

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 713 959**

51 Int. Cl.:

F16N 29/00 (2006.01)

F16N 7/00 (2006.01)

F16N 29/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.01.2010** **PCT/US2010/021503**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.07.2010** **WO10085489**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2010** **E 10733810 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019** **EP 2389532**

54 Título: **Sistema de lubricación de alta presión**

30 Prioridad:

21.01.2009 US 146224 P

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

24.05.2019

73 Titular/es:

TF HUDGINS INC. (100.0%)
4405 Director's Row
Houston, TX 77092, US

72 Inventor/es:

CAROTHERS, TODD;
WALKER, CORY;
PULLIN, WILLIAM, H. y
BENNETT, TERRY

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 713 959 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

Sistema de lubricación de alta presión

Antecedentes de la invención

[1] Los sistemas de lubricación de alta presión suministran lubricante a uno o más puntos de uso, e incluyen lubricadores de cajas de alimentación forzada y otros sistemas autónomos y son un método económico, adecuado y fiable de dispensar la lubricación a bombas y compresores.

[2] Los sistemas de lubricación de alta presión se utilizan a menudo en combinación con compresores de gas alternativos. Los compresores de gas alternativos se utilizan en muchas industrias y comprenden muchos tipos diferentes de gases a altas presiones. Una de las aplicaciones de lubricación más críticas y exigentes es el suministro de lubricación de alta presión a compresores de resinas de polietileno de baja densidad (LDPE). En el proceso de fabricación de LDPE, el polietileno puede alcanzar presiones tan altas como 55 000 PSI. Por tanto, es muy importante suministrar un volumen preciso de lubricante para el funcionamiento del compresor y para incrementar la vida útil de los componentes. Además, dada la naturaleza del producto final, el aceite de calidad alimentaria debe utilizarse para lubricar los compresores de LDPE.

[3] Las unidades de bombeo selladas, como los lubricadores de cajas de alimentación forzada, tienen la ventaja de que son relativamente fáciles de extraer para el mantenimiento, ya que se puede desmontar por completo el lubricador de la instalación. Las unidades también permiten añadir o cambiar bombas individuales para modificar el número de bombas necesarias o la presión nominal de las tasas individuales. A pesar de estas ventajas, las unidades de bombeo de los lubricadores están equipadas actualmente con un sistema de alimentación visual integral que muestra el flujo de lubricante en cada línea. El flujo no puede medirse ni confirmarse con precisión. Además, el uso de aceite de calidad alimentaria produce un desgaste excesivo de los casquillos de las palancas y árboles de levas, lo que provoca fallos mecánicos en estas piezas. A menudo se desprenden metales de estas piezas que terminan en el depósito de aceite y son transportados hasta la bomba del compresor.

[4] La patente US 2004/255656 A1 describe el monitor de un sistema de lubricación de máquinas que recoge información sobre la presión, el caudal y la temperatura del lubricante y calcula en función de ello una señal de magnitud sustancialmente constante que representa el funcionamiento normal de la máquina. Una desviación indica un funcionamiento anómalo y potencialmente perjudicial de la máquina. En consecuencia, se puede detectar una variación de la viscosidad del aceite lubricante, una temperatura operativa excesiva o el cambio en la trayectoria del flujo de aceite, por ejemplo, una fuga, en un suministro de fluido lubricante presurizado y evitar así que se produzcan daños en la máquina.

[5] La patente WO 03/072911 A1 describe un dispositivo y un método para optimizar en tiempo real las propiedades del aceite lubricante del motor en respuesta a las condiciones operativas reales. Se describe un método que comprende la medición, directa o indirecta, de un parámetro de interés del sistema cerca de un punto de interés, calculando a partir de dicho parámetro(s) o entrada(s) la cantidad de un fluido secundario seleccionado de entre los potenciadores del rendimiento, lubricante base adicional, lubricante de formulación alternativa o diluyente que debe agregarse al lubricante base; y complementando dicho lubricante base con dicho fluido secundario antes de introducir la combinación en el punto monitorizado.

[6] La patente US 3876037A describe un dispositivo sensor del nivel de líquido destinado a detectar el nivel de aceite en el cárter de un motor con medios para el llenado del cárter con aceite de un depósito de reserva si el nivel de aceite está por debajo del nivel deseado. Si el nivel de aceite está por debajo del nivel deseado, una válvula solenoide abre un conducto en un depósito de reserva y el cárter se llena automáticamente. La patente US 5102567 A describe un aceite lubricante de grado alimentario mejorado de alto rendimiento que lubrica eficazmente los cojinetes, engranajes y mecanismos deslizantes presentes en los equipos de la industria alimentaria.

[7] La patente US 4913108 A reivindica un sistema de lubricación sin retorno de un motor de combustión interna de dos ciclos, un sistema de lubricación para el suministro de lubricante de dicho depósito al motor para su lubricación y el consumo en el mismo sin retorno a ese depósito de lubricante, los medios para medir la cantidad de lubricante que fluye a través de dicho sistema, y los medios para proporcionar una señal en el caso de que la cantidad de flujo de lubricante medido sea inferior a una cantidad predeterminada.

[8] La patente US 2294830 A describe un sistema de alarma de presión de aceite lubricante y, en particular, un sistema de alarma para llamar la atención sobre cualquier caída de presión que pudiera ser perjudicial en caso de que el operador no pudiera prestar una atención inmediata.

Breve descripción de la invención

[9] Se detalla un aparato según la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes 2 a 5 definen otras realizaciones. El sistema de lubricación descrito aquí proporciona la capacidad de monitorizar con precisión el flujo de lubricante a un punto de inyección de la máquina y mejora todavía más el estado de la técnica del suministro de lubricación a las máquinas que operan a alta presión al integrar depósitos de aceite dobles que pueden contener varios tipos de aceite para acabar con los problemas de mantenimiento y desgaste. El uso de una bomba de alimentación presurizada y uno o más filtros prolonga aún más la vida útil del sistema de lubricación y evita el uso de equipos innecesarios y tiempos de parada de los procesos. Este sistema de lubricación también proporciona

sistemas de control y supervisión operados por ordenador para monitorizar las alarmas individuales de los puntos de lubricación, avisando de la pérdida inmediata de lubricación y controlando la cantidad de lubricante que se envía al punto de inyección de la máquina.

Breve descripción de las diferentes vistas de los esquemas

- 5 [10] La figura 1 muestra un sistema de lubricación de la técnica anterior, un lubricador de caja de alimentación forzada.
- [11] La figura 2 muestra una bomba de pistón que se utiliza en un lubricador de caja de alimentación forzada.
- [12] La figura 3 es un esquema del sistema de lubricación de alta presión según la invención.
- 10 [13] La figura 4 detalla un corte transversal de la bomba presurizada útil en conexión con el sistema de lubricación de alta presión según la invención.
- [14] La figura 5 muestra el flujo en una válvula divisora que se puede usar como parte del medidor de flujo del sistema de lubricación 2- f según la invención.

Descripción detallada de la invención

- 15 [15] La lubricación es importante para el funcionamiento de una válvula. En un sistema de alta presión, el sistema de lubricación debe superar presiones operativas de hasta 55 000 psi para inyectar lubricante en un cilindro compresor de gas alternativo u otras bombas de alta presión. Por tanto, las bombas de lubricación utilizadas en conexión con el sistema de lubricación que aquí se describe están clasificadas para alcanzar presiones de 60 000 psi.
- 20 [16] Un tipo de sistema de lubricación de alta presión de "bombeo al punto" de la técnica anterior se conoce como lubricador de caja de alimentación forzada. Este tipo de sistema de lubricación de circuito cerrado utiliza una o más bombas de alimentación por succión (también conocidas como bombas de pistón) montadas en un depósito común. Como se muestra en la Figura 1, cada una de estas bombas de pistón es capaz de bombear pequeños caudales de aceite mineral o sintético (de calidad alimentaria) a un solo punto de inyección de la maquinaria. Como se muestra en la Figura 2, las bombas de pistón de forma típica son accionadas por levas individuales en un solo árbol de levas (a veces llamado cigüeñal) que se pueden ajustar en una escala de 1 a 30 gotas por carrera. Los cojinetes de soporte intermedios del árbol de levas están montados en la parte inferior de un canal interior dentro del depósito para proporcionar la máxima rigidez sin añadir longitud. En funcionamiento, la rotación del árbol de levas acciona una palanca o el balancín de la bomba para accionar el pistón de la bomba. En la bajada del pistón, la presión del muelle se ejerce sobre el pistón de la bomba haciendo que siga al árbol de levas. A medida que el árbol de levas se mueve hacia abajo, se genera una reducción de la presión entre el pistón y la válvula de retención y la válvula se cierra. En la carrera ascendente del pistón, el aceite del cilindro se inyecta a través de la válvula de retención de descarga al punto de inyección de la máquina.
- 25 [17] Se genera presión negativa en el cilindro en la carrera de bajada del pistón de la bomba, asentando positivamente la válvula de descarga de asiento accionada por muelle y abriendo el puerto de entrada desde el pozo de la cámara de visión. (Figura 2) Esto hace que el fluido en el pozo de la cámara de visión fluya hacia el cilindro de la bomba despresurizada, generando una reducción de la presión en la cámara de alimentación visual. Como resultado de este desequilibrio de presión, una cantidad de aceite medida visualmente se ve forzada a través del tubo de goteo en el pozo de visión. En la carrera ascendente, el pistón (a veces llamado émbolo) cierra el puerto de entrada y el aceite es forzado bajo la presión del sistema sobre la válvula de descarga de asiento hasta el punto de inyección de la máquina (es decir, el punto de lubricación en el compresor de gas alternativo). El puerto de entrada proporciona un anillo anular alrededor del émbolo y un canal a una cámara de alimentación/visual. Cualquier pérdida de lubricante entre el émbolo y el cilindro en la carrera de descarga vuelve a la cámara de alimentación/visión, aunque la cantidad de lubricante que se ve salir del tubo de goteo se considera equivalente a la que se envía al punto de inyección de la máquina.
- 30 [18] Los sistemas de lubricación actuales son propensos a fallar por muchas razones. En primer lugar, el aceite lubricante del compresor en el depósito también se utiliza como lubricante para la interconexión de la palanca/casquillo y el árbol de levas. Estos sistemas se utilizan en procesos de LDPE que requieren lubricantes de calidad alimentaria como el aceite mineral, que son aceites de baja capacidad de carga y pueden descomponerse bajo presiones extremas. Debido al bajo rendimiento de este tipo de aceites, comienza a producirse un desgaste excesivo en el casquillo de la palanca y en el árbol de levas, lo que provoca fallos mecánicos en estas piezas. Además, los metales de desgaste que se desprenden de estas piezas terminan en el depósito y son transportados a la bomba. Para alcanzar una elevada presión, las bombas tienen tolerancias extremadamente estrechas en los sellados de metal-metal entre el pistón y el cilindro. Los residuos metálicos pueden rayar estas superficies y provocar el fallo de la bomba. Además, es difícil medir la cantidad de lubricante que realmente llega al punto de la máquina.
- 35 [19] En la actualidad, un operador cuenta el número de gotas en el indicador de visión a lo largo del tiempo. Las gotas por minuto se convierten manualmente en pintas por día. Por tanto, hay problemas con estos métodos y dispositivos, especialmente debido a errores humanos y a nivel de controlar con precisión la cantidad de lubricante que llega al punto de la máquina.
- 40
- 45
- 50
- 55

