

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 439**

51 Int. Cl.:

F04B 17/00 (2006.01)

F04B 35/00 (2006.01)

F04B 49/03 (2006.01)

F04B 49/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2005 PCT/US2005/041512**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2006 WO06055626**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2005 E 05851708 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 1828602**

54 Título: **Sistema de control para una bomba de diafragma neumática**

30 Prioridad:

17.11.2004 US 991296
24.10.2005 US 257333

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.02.2020

73 Titular/es:

PROPORTIONAIR INC. (100.0%)
8250 North 600 West
McCordsville, IN 46055, US

72 Inventor/es:

REED, DAVID A. y
HOGUE, TIMOTHY D.

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 743 439 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 control para una bomba de diafragma neumática.

5 Solicitudes relacionadas

La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente US con n.º de serie 10/991,296, titulada "Sistema de control para una bomba de diafragma neumática", presentada el 17 de noviembre de 2004, concedida a Reed *et al.* y la solicitud de patente US con n.º de serie 11/257,333, titulada "Procedimiento y sistema de control para una bomba" presentada el 24 de octubre de 2005, concedida a Reed *et al.*

Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere generalmente a una bomba. Más particularmente, la presente invención se refiere a un sistema de control para una bomba.

Antecedentes y sumario

Se utilizan bombas en los campos de saneamiento, industrial y médico para bombear líquidos o suspensiones. En bombas de diafragma neumáticas (bombas de AOD), los diafragmas flexibles presentan generalmente excelentes características de desgaste incluso cuando se utilizan para bombear componentes relativamente duros tales como hormigón. Las bombas de diafragma utilizan la energía almacenada en gases comprimidos para mover líquidos. Las bombas de AOD son particularmente útiles para bombear líquidos de viscosidad superior o suspensiones o mezclas heterogéneas tales como hormigón. Generalmente, se utiliza aire comprimido para alimentar bombas de AOD en entornos industriales.

El documento US 6 036 445 A divulga un mecanismo de cambio eléctrico para una bomba de diafragma impulsada por fluido. El mecanismo de cambio incluye un controlador programado para conmutar la bomba a intervalos temporizados, una válvula de solenoide y una válvula de final de carrera. La válvula de final de carrera traduce las señales neumáticas de final de carrera generadas por la válvula piloto en señales eléctricas. Las señales eléctricas se transmiten entonces al controlador. El controlador envía señales de conmutador temporizadas a un operador de la válvula de solenoide. El operador cambia la válvula de solenoide que transmite una señal piloto generada desde el suministro de aire comprimido al puerto de señal piloto o bien derecho o bien izquierdo de la válvula de aire principal. La válvula de aire principal no recibe señales piloto directamente de la válvula piloto pero, en cambio, recibe sus señales piloto de la válvula de solenoide que recibe las señales del controlador. El controlador recibe las señales de final de carrera desde la válvula de final de carrera que traduce las señales neumáticas generadas por la válvula piloto en señales eléctricas. El controlador compara entonces las señales de final de carrera recibidas desde la válvula de final de carrera con los intervalos temporizados preprogramados y proporciona una indicación o una alarma si el controlador está programado para cambiar la bomba antes de que la bomba llegue al final de su carrera. La válvula de solenoide y la válvula de final de carrera pueden incorporarse fácilmente en las bombas existentes.

Según el documento US 6 126 403, una bomba de diafragma está provista de un diafragma que define una cámara de bomba y una cámara de accionamiento en la carcasa de la bomba, se suministra un fluido de accionamiento a la cámara de accionamiento y se expulsa un fluido de la bomba de la cámara de la bomba. La bomba de diafragma está provista de medios de control de presión que, cuando la presión en la cámara de la bomba supera la presión en la cámara de accionamiento adyacente a la cámara de la bomba a través del diafragma, controla la presión del fluido de accionamiento basándose en las señales de salida de los sensores de presión de tal de manera que la presión en la cámara de fluido será más alta que la presión en la cámara de accionamiento vecina. Esto hace posible evitar un fenómeno de inversión del diafragma, en el que un diafragma que debe expandirse hacia la cámara de la bomba se contrae hacia la cámara de accionamiento en lugar de durante la reciprocidad del diafragma.

Según un ejemplo que no forma parte de la invención, se proporciona una bomba que incluye cámaras de diafragma primera y segunda, un sensor de presión y un controlador. Cada cámara de diafragma incluye un diafragma. Los diafragmas están acoplados entre sí. El sensor de presión está situado para detectar una presión en por lo menos una de las primera y segunda cámaras de diafragma y para emitir una señal indicativa de la misma. El controlador está configurado para recibir la señal del sensor de presión y monitorizar una presión para detectar la posición de por lo menos uno de los diafragmas.

Según otro ejemplo, se proporciona otra bomba que incluye unas primera y segunda cámaras de diafragma, un sensor de presión y un controlador. Cada cámara de diafragma incluye un diafragma. Los diafragmas están acoplados entre sí y funcionan en un ciclo que presenta una pluralidad de fases que incluyen una fase designada. El sensor de presión está situado para detectar una presión en por lo menos una de las primera y segunda cámaras de diafragma y para emitir una señal indicativa de la misma. El controlador está configurado para recibir la señal del sensor de presión para detectar cuándo el ciclo alcanza la fase designada.

5 Según otro ejemplo, se proporciona una bomba que incluye una carcasa que define una región interior, un elemento de la bomba situado para moverse en la región interior para bombear material, un sensor de presión y un controlador. La región interior de la carcasa presenta un perfil de presión sustancialmente cíclico. El sensor de presión está situado para detectar la presión en la región interior y para emitir una señal indicativa de la misma. El controlador recibe la señal de salida y monitoriza el perfil de presión sustancialmente cíclico.

10 Según otro ejemplo, se proporciona una bomba que incluye una carcasa que define una región interior, un elemento de bomba situado para moverse en la región interior en un ciclo para bombear material, un sensor de presión situado para detectar una presión en la región interior y para emitir una señal indicativa de la misma, un controlador que recibe la señal de salida y detecta por lo menos un parámetro del ciclo, y una válvula de suministro de aire que proporciona aire a la región interior que está controlada por el controlador basándose en la detección del por lo menos un parámetro.

15 Características adicionales de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la materia al considerar la siguiente descripción detallada del mejor modo actualmente percibido de llevar a cabo la invención.

Breve descripción de los dibujos

20 La descripción detallada de los dibujos se refiere particularmente a las figuras adjuntas en las que:

la figura 1 es un esquema que ilustra una bomba a modo de ejemplo que muestra la bomba, un suministro de aire, una válvula de control aguas abajo del suministro de aire y un controlador acoplado a la válvula de control;

25 la figura 2 es un esquema que ilustra otro ejemplo de una bomba que muestra la bomba, un suministro de aire, una válvula de control aguas abajo del suministro de aire, un controlador acoplado a la válvula de control y la bomba que recibe una señal de la bomba;

30 la figura 3 es un esquema que ilustra otro ejemplo de una bomba de AOD que muestra la bomba, un suministro de aire, una válvula de control inmediatamente aguas abajo del suministro de aire (o aguas arriba de la bomba de AOD), un sensor de presión inmediatamente aguas abajo de la válvula de control y un controlador acoplado a la válvula de control y el sensor de presión;

35 la figura 4 es un gráfico de la presión detectada por el sensor de presión durante el funcionamiento de la bomba de AOD según una forma de realización de la presente exposición;

la figura 5 es un diagrama que muestra tiempos de reacción o retardo entre un diafragma que alcanza una posición completamente expandida y el aire presurizado que se suministra al otro diafragma;

40 la figura 6 es un gráfico de la presión detectada por el sensor de presión durante el funcionamiento de la bomba de AOD cuando los retardos inherentes del sistema se reducen o eliminan según otra forma de realización de la presente exposición;

45 la figura 7 es una vista similar a la figura 3 que muestra una bomba de AOD de ejemplo alternativa;

la figura 8 es un gráfico de la presión detectada por el sensor de presión durante el funcionamiento de la bomba de AOD cuando la válvula de control permanece abierta o no se proporciona según otra forma de realización de la presente exposición;

50 la figura 9 es una vista similar a la figura 3 que muestra una forma de realización de bomba de AOD que muestra un controlador mecánico acoplado a una válvula de control operada por piloto situada aguas abajo del suministro de aire y aguas arriba de la bomba;

55 la figura 10 es un gráfico de la presión detectada por el controlador mecánico durante el funcionamiento de la bomba de AOD cuando la válvula de control permanece abierta durante sólo una parte del ciclo de funcionamiento;

la figura 11 es un esquema que ilustra una forma de realización de otra forma de realización alternativa de bomba de AOD;

60 la figura 12 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 11;

la figura 13 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 11;

65 la figura 14 es un esquema que ilustra otra forma de realización de una bomba de AOD;

- la figura 15 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 14;
- la figura 16 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 14;
- 5 la figura 17 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 14;
- la figura 18 es un diagrama de flujo y una tabla lógica que describe un procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD mostrada en las figuras 14-17;
- 10 la figura 19 es un diagrama de flujo y una tabla lógica que describe un procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD mostrada en las figuras 20-24;
- la figura 20 es un esquema que ilustra otra forma de realización de una bomba de AOD;
- 15 la figura 21 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 20;
- la figura 22 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 20;
- 20 la figura 23 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 20;
- la figura 24 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 20;
- la figura 25 es un diagrama de flujo y una tabla lógica que describe un procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD mostrada en las figuras 26-28;
- 25 la figura 26 es un esquema que ilustra otra forma de realización de una bomba de AOD;
- la figura 27 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 26;
- 30 la figura 28 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 26;
- la figura 29 es un diagrama de flujo y una tabla lógica que describe un procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD mostrada en las figuras 30-33;
- 35 la figura 30 es un esquema que ilustra otra forma de realización de una bomba de AOD;
- la figura 31 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 30;
- 40 la figura 32 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 30;
- la figura 33 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 30;
- la figura 34 es un diagrama de flujo y una tabla lógica que describe un procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD mostrada en las figuras 35-38;
- 45 la figura 35 es un esquema que ilustra otra forma de realización de una bomba de AOD;
- la figura 36 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 35;
- 50 la figura 37 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 35;
- la figura 38 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 35;
- la figura 39 es un diagrama de flujo y una tabla lógica que describe un procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD mostrada en las figuras 40-42;
- 55 la figura 40 es un esquema que ilustra otra forma de realización de una bomba de AOD;
- la figura 41 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 40;
- 60 la figura 42 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 40;
- la figura 43 es un diagrama de flujo y una tabla lógica que describe un procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD mostrada en las figuras 44-47;
- 65 la figura 44 es un esquema que ilustra otra forma de realización de una bomba de AOD;

la figura 45 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 44;

la figura 46 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 44; y

la figura 47 es un esquema que ilustra la bomba de AOD mostrada en la figura 44.

Descripción detallada de los dibujos

En la figura 1 se muestra una bomba 2 para mover fluido, tal como agua o cemento, desde una primera ubicación 12 hasta una segunda ubicación 14. La bomba 2 incluye una carcasa 3 y un elemento 4 de bomba que divide la carcasa en un lado de bombeo 5 y un lado bombeado 6. La bomba 2 se acciona mediante una fuente de presión 7, tal como una bomba o compresor de aire o fluido. Se proporciona fluido presurizado, tal como aire, a la bomba 2 a través de una entrada 8 a la carcasa 3. El suministro de fluido presurizado proporcionado al lado de bombeo 5 de las cámaras de bomba se controla mediante un controlador 11 y una válvula de suministro 13. Tal como se ilustra en la presente memoria, el controlador 11 puede ser eléctrico, mecánico o cualquier otra configuración conocida por los expertos habituales en la materia.

Tal como se describe a continuación, la válvula de suministro 13 puede ser una válvula de solenoide, una válvula pilotada por aire o cualquier otro tipo de válvula conocida por los expertos habituