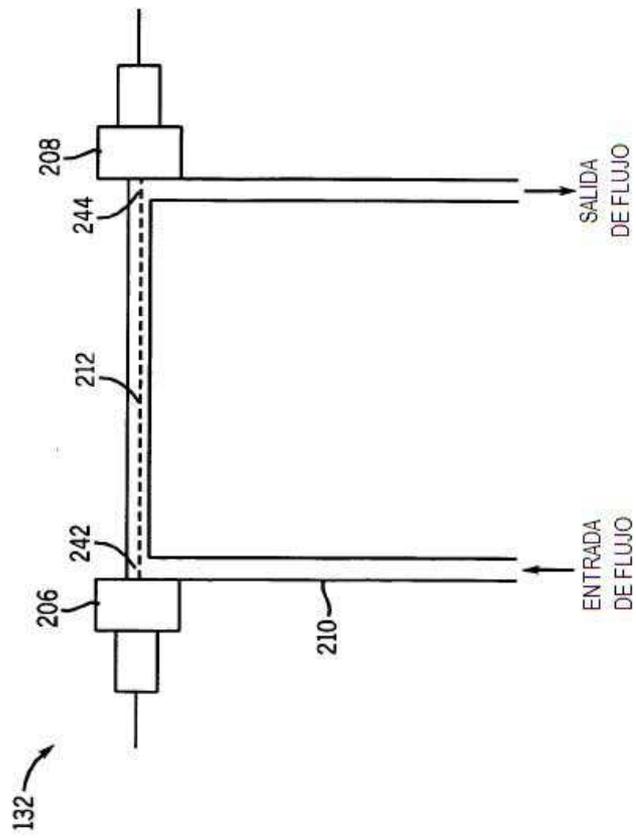


FIG. 14

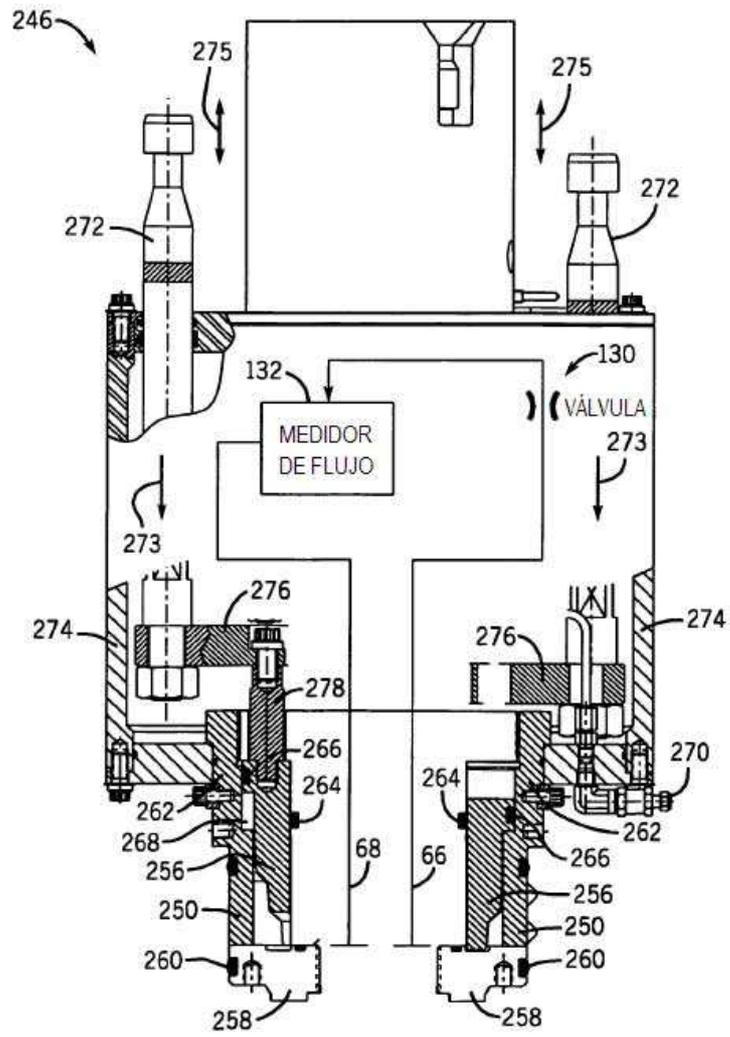


FIG. 15

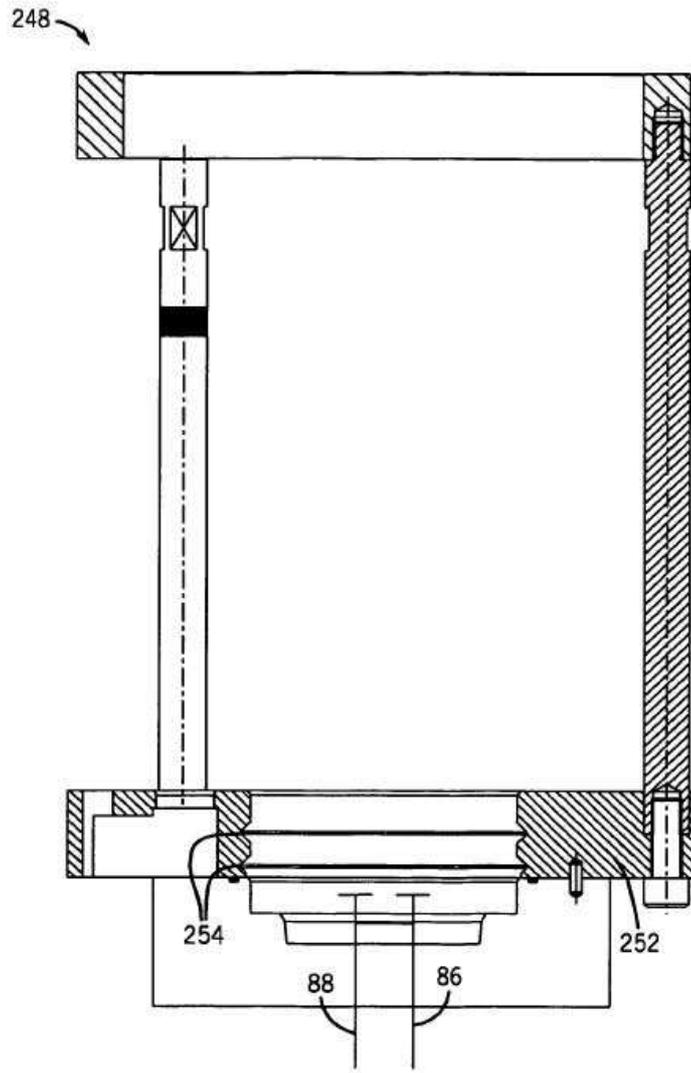
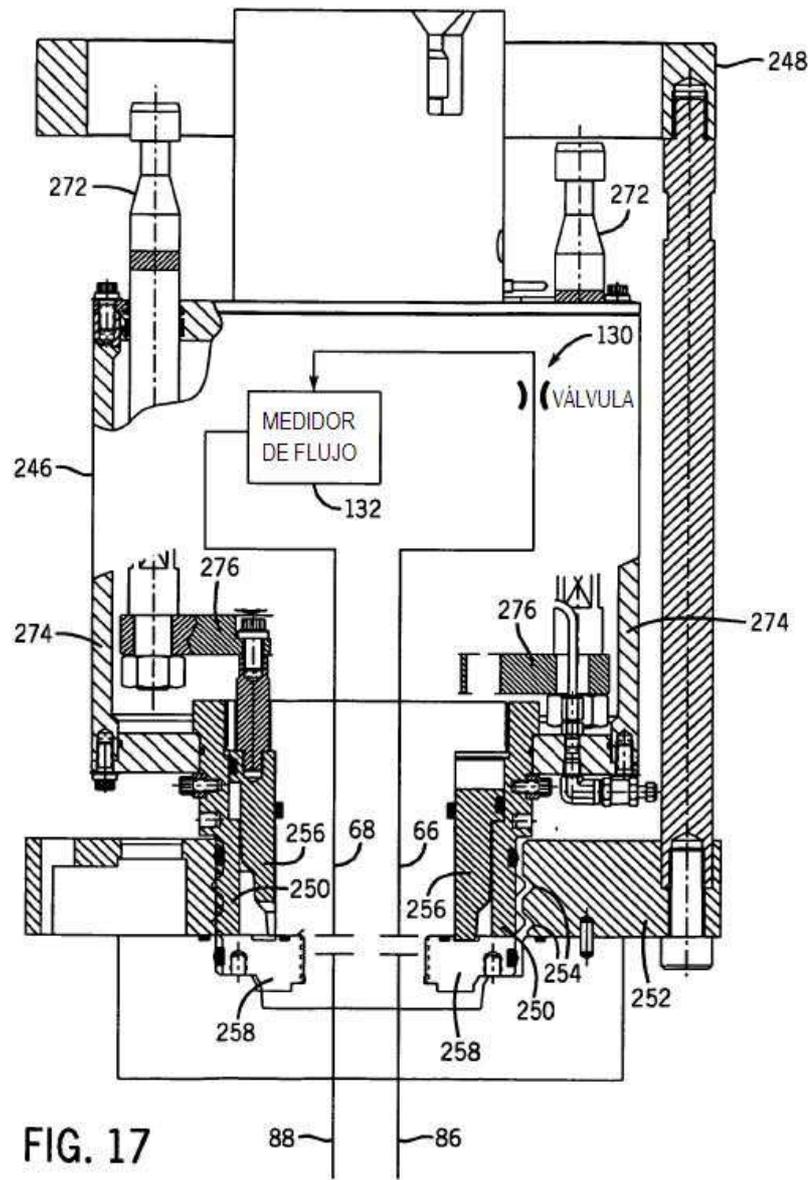


FIG. 16



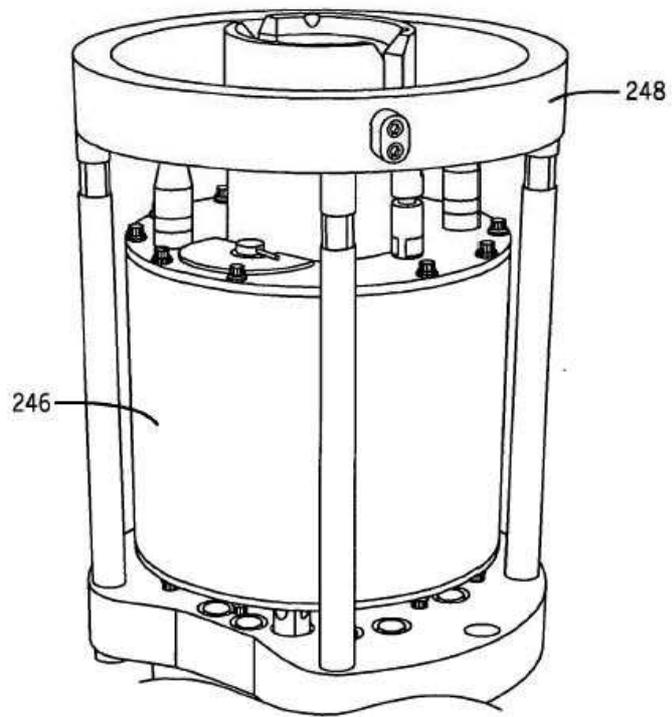


FIG. 18