[19] La figura 3 representa el sistema de lubricación mejorado 100 según la invención. Este sistema de lubricación de alta presión comprende una o más bombas de alimentación presurizadas 10 (también denominadas "bomba de lubricación de alta presión"), una bomba de suministro de baja o alta presión 12, un primer depósito que contiene lubricante para ser utilizado por la bomba de alimentación presurizada, un segundo depósito 16 ("también denominado "depósito de alimentación"), un medidor de flujo 18, una válvula reguladora 22, un postfiltro 26, una válvula de alivio de presión y un sistema de control electrónico 30. El postfiltro 26 puede estar situado entre la salida del medidor de flujo 18 y la entrada de la válvula reguladora 22. También se puede utilizar un segundo depósito opcional para alta presión (no se muestra). Las bombas de suministro de alta y baja presión pueden ser accionadas neumática, hidráulica o eléctricamente. Además, el sistema de lubricación puede utilizar un filtro adicional, un prefiltro 24 ubicado aguas arriba del medidor de flujo 18.

[20] En funcionamiento, el segundo depósito 16 contiene el aceite de calidad alimentaria que se bombea a través del medidor de flujo 18 vía la bomba de suministro de baja presión 12 y a través del postfiltro 26 para filtrar las posibles contenciones. Opcionalmente se puede utilizar un prefiltro 24 situado antes de la bomba de suministro de baja presión 12. La bomba de suministro de baja presión 12 proporciona una presión sostenida al medidor de flujo 18 y puede proporcionar energía bajo demanda. La presión del lubricante suministrada por el medidor de flujo 18 se sitúa entre 75 y 10.000 psi. La bomba de suministro de baja presión 12 puede ser neumática, hidráulica o eléctrica y proporciona relaciones de presión de fluido a aire de 5 a 80:1. HEYPAC en Gran Bretaña fabrica actualmente una de estas bombas. Otras bombas útiles incluyen las fabricadas por Haskell, Trabon, Lincoln, Faval, Alemite y Parker-Hannifm.

[21] Existen numerosos tipos de medidores de flujo disponibles para los sistemas de tuberías cerradas. Por lo tanto, los tipos de medidores de flujo que pueden ser útiles en el sistema de lubricación aquí descrito los describe en detalle Seil Enterprise Co bajo la marca registrada Maxiflo y en su sitio web: <http://www.maxiflo.co.kr/English/Technology/flowmetertypes.htm#Orifices>.

[22] En general, el equipo puede ser clasificado como medidores de presión diferencial, desplazamiento positivo, velocidad y masa. Los dispositivos de presión diferencial (también conocidos como medidores de carga de presión) incluyen orificios, tubos Venturi, tubos de flujo, boquillas de flujo, tubos piloto, medidores de grifo acodados, medidores de blancos y medidores de área variable. Los medidores de desplazamiento positivo incluyen los tipos de pistón, engranaje ovalado, disco nutante y de paletas rotativas. Los medidores de velocidad consisten en diseños de turbinas, desprendimiento de vórtices, electromagnéticos y sónicos. Los medidores de masa incluyen los de tipo Coriolis y tipo térmico. La medición de los flujos de líquido en canales abiertos generalmente implica presas y conductos.

[23] El uso de la presión diferencial como una medida inferida de la tasa de flujo de un líquido es bien conocida. Los medidores de flujo de presión diferencial son, con una gran diferencia, de uso común en la actualidad. Se estima que más del 50 % de todas las aplicaciones de medición de flujo de líquidos utilizan este tipo de unidad.

[24] El principio operativo básico de los medidores de flujo de presión diferencial se basa en la premisa de que la caída de presión a través del medidor es proporcional al cuadrado del caudal. El caudal se obtiene midiendo la presión diferencial y extrayendo la raíz cuadrada. Los medidores de flujo de presión diferencial, como la mayoría de los medidores de flujo, tienen un elemento principal y uno secundario. El elemento principal causa un cambio en la energía cinética, que genera la presión diferencial en la tubería. La unidad debe estar adecuadamente adaptada al tamaño de la tubería, a las condiciones de flujo y a las propiedades del líquido. Además, la precisión de la medición del elemento debe ser buena en un rango razonable. El elemento secundario mide la presión diferencial y proporciona la señal o lectura que se convierte en el valor de flujo real.

[25] Los orificios son uno de los medidores de flujo de líquido más populares que se utilizan hoy en día. Un orificio es simplemente una pieza de metal plana con un orificio perforado de tamaño específico. La mayoría de orificios son de tipo concéntrico, pero también hay disponibles diseños excéntricos, cónicos (cuadrantes) y segmentarios. En la práctica, la placa del orificio se instala en la tubería entre dos bridas. Actuando como el dispositivo principal, el orificio contrae el flujo de líquido para producir una presión diferencial a través de la placa. Los grifos de presión a ambos lados de la placa se utilizan para detectar la diferencia. Las principales ventajas de los orificios son que no tienen piezas móviles y su coste no aumenta significativamente con el tamaño de la tubería. Los orificios cónicos y de cuadrante son relativamente nuevos. Las unidades han sido desarrolladas principalmente para medir líquidos con números de Reynolds bajos. Esencialmente, los coeficientes de flujo constante pueden mantenerse en valores de R por debajo de 5000. Las placas de orificio cónicas tienen un bisel aguas arriba, cuya profundidad y ángulo deben ser calculados y mecanizados para cada aplicación.

[26] La cuña segmentaria es una variación del orificio segmentario. Es un orificio de restricción diseñado principalmente para medir el flujo de líquidos que contienen sólidos. La unidad tiene la capacidad de medir flujos en números de Reynolds bajos y aun así mantener la relación cuadrado-raíz deseada. Su diseño es sencillo, y solo hay una dimensión crítica, la separación de la cuña. La caída de presión a través de la unidad es solo la mitad de los orificios convencionales. Los conjuntos de cuña integrados combinan el elemento de cuña y los grifos de presión en un acoplamiento de tubería de una pieza atornillado a un transmisor de presión convencional. No se necesitan tuberías o accesorios especiales para instalar el dispositivo en una tubería. La precisión de la medición de todos los medidores de flujo de orificio depende de las condiciones de instalación, la ratio de área del orificio y las propiedades físicas del líquido que se está midiendo.

[27] Los tubos Venturi tienen la ventaja de poder gestionar grandes volúmenes de flujo con caídas de presión bajas. Un tubo Venturi es básicamente una sección de tubo con una entrada cónica y una garganta recta. A medida que el líquido pasa a través de la garganta, su velocidad aumenta, causando un diferencial de presión entre las zonas de entrada y salida.

5 [28] Los medidores de flujo no tienen piezas móviles. Pueden instalarse en tuberías de gran diámetro utilizando accesorios bridados, soldados o roscados. Normalmente se instalan cuatro o más grifos de presión con la unidad para calcular el promedio de la presión medida. Los tubos Venturi se pueden utilizar con la mayoría de líquidos, incluyendo aquellos que tienen un alto contenido de sólidos.

10 [29] Los tubos de flujo son algo similares a los tubos Venturi, excepto que no tienen el cono de entrada. Tienen una garganta cónica, pero la salida es alargada y lisa. La distancia entre la cara delantera y la punta es aproximadamente la mitad del diámetro del tubo. Los grifos de presión se encuentran aproximadamente a medio diámetro de la tubería aguas abajo y a un diámetro de la tubería aguas arriba.

15 [30] Las boquillas de flujo, a altas velocidades, pueden gestionar aproximadamente un 60 % más de flujo de líquido que las placas de orificios que tienen la misma caída de presión. También se pueden medir líquidos con sólidos en suspensión. Sin embargo, no es recomendable utilizar las unidades para líquidos altamente viscosos o que contengan grandes cantidades de sólidos pegajosos.

20 [31] Los tubos Pitot detectan dos presiones simultáneamente: impacto y estática. La unidad de impacto se compone de un tubo con un extremo doblado en ángulo recto hacia la dirección del flujo. El extremo del tubo estático está cerrado, pero hay una pequeña ranura en un lado de la unidad. Los tubos pueden montarse por separado en un tubo o combinados en una sola carcasa.

[32] Los tubos Pitot se instalan generalmente soldando un acoplamiento a un tubo e insertando la sonda a través del acoplamiento. El uso de la mayoría de los tubos Pitot está limitado a mediciones de un solo punto. Las unidades son susceptibles a la obstrucción de cuerpos extraños en el líquido. Las ventajas de los tubos Pitot son su bajo coste, la ausencia de piezas móviles, su fácil instalación y una mínima caída de presión.

25 [33] Los medidores de grifo acodados funcionan según el principio de que cuando el líquido se desplaza en una trayectoria circular, se ejerce una fuerza centrífuga a lo largo de los bordes exteriores. Así, cuando el líquido fluye a través de un codo de tubería, la fuerza en la superficie interior del codo es proporcional a la densidad del líquido multiplicada por el cuadrado de su velocidad. Además, la fuerza es inversamente proporcional al radio del codo.

Medidores de desplazamiento positivo

30 [34] El funcionamiento de estas unidades consiste en separar los líquidos en incrementos medidos de forma precisa y moverlos. Cada segmento se cuenta mediante un registro de conexión. Debido a que cada incremento representa un volumen discreto, las unidades de desplazamiento positivo se utilizan muy a menudo en aplicaciones de contabilidad y procesamiento automático de lotes. Los medidores de desplazamiento positivo son buenos candidatos para medir los flujos de líquidos viscosos o para usar cuando se necesita un sistema de medición mecánico simple.

35 [35] Los medidores de pistón alternativos son del tipo de uno o varios pistones e incluyen medidores de tipo progresivo en serie. La elección específica depende de la gama de caudales requeridos en la aplicación particular. Los medidores de pistón se pueden utilizar para gestionar una amplia variedad de líquidos. En la fig. 4 se puede ver un medidor de pistón oscilante de accionamiento magnético. El líquido nunca entra en contacto con los engranajes u otras piezas que puedan obstruirse o corroerse. Cuando se utiliza un tipo de medidor progresivo en serie, una cantidad precisa de lubricante pasa desde la entrada y se mide en cada cámara antes de pasar a la salida del medidor.

[36] Los medidores de engranajes ovalados tienen dos engranajes giratorios de forma ovalada con dientes sincronizados y ajustados. Una cantidad fija de líquido pasa a través del medidor por cada revolución. La rotación del eje puede ser monitorizada obtener caudales específicos.

45 [37] Los medidores de disco nutante tienen un disco móvil montado sobre una esfera concéntrica ubicada en una cámara esférica de paredes laterales. La presión del líquido que pasa a través de la cámara de medición hace que el disco se balancee en una trayectoria de circulación sin girar sobre su propio eje. Es la única pieza móvil de la cámara de medición.

50 [38] Un pasador que se extiende perpendicularmente desde el disco está conectado a un contador mecánico que supervisa los movimientos oscilantes del disco. Cada ciclo es proporcional a una cantidad específica de flujo. Como ocurre con todos los medidores de desplazamiento positivo, las variaciones de viscosidad por debajo de un umbral determinado afectarán a las precisiones de medición. Hay muchos tamaños y capacidades disponibles. Las unidades pueden fabricarse con una amplia selección de materiales de construcción.

55 [39] Los contadores de paletas rotativas están disponibles en varios diseños, pero todos funcionan según el mismo principio. La unidad básica consiste en un impulsor giratorio y dividido en partes iguales (que contiene dos o más compartimentos) montado dentro de la carcasa del medidor. El impulsor está en contacto continuo con la carcasa. Un volumen fijo de líquido es barrido a la salida del medidor desde cada compartimento a medida que el impulsor gira. Las revoluciones del impulsor se cuentan y se registran en unidades volumétricas.

[40] Los medidores de flujo de hélice se componen de dos rotores helicoidales radicalmente inclinados engranados entre sí, con una pequeña separación entre los rotores y la carcasa. Los dos rotores desplazan el líquido axialmente de un extremo de la cámara al otro.

Medidores de velocidad

- 5 [41] Estos instrumentos funcionan linealmente con respecto al caudal del volumen. Debido a que no existe una relación de raíz cuadrada (como en el caso de los dispositivos de presión diferencial), su capacidad de alcance es mayor. Los medidores de velocidad tienen una sensibilidad mínima a los cambios de viscosidad cuando se usan en números de Reynolds superiores a 10 000. La mayoría de las carcasas de los medidores de velocidad están equipadas con bridas o accesorios que permiten su conexión directa a las tuberías.
- 10 [42] Los medidores de turbina se utilizan de forma generalizada en aplicaciones de medición precisa de líquidos. La unidad se compone de un rotor de palas múltiples montado con un tubo, perpendicular al flujo de líquido. El rotor gira a medida que el líquido pasa a través de las palas. La velocidad de rotación es una función directa del caudal y puede ser detectada por medio de un captador magnético, una célula fotoeléctrica o engranajes. Los impulsos eléctricos se pueden contar y totalizar, Fig. 5.
- 15 [43] El número de impulsos eléctricos contados para un período de tiempo determinado es directamente proporcional al volumen de flujo. Se puede añadir un tacómetro para medir la velocidad de rotación de la turbina y para determinar el caudal de líquido. Los medidores de turbina, cuando se especifican e instalan correctamente, tienen buena precisión, especialmente con líquidos de baja viscosidad.
- 20 [44] Uno de los principales problemas de los medidores de turbina es el desgaste de los cojinetes. Para evitar este problema, se ha desarrollado un diseño "sin cojinetes". El líquido que entra en el medidor se desplaza a través de las paletas en espiral de un estator que imparte rotación a la corriente de líquido. La corriente actúa sobre una esfera, haciendo que orbite en el espacio entre el primer estator y un segundo estator con espirales similares. El movimiento orbital de la esfera se detecta electrónicamente. La frecuencia de la salida de impulsos resultante es proporcional al caudal.
- 25 [45] Los medidores de vórtices hacen uso de un fenómeno natural que ocurre cuando un líquido fluye alrededor de un objeto no aerodinámico. Los remolinos o vórtices se desprenden alternativamente aguas abajo del objeto. La frecuencia del desprendimiento de los vórtices es directamente proporcional a la velocidad del líquido que fluye a través del medidor, Fig. 6.
- 30 [46] Los tres componentes principales del medidor de flujo son un cuerpo no aerodinámico con puntal de montaje a través del diámetro interior del medidor de flujo, un sensor para detectar la presencia del vórtice y generar un impulso eléctrico, y un transmisor de amplificación y acondicionamiento de la señal cuya salida es proporcional al caudal, Fig. 7. El medidor es igualmente adecuado para mediciones de caudal o totalización de caudal. No se recomienda el uso para todos o líquidos de alta viscosidad.
- [47] Medidor de remolinos. El principio de funcionamiento de un medidor de flujo de remolinos es el siguiente.
- 35 El cuerpo del medidor tiene un conjunto de palas soldadas en la entrada, que se denomina el ciclonizador. Estas palas imparten una velocidad tangencial (o remolino) a los líquidos, gases o vapores. El fluido es entonces acelerado por una reducción en el diámetro interior del cuerpo del medidor. Un sensor piezoeléctrico se encuentra en el centro del medidor en el punto de máxima velocidad del fluido. El flujo se desacelera cuando se acerca a la salida del medidor debido a un aumento en el diámetro interior del cuerpo del medidor. Un ciclonizador inverso está soldado al
- 40 cuerpo del medidor cerca de la salida. Este ciclonizador inverso elimina la velocidad tangencial impartida al fluido en la entrada de modo que otra instrumentación aguas abajo del medidor no se vea afectada por su operación.
- [48] Un medidor de flujo de remolinos consta de un cuerpo del medidor de flujo y de la carcasa que aloja la electrónica (la electrónica se puede instalar de forma remota para mayor seguridad o comodidad). Los medidores de remolinos solo están disponibles con cuerpos de medidores bridados. La opción de obleas no está disponible, como
- 45 sí lo está para los medidores de vórtices. Los medidores de remolinos utilizan los mismos sensores y electrónica que los medidores de vórtices, solo que los cuerpos de los medidores difieren en su diseño. Los medidores de remolinos son más rentables si están fabricados en acero inoxidable, aunque también se ofrecen en Hastelloy. Los medidores de remolinos están disponibles en tamaños desde ½ hasta 16 pulgadas, y disponen de opciones para bridas de acoplamiento ANSI 150, 300 o 600.
- 50 [49] La rotación primaria producida por el ciclonizador tiene en su centro una zona de baja presión. La zona de baja presión es lanzada en una rotación secundaria proporcional al caudal. Esta zona de baja presión giratoria puede compararse a un serpentín helicoidal. Con caudales bajos, los remolinos de baja presión están más separados (la bobina helicoidal se estira). Con caudales más altos, los remolinos de baja presión se acercan (la bobina se comprime). Áreas de presión ligeramente superior separan los remolinos de baja presión. El sensor se desviará (a la izquierda y luego a la derecha) cuando un remolino de presión pase de un lado a otro. La desviación alterna del
- 55 sensor produce una salida de tensión de onda sinusoidal, similar a la salida que se muestra en la sección de vórtices. La frecuencia de esta tensión de salida es la misma que la de las zonas de baja presión giratorias, por lo que es proporcional al caudal volumétrico.

[50] El factor del medidor de flujo de remolinos no muestra la misma desviación en números de Reynolds altos que el factor del medidor de vórtices. Esto ha sido verificado mediante pruebas en agua y aire en instalaciones independientes. Por esta razón, un factor de medidor de remolinos determinado por la calibración del agua es válido universalmente para todos los fluidos. El medidor de remolinos, basado en la calibración de agua, tiene una precisión publicada de 0,5 % de la velocidad de los líquidos, gases o vapor.

[51] Al igual que con el medidor de vórtices, la capacidad de alcance del medidor de remolinos está fijada por el tamaño del medidor y las propiedades del fluido. El sensor requiere un impulso de presión de fuerza mínima para poder distinguir la señal de flujo del ruido hidráulico. Mientras que el flujo turbulento es requerido en todo momento, el medidor de remolinos no tiene la misma limitación en el número de Reynolds, como lo tiene el medidor de vórtices y generalmente puede medir flujos más bajos. Por otro lado, el cuerpo del medidor de remolinos presenta más obstrucción al flujo que el medidor de vórtices, y genera mayores pérdidas de carga permanentes bajo condiciones similares. Por esta razón, el medidor de remolinos no mide los caudales tan altos como el medidor de vórtices. El medidor de remolinos, al igual que el medidor de vórtices, tiene una relación de reducción media de 10:1 o superior en líquidos, y de 20:1 o superior en gases y vapores. Sin embargo, el rango de flujo de un medidor de remolinos de 2 pulgadas será diferente al rango de flujo de un medidor de vórtices de 2 pulgadas bajo las mismas condiciones operativas. Al igual que en el caso de un medidor de vórtices, se selecciona el tamaño del medidor de remolinos para lograr el rango de flujo deseado dadas las condiciones del proceso, y nunca para que coincida con las tuberías del proceso. Los medidores de remolinos tienen que reducirse (usando un medidor de 2 pulgadas para tuberías de procesos de 3 pulgadas) con menos frecuencia que los medidores de vórtices. Los fabricantes ofrecen programas informáticos gratuitos que hacen que los medidores de flujo de remolinos sean rápidos y fáciles de usar.

Información de aplicación del medidor de flujo de remolinos

[52] Los medidores de remolinos cuestan alrededor de un 50 % más que los medidores de vórtices del mismo tamaño debido a la complejidad añadida y a los requisitos de soldadura. La regla general es utilizar el medidor de vórtices siempre que sea posible a efectos de costes, y usar el medidor de remolinos en los casos siguientes:

- Cuando las tuberías sean estrechas.
- Con líquidos más viscosos ($8 \text{ cp} < \mu < 30 \text{ cp}$).
- Cuando haya una menor capacidad de medición de flujo.
- Mayor precisión en gases y vapor.
- Cuando por el tamaño no es factible instalar un medidor de vórtices (pérdida de carga).
- Estos medidores son compatibles con líquidos, gases y vapor de baja viscosidad ($< 30 \text{ cp}$).

[53] Los medidores de remolinos se ven menos afectados por tantos parámetros del mundo real como las placas de orificios y los medidores de turbina, y son menos sensibles a los efectos de las tuberías que los medidores de vórtices. Los medidores de remolinos requieren solo 3 diámetros de tubería recta aguas arriba (independientemente de las curvas, válvulas, etc.), y 1 ó 3 diámetros de tubería recta aguas abajo (este último solo se requiere cuando una válvula de control está aguas abajo del medidor).

[54] Al igual que los medidores de vórtices, miden la velocidad e infieren el caudal volumétrico real a partir de la geometría conocida del cuerpo del medidor. Los medidores de remolinos se utilizan generalmente con los ordenadores de flujo para medir el caudal en unidades volumétricas o de masa estándar (junto con mediciones externas de presión y/o temperatura). El ordenador de flujo no es necesario si la densidad del fluido es constante. El cuerpo del medidor dispone de un grifo de presión para realizar la medición de la presión (mediante un sensor externo). El elemento de temperatura debe estar ubicado aguas abajo del medidor si es necesario.

[55] El medidor de remolinos no mide el flujo cero verdadero. Hay un punto de corte de flujo por debajo del cual la salida del medidor se fija automáticamente a cero (4 mA para salida analógica). Para la mayoría de las aplicaciones, esta limitación no supone ningún problema, ya que el medidor de remolinos tiene una buena capacidad de flujo bajo. Sin embargo, esto puede ser un inconveniente para las aplicaciones donde los flujos durante las operaciones de arranque o parada, u otras condiciones adversas, puedan ser muy diferentes que en condiciones operativas normales. Los usuarios pueden necesitar una indicación de flujo bajo tales alteraciones, incluso si no necesitan medir el flujo con precisión, haciendo que el uso del medidor de remolinos sea cuestionable.

[56] Los medidores de remolinos también pueden ser cuestionables para algunas aplicaciones de lotes, especialmente si la tubería no mantiene llena entre los lotes. El medidor no registrará el flujo a medida que el fluido acelera de cero al valor de corte, y a medida que el fluido se desacelera de nuevo a cero al final del lote. Los medidores de remolinos son unidireccionales y no medirán ni restarán ningún reflujo del total del lote. Esto puede generar errores de medición significativos, dependiendo de la dinámica del sistema y del tamaño del lote.

[57] Puede haber un problema potencial en la instalación de medidores de remolinos en procesos existentes donde el rango de flujo que se va a medir es completamente desconocido. Muchas veces, el técnico de instrumentos hace una estimación del rango de flujo. Un medidor de remolinos dimensionado para el rango de flujo incorrecto, o condiciones de proceso incorrectas, puede requerir ser sustituido por un medidor de tamaño completamente

diferente. Otros dispositivos, como los medidores de flujo magnéticos, las placas de orificios y los medidores de turbina, son más flexibles y pueden adaptarse fácilmente a las condiciones reales del proceso tras la instalación.

[58] La medición de flujos de gas cuando la presión de proceso es baja (gases de baja densidad) es menos problema para los medidores de remolinos que para los medidores de vórtices. Los gases de baja densidad se pueden medir con un medidor de remolinos, sin embargo, la variabilidad puede ser menor que el 20:1 mencionado anteriormente, y se debe tener extremo cuidado al seleccionar el medidor del tamaño correcto.

[59] La medición de flujos multifásicos tiene una precisión menor que la de los fluidos monofásicos. El medidor medirá el flujo de todas las fases presentes y lo registrará como que todo es líquido o gas (dependiendo de cómo esté configurado el medidor). La fase secundaria debe ser extraída, si es factible, antes del medidor para obtener la máxima precisión. Cualquier fase secundaria debe estar homogéneamente dispersa y no debe tener ningún potencial para adherirse o recubrir el medidor. No hay pruebas que sugieran que un medidor de remolinos tenga alguna ventaja sobre un medidor de vórtices en cuanto a la medición de flujos multifásicos.

[60] También se debe tener en cuenta la caída de presión al seleccionar un medidor de remolinos. Los destellos y la cavitación tienen un efecto adverso en la precisión del medidor y pueden dañarlo. Anteriormente se había dicho que un medidor de remolinos produce mayores pérdidas de carga que un medidor de vórtices en las mismas condiciones, hasta cinco veces más altas. Sin embargo, esta no es una comparación justa. En la práctica real, la pérdida de carga en el medidor de remolinos es aproximadamente la misma que en el medidor de vórtices, porque generalmente se utiliza un medidor de remolinos de mayor tamaño que el medidor de vórtices para gestionar la misma aplicación. Los fluidos que tienden a formar recubrimientos son malas aplicaciones para los medidores de remolinos.

[61] Los medidores electromagnéticos pueden gestionar la mayoría de líquidos y lodos, siempre y cuando el material que se mida sea eléctricamente conductor. Uno de los componentes principales es el tubo de flujo (elemento principal), Fig. 8. El tubo de flujo se monta directamente en la tubería. La caída de presión a través del medidor es la misma que a través de una tubería de longitud equivalente porque no hay piezas móviles u obstrucciones al flujo. El voltímetro puede conectarse directamente al tubo de flujo o puede instalarse de forma remota y conectarse a él con un cable blindado.

[62] Los medidores de flujo electromagnético funcionan según la ley de Faraday de inducción electromagnética que establece que se inducirá tensión cuando un conductor se mueva a través de un campo magnético. El líquido sirve como conductor; el campo magnético se crea mediante bobinas activadas fuera del tubo de flujo, Fig. 9. La cantidad de tensión producida es directamente proporcional al caudal. Dos electrodos montados en la pared de la tubería detectan la tensión que es medida por el elemento secundario.

[63] Los medidores de flujo electromagnéticos tienen grandes ventajas: Pueden medir líquidos y lodos difíciles y corrosivos; y pueden medir el flujo hacia delante y hacia atrás con la misma precisión. Las desventajas de los diseños anteriores eran el alto consumo de energía y la necesidad de obtener una tubería completa y sin flujo para ajustar inicialmente el medidor a cero. Las mejoras recientes han eliminado estos problemas. Las técnicas de excitación por impulsos han reducido el consumo de energía, ya que la excitación se produce solo la mitad del tiempo en la unidad. Ya no es necesario realizar ajustes a cero.

Los medidores de flujo ultrasónicos se pueden dividir en medidores Doppler y medidores de tiempo de desplazamiento (o de tránsito).

[64] Los medidores Doppler miden los cambios de frecuencia causados por el flujo de líquido. Hay dos transductores (uno para transmitir y el otro para recibir la señal) montados en una caja junto a la tubería. Una señal de frecuencia conocida se envía al líquido que se va a medir. Los sólidos, las burbujas o cualquier discontinuidad en el líquido hacen que el impulso se refleje en el elemento receptor, Fig. 10. Debido a que el líquido que causa la reflexión se mueve, la frecuencia del impulso de retorno se desplaza. El cambio de frecuencia es proporcional a la velocidad del líquido.

[65] Recientemente se ha desarrollado un medidor Doppler portátil que puede funcionar con corriente alterna o con una fuente de alimentación recargable. Los cabezales sensores se fijan simplemente en el exterior de la tubería y el instrumento está listo para el uso. El peso total, incluyendo la caja, es de unos 10 kg (22 libras). Un juego de terminales de salida de 4 a 20 miliamperios permite conectar la unidad a un registrador de banda u otro dispositivo remoto.

[66] Debido a que se requieren partículas sólidas o gases en suspensión para la medición, los medidores Doppler no son apropiados para líquidos limpios. En general, los medidores de flujo Doppler son menos precisos que los medidores de flujo TOF, sin embargo, son menos caros.

[67] Los medidores de tiempo de desplazamiento (tiempo de tránsito) tienen transductores montados en cada lado de la tubería. La configuración es tal que las ondas sonoras que se desplazan entre los dispositivos están en un ángulo de 45 grados con respecto a la dirección del flujo del líquido. La velocidad de la señal que se desplaza entre los transductores aumenta o disminuye con la dirección de transmisión y la velocidad del líquido que se mide. Se puede obtener una relación tiempo-diferencial proporcional al flujo transmitiendo la señal alternativamente en ambas direcciones.

[68] Una limitación de los medidores de tiempo de desplazamiento es que los líquidos que se miden deben estar relativamente libres de gas o sólidos en suspensión para minimizar la absorción y la dispersión de la señal.

Medidores de flujo de masa

[69] La continua necesidad de mediciones de flujo más precisas en procesos relacionados con la masa (reacciones químicas, transferencia de calor, etc.) ha dado como resultado el desarrollo de medidores de flujo de masa. Existen varios diseños disponibles, pero el más utilizado para aplicaciones de flujo de líquidos es el medidor Coriolis. Su funcionamiento se basa en el fenómeno natural llamado fuerza de Coriolis, de ahí su nombre.

[70] Los medidores Coriolis son verdaderos medidores de masa que miden el índice de flujo másico directamente en oposición al flujo volumétrico. Debido a que la masa no cambia, el medidor es lineal sin que se tenga que ajustar para las variaciones en las propiedades de los líquidos. También elimina la necesidad de compensar los cambios en las condiciones de temperatura y presión. El medidor es especialmente útil para medir líquidos cuya viscosidad varía con la velocidad a temperaturas y presiones determinadas.

[71] Los medidores Coriolis también están disponibles en varios diseños. Una unidad popular consiste en un tubo de flujo en forma de U encerrado en una carcasa del sensor conectada a una unidad electrónica. La unidad del sensor puede instalarse directamente en cualquier proceso. La unidad electrónica se puede colocar a una distancia de hasta 500 pies del sensor.

[72] Dentro de la carcasa del sensor, se hace vibrar el tubo de flujo en forma de U a su frecuencia natural mediante un dispositivo magnético situado en la curva del tubo. La vibración es similar a la de un diapasón, cubriendo menos de 0,1 pulgadas y realizando un ciclo completo de aproximadamente 80 veces por segundo. A medida que el líquido fluye a través del tubo, es forzado a adoptar el movimiento vertical del tubo, Fig. 11. Cuando el tubo se mueve hacia arriba durante la mitad de su ciclo, el líquido que fluye hacia el medidor se resiste a ser forzado hacia arriba empujando el tubo hacia abajo.

[73] Al ser forzado hacia arriba, el líquido que sale del medidor se resiste a que su movimiento vertical disminuya al empujar hacia arriba el tubo. Esta acción hace que el tubo se retuerza. Cuando el tubo se mueve hacia abajo durante la segunda mitad de su ciclo de vibración, gira en la dirección opuesta.

[74] Al ser forzado hacia arriba, el líquido que sale del medidor se resiste a que su movimiento vertical disminuya al empujar hacia arriba el tubo. Esta acción hace que el tubo se retuerza. Cuando el tubo se mueve hacia abajo durante la segunda mitad de su ciclo de vibración, gira en la dirección opuesta. La cantidad de torsión es directamente proporcional al caudal másico del líquido que fluye a través del tubo. Los sensores magnéticos situados a cada lado del tubo de flujo miden las velocidades del tubo, que cambian a medida que éste se retuerce. Los sensores introducen esta información en la unidad electrónica, donde es procesada y convertida a una tensión proporcional al caudal de masa. El medidor tiene una amplia gama de aplicaciones, desde adhesivos y revestimientos hasta nitrógeno líquido.

[75] Este medidor tiene una precisión extremadamente alta, pero también puede producir una caída de presión elevada.

[76] Los medidores de flujo de masa de tipo térmico se han utilizado tradicionalmente para mediciones de gas, pero existen diseños para mediciones de flujo de líquidos. Estos medidores de masa también funcionan independientemente de la densidad, presión y viscosidad. Los medidores térmicos utilizan un elemento sensor calentado aislado de la trayectoria del flujo de fluido. La corriente de flujo conduce el calor del elemento sensor. El calor conducido es directamente proporcional al caudal de masa. El sensor nunca entra en contacto directo con el líquido, Fig. 12. A través de las calibraciones preexistentes incorporadas, el diferencial de temperatura se traduce a flujo másico. La precisión del dispositivo de flujo másico térmico depende de la fiabilidad de las calibraciones del gas o líquido de proceso reales y de las variaciones en la temperatura, presión, caudal, capacidad térmica y viscosidad del fluido. El paquete electrónico incluye el analizador de flujo, el compensador de temperatura y un acondicionador de señal que proporciona una salida lineal directamente proporcional al flujo másico.

Medidores de canal abierto

[77] El "canal abierto" se refiere a cualquier conducto por el que fluye líquido con una superficie libre. Se incluyen túneles, alcantarillas no presurizadas, tuberías parcialmente llenas, canales, arroyos y ríos. De las muchas técnicas disponibles para monitorizar flujos en canales abiertos, los métodos relacionados con la profundidad son los más comunes. Estas técnicas suponen que el caudal instantáneo puede determinarse a partir de una medición de la profundidad o carga del agua. Las presas y conductos son los dispositivos principales más antiguos y más utilizados para la medición de caudales en canales abiertos.

[78] Las presas funcionan según el principio de que una obstrucción en un canal hará que el agua se acumule y genere un nivel alto (carga) detrás de la barrera. La carga es una función de la velocidad del flujo y, por tanto, del caudal a través del dispositivo. Las presas se componen de placas verticales con crestas afiladas. La parte superior de la placa puede ser recta o puede tener muescas. Las presas se clasifican conforme con la forma de la muesca. Los tipos básicos son con una muesca en forma de V, rectangulares y trapezoidales.

[79] Los conductos se utilizan generalmente cuando la pérdida de carga debe mantenerse al mínimo, o si el líquido que fluye contiene grandes cantidades de sólidos suspendidos. Los conductos son a los canales abiertos como los tubos Venturi a los tubos cerrados. Los conductos más populares son los diseños Parshall y Palmer-Bowlus.

[80] El canal Parshall consta de una sección aguas arriba convergente, una garganta y una sección aguas abajo divergente. Las paredes del conducto son verticales y la superficie de la garganta está inclinada hacia abajo. La pérdida de carga a través de los conductos Parshall es menor que en otros tipos de medidores de flujo de canal abierto. Las altas velocidades de flujo contribuyen a que el conducto se limpie solo. El flujo se puede medir con precisión en una amplia gama de condiciones.

[81] Los conductos Palmer-Bowlus tienen una garganta trapezoidal de sección transversal uniforme y una longitud aproximadamente igual al diámetro de la tubería en la que están instalados. Es comparable a un conducto Parshall en precisión y capacidad para pasar residuos sin que haya que limpiar. Una ventaja principal es la facilidad comparativa con la que se puede instalar en conductos circulares existentes, ya que no se requiere una sección de aproximación rectangular.

[82] La descarga a través de presas y conductos es una función de nivel, por lo que se deben utilizar técnicas de medición de nivel con el equipo para determinar los caudales. Las escalas limnimétricas y las unidades accionadas por flotador son los dispositivos más sencillos utilizados para este propósito. También hay disponibles diversos sistemas electrónicos de detección, totalización y registro.

[83] Un desarrollo más reciente consiste en el uso de impulsos ultrasónicos para medir los niveles de líquidos. Las mediciones se realizan enviando impulsos de sonido desde un sensor a la superficie del líquido y cronometrando el retorno del eco. Los circuitos de linealización convierten la altura del líquido en caudal. Un registrador gráfico de bandas registra el caudal y un totalizador digital registra el total de galones. Otro sistema de reciente introducción basado en microprocesadores utiliza sensores de ultrasonidos o de flotador. Un teclado con pantalla de cristal líquido interactiva simplifica las tareas de programación, control y calibración.

[84] Como se muestra en las Figuras 5a y 5b, un medidor de flujo de desplazamiento positivo 18 útil en conexión con el sistema de lubricación aquí provisto comprende una válvula divisora 32 y un interruptor de proximidad indicador de ciclo 34. La válvula divisora 32 que se muestra en la Figura 5a puede dosificar con precisión un volumen de aceite para satisfacer los diferentes requisitos de cada punto del sistema de lubricación. Las válvulas divisoras están generalmente diseñadas para suministrar lubricante hasta 16 puntos. Sin embargo, en el sistema de lubricación actual, la válvula divisora 32 solo se utiliza para un solo flujo. En la válvula divisora 32 se utiliza un interruptor de proximidad de indicador de ciclo 34 para proporcionar una señal a un monitor, controlador o controlador lógico programable para indicar la velocidad del ciclo.

[85] En funcionamiento, los interruptores de proximidad se instalan en lugar de un conector de la caja del pistón en una de las secciones de trabajo del conjunto de la válvula divisora. Estos interruptores se accionan mediante movimientos del pistón dosificador de lubricante dentro de la sección de trabajo de la válvula divisora y, por tanto, envían una señal al controlador operado por ordenador que indica el índice y la cantidad de actividad del divisor de dosificación a medida que se bombea el lubricante a través del mismo.

[86] Hay diferentes tipos de interruptores de proximidad disponibles: de láminas, magnéticos de detección de campo y mecánicos de detección de campo. El interruptor de láminas está disponible solo para aplicaciones con aceite. El interruptor de proximidad magnético sensible al campo es un interruptor de contacto seco, de cerámica accionado por imán, también útil para aplicaciones de aceite o grasa. El interruptor de proximidad magnético sensible al campo es seguro incluso cuando se utiliza en condiciones de baja potencia de señal comunes a los PLC alimentados por CC. El interruptor mecánico de detección de campo es un interruptor de proximidad activado magnéticamente que contiene un interruptor de acción rápida en miniatura activado por la atracción de su imán interno al pistón móvil de la válvula divisora.

[87] Una válvula reguladora 22 se coloca antes de la entrada de la bomba de alimentación a presión 10 para proteger la bomba de la presión excesiva de la bomba de suministro de baja presión 12. Las válvulas de regulación se utilizan comúnmente para estas funciones. Un tipo de válvula reguladora que puede ser utilizada en conexión con este sistema de lubricación está fabricada por Norgren, de Littleton Colorado, que ofrece un regulador de cuerpo de latón en miniatura para el servicio de aire comprimido. Esta válvula en particular tiene una tapa de protección equipada con un tornillo de ajuste de presión para su ajuste manual. La válvula se puede desmontar sin necesidad de utilizar herramientas y sin que se tenga que desmontarla de la tubería. Las válvulas reguladoras alternativas útiles en conexión con el sistema de lubricación se pueden ajustar mediante un control por ordenador con retroalimentación a la bomba de suministro de baja presión 12.

[88] Los filtros útiles 24 y 26 pueden tener diversas configuraciones e incluyen unidades de cartuchos estándar, unidades de cartuchos dobles, secciones de filtros modulares, conjuntos de filtros roscados y filtros de lubricante. Los filtros están disponibles en configuraciones tipo bloque y tipo en forma de Y, y se utilizan en sistemas de lubricación con aceite pesado y grasa para proteger bombas, válvulas divisoras y componentes mecanizados.

[89] Dependiendo del diseño y los requisitos del sistema de lubricación, el sistema informático utiliza las señales de retroalimentación del interruptor de proximidad para iniciar y detener el ciclo de lubricación periódicamente. Si el ordenador no recibe la señal esperada dentro del periodo de tiempo especificado, el sistema informático puede

iniciar varias respuestas según lo especificado por el usuario, incluyendo una advertencia audible y/o visual, o enviando una señal electrónica a otro ordenador o dispositivo.

[90] En el sistema de lubricación actual, la bomba de lubricación de alta presión 10 puede suministrar aceite de calidad alimentaria presurizado hasta 60.000 psi. El sistema elimina la necesidad de contar manualmente las gotas. El segundo depósito 16 contiene aceite lubricante de calidad alimentaria que finalmente se suministra a los puntos de inyección de la maquinaria. Por tanto, el aceite para engranajes de peso pesado se utiliza en el primer depósito 14 para reducir el desgaste del árbol de levas, la palanca y el casquillo.

[91] En este sistema de circuito cerrado, una bomba eléctrica o neumática presuriza el aceite de calidad alimentaria hasta 400 psi para obligar a que el aceite pase a través del filtro y el medidor de flujo. Una válvula de alivio de la presión destinada a eliminar el exceso de presión eliminará la presión con el fin de no sobrepresurizar la presión de entrada de aceite de la bomba.

[92] Como se muestra en las Figuras 3 y 4, el sistema de lubricación puede utilizar una bomba de alimentación presurizada en lugar de una bomba de alimentación por succión. En este caso, la rotación de la leva del lubricador acciona el conjunto del balancín de la bomba para activar el pistón de la bomba. En la bajada del pistón, la presión del resorte se ejerce sobre el pistón lo que hace que éste siga a la leva. A medida que se mueve hacia abajo, se crea un vacío entre el pistón y la válvula de retención de descarga y la válvula se cierra. El suministro presurizado desbanca la bola de cierre de la entrada de suministro y presuriza el diámetro interior del pistón con lubricante. En la carrera ascendente del pistón, el pistón fuerza a la bola de cierre de la entrada de suministro a asentarse y a cerrar el suministro presurizado. El aceite de calidad alimentaria (lubricante) en el cilindro del pistón es obligado a salir a través de la válvula de retención de descarga hasta el punto de inyección de la máquina.

[93] Cada bomba se puede ajustar mediante un tornillo externo. Esto cambia la longitud de la carrera de la bomba, lo que modifica el volumen de descarga de la bomba. En resumen, el desplazamiento de la bomba se controla mediante la posición de un punto de apoyo de la palanca de regulación. Cuando una tuerca reguladora de la alimentación se gira en sentido horario hasta su punto más alejado, una varilla reguladora graduada proyectará su mayor distancia. El punto de apoyo de la palanca de regulación estará entonces en su punto más alto, y el émbolo desplazará un máximo de fluido. El desplazamiento del fluido se produce en la parte del cilindro por encima del puerto de entrada y es una función del recorrido del émbolo. Sin embargo, el flujo de descarga de la bomba puede ser supervisado, controlado y ajustado a través de un sistema de control informatizado.

[94] Para la automatización del sistema y/o el control de circuito cerrado, se puede utilizar un activador (rotativo, lineal, etc...) para ajustar la bomba de alimentación presurizada, la cual es controlada por un PLC u otro ordenador adecuado. Una señal del medidor de flujo daría retroalimentación al PLC para ajustar el flujo de salida de la bomba a una velocidad precisa. Se necesitaría un ajuste para compensar cualquier cambio en los parámetros operativos, cambios de velocidad del compresor, cambios de medios y similares. Todos estos parámetros operativos serían entradas al PLC u otro sistema informático.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema mejorado de lubricación de circuito cerrado de bombeo al punto para maquinaria de alta presión que consta de una bomba de alimentación presurizada (10) para suministrar aceite lubricante de calidad alimentaria a la maquinaria de alta presión donde la bomba de alimentación presurizada (10) consta de una leva, una palanca y un casquillo, un primer depósito que contiene aceite lubricante para lubricar la leva, la palanca y el casquillo de la bomba de alimentación presurizada (10), un segundo depósito (16) que contiene el aceite de calidad alimentaria para el uso en la maquinaria de alta presión, y un medidor de flujo de presión diferencial (18) donde la cantidad de aceite de calidad alimentaria se suministra a la maquinaria de alta presión desde el segundo depósito (16) a través del medidor de flujo (18) mediante la bomba de alimentación presurizada (10) en uno o más puntos de inyección de la máquina y es supervisado por dicho medidor de flujo (18) conectado a un ordenador (30), el ordenador puede emitir un aviso acústico y/o visual, apagar el sistema o ajustar el caudal de lubricante en la bomba de alimentación presurizada (10) o a uno o más puntos de inyección de la máquina.
2. El sistema de lubricación de la reivindicación 1, donde la maquinaria de alta presión es un compresor de gas.
3. El sistema de lubricación de la reivindicación 1, que incluye además una bomba de suministro (12) para bombear dicho aceite de calidad alimentaria a través del medidor de flujo (18).
4. El sistema de lubricación de la reivindicación 3, que además incluye una válvula reguladora (22), donde la válvula reguladora (22) está posicionada antes de la bomba de alimentación presurizada (10), protegiendo a la bomba de alimentación presurizada (10) de la presión excesiva de la bomba de suministro (12).
5. El sistema de lubricación de la reivindicación 1, donde el medidor de flujo (18) es un medidor de pistón oscilante de accionamiento magnético.

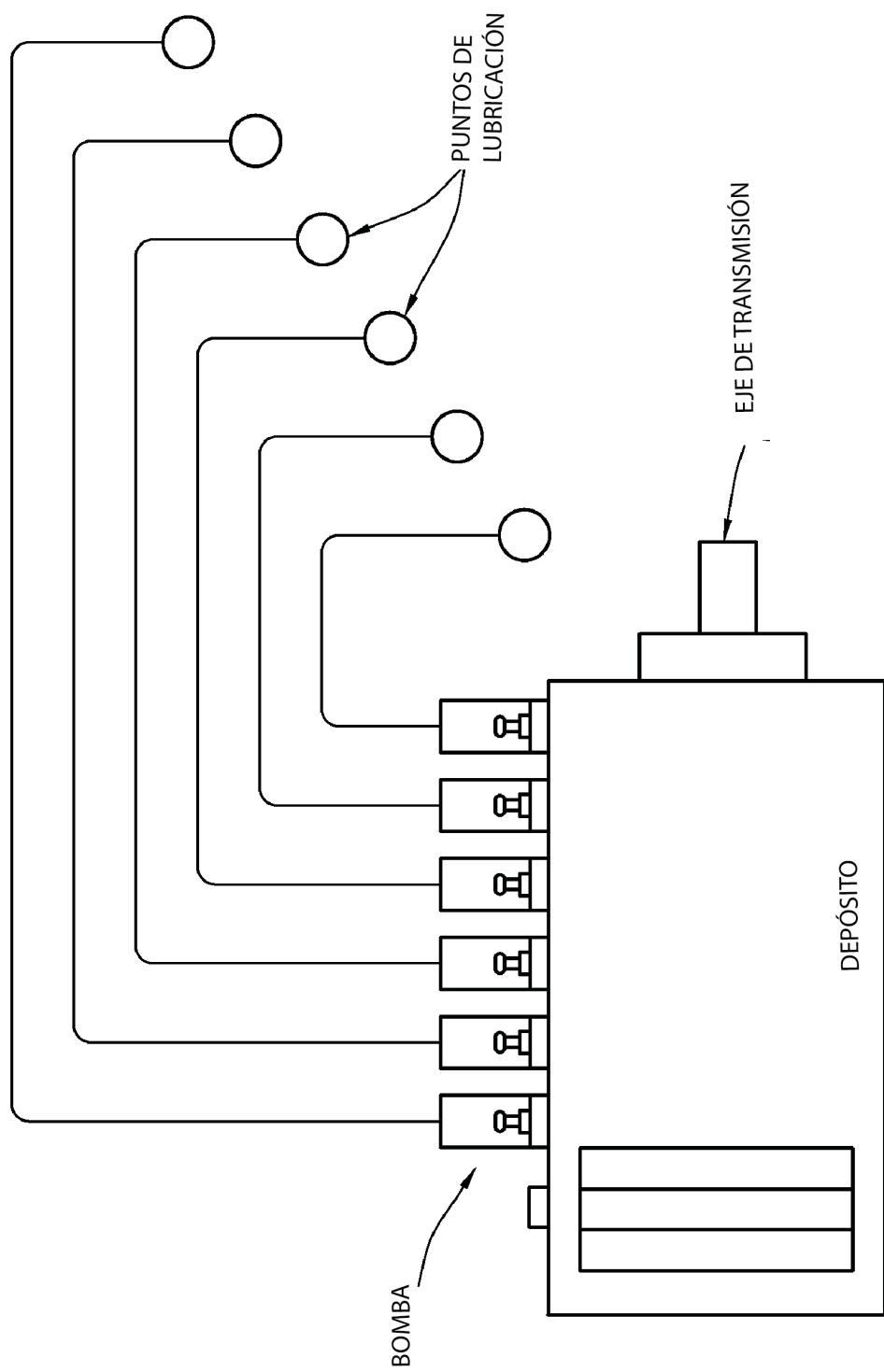


FIG. 1

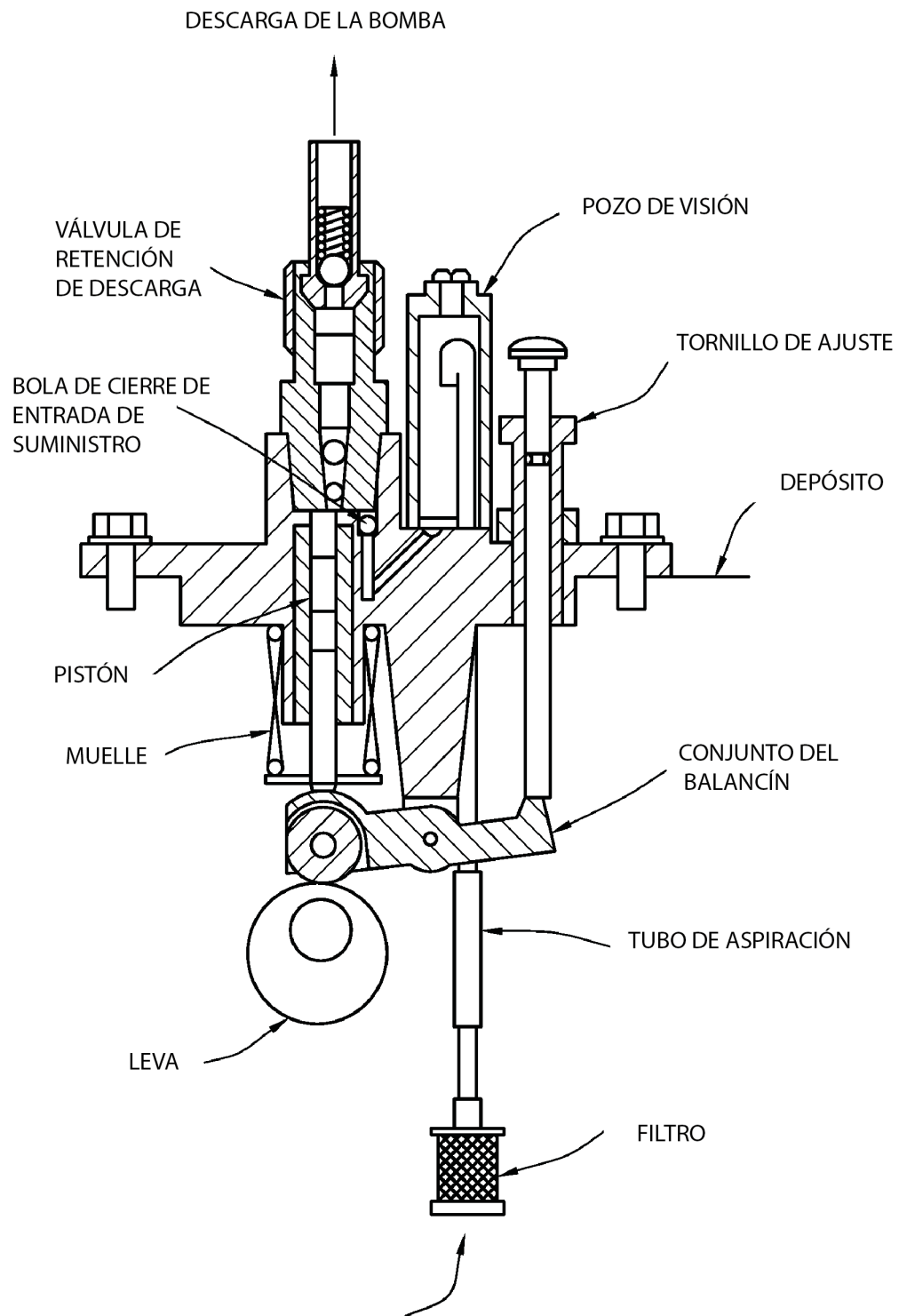
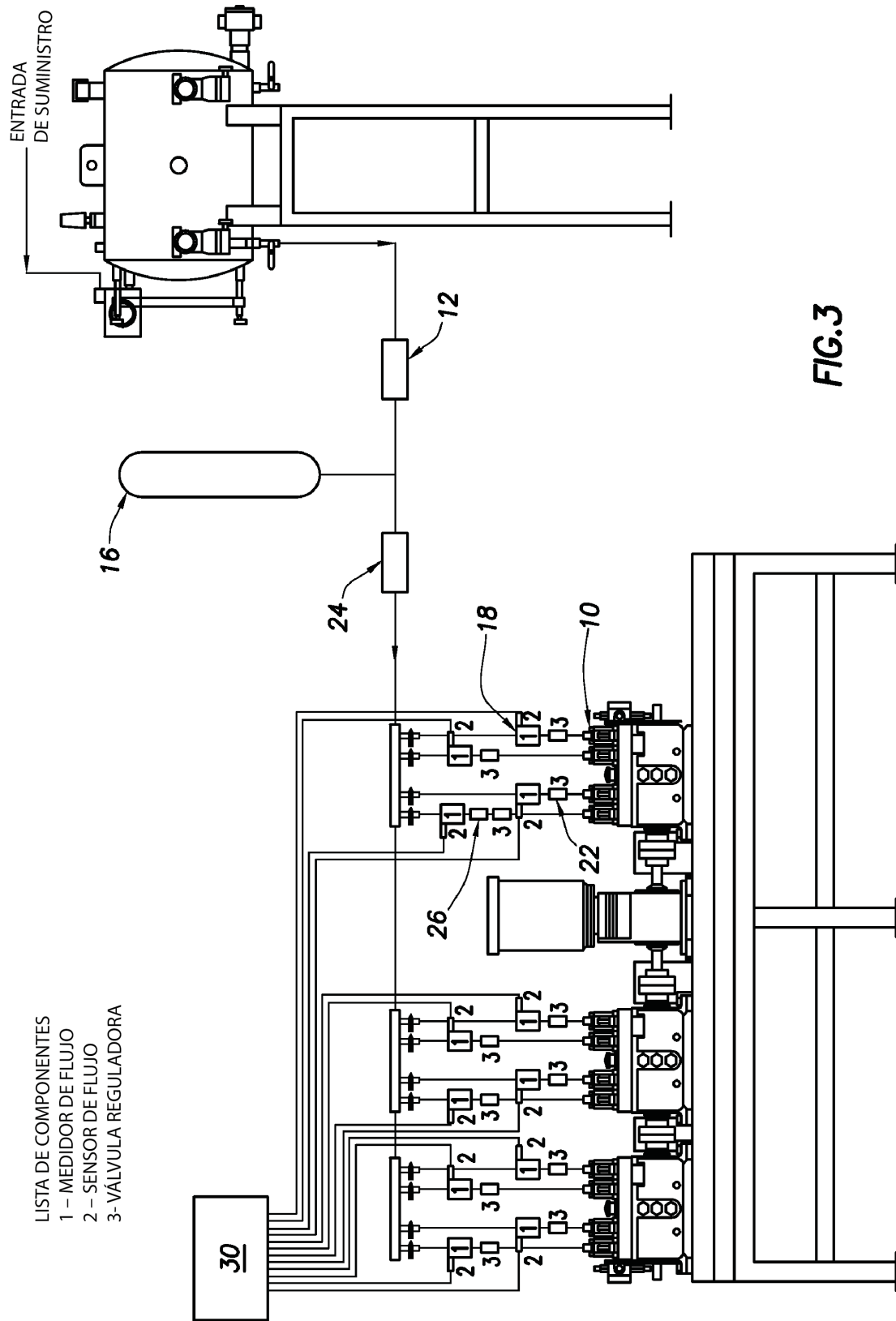


FIG.2



- LISTA DE COMPONENTES
- 1 - MEDIDOR DE FLUJO
 - 2 - SENSOR DE FLUJO
 - 3 - VÁLVULA REGULADORA

FIG.3

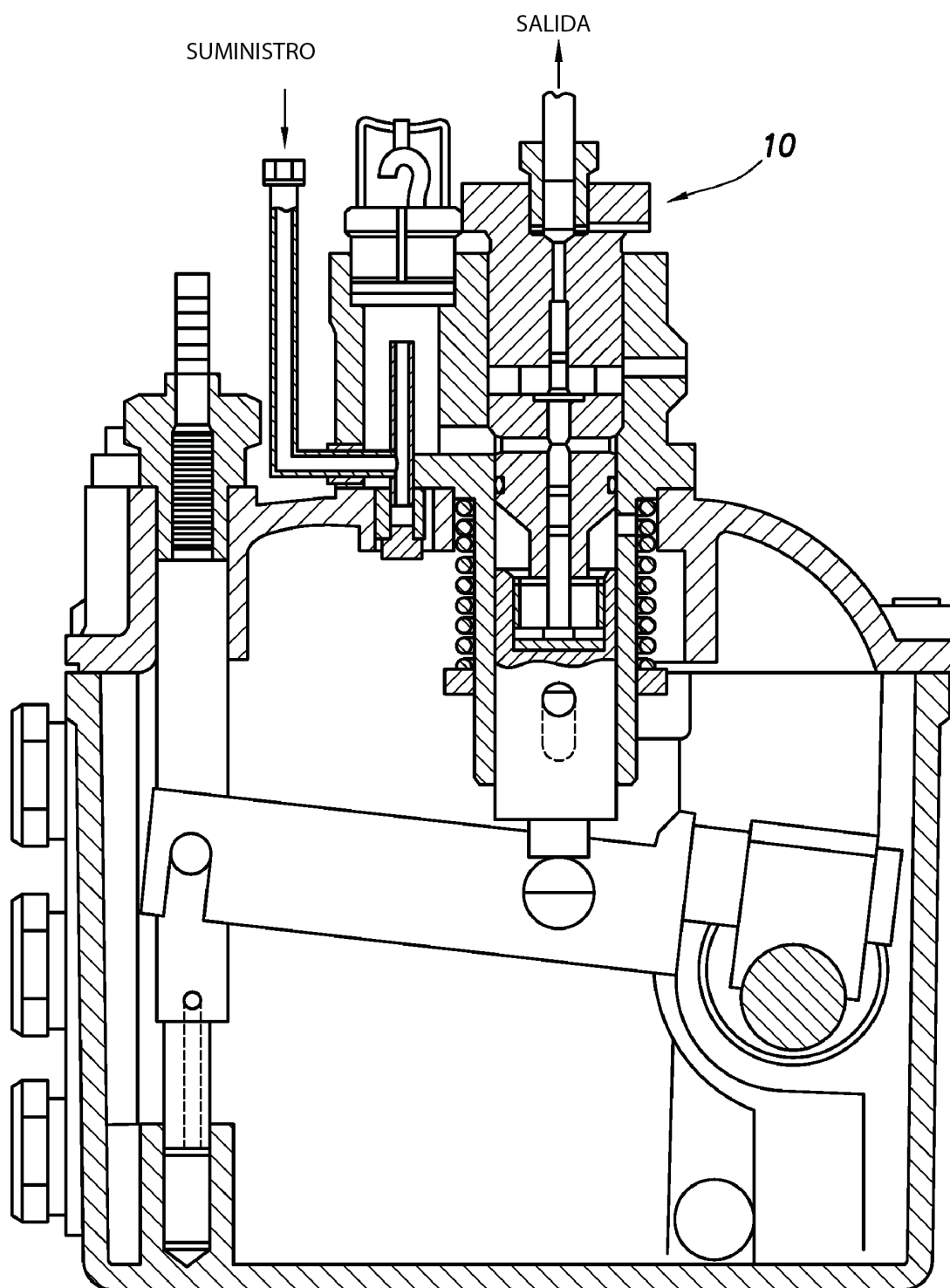


FIG.4

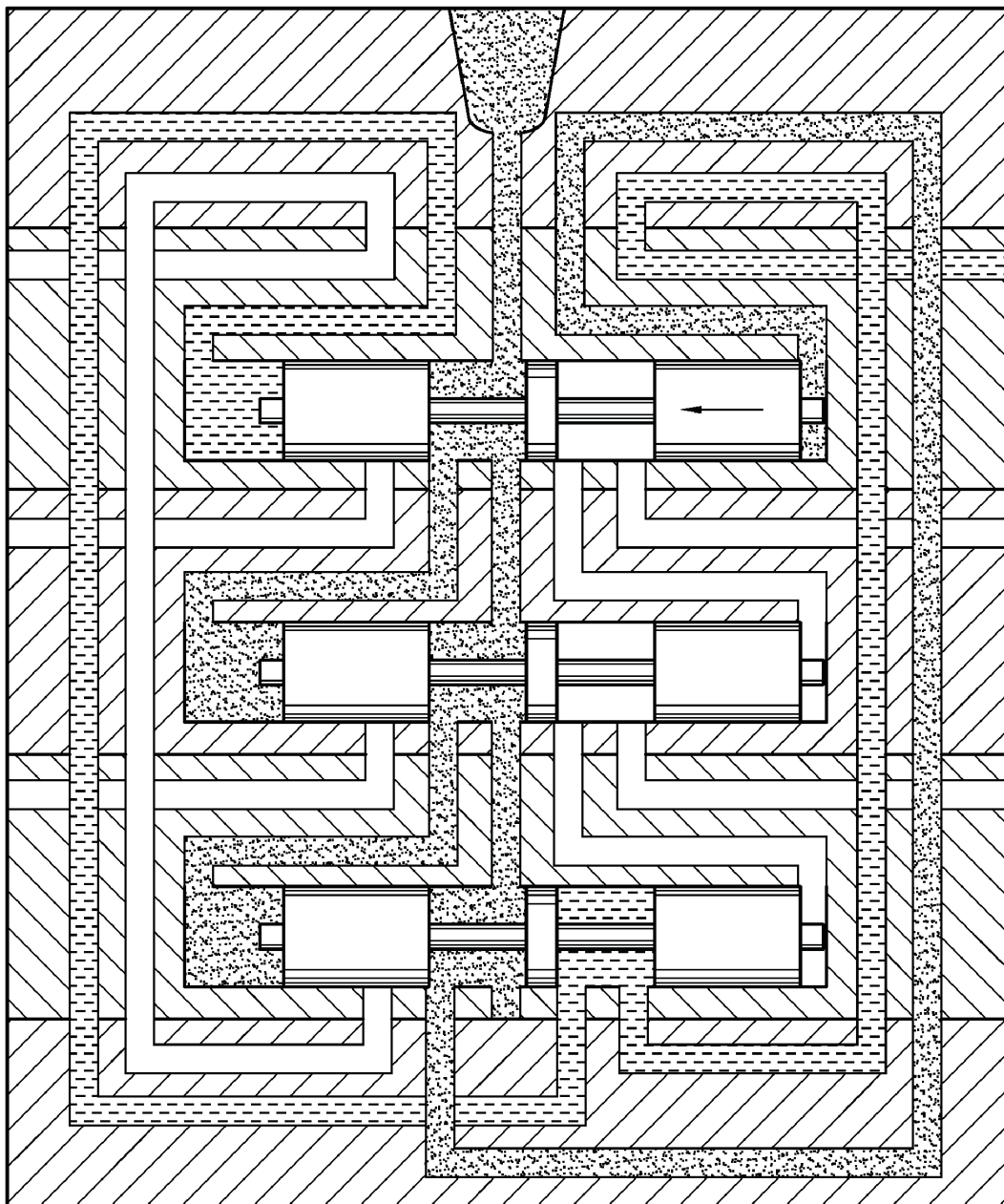


FIG.5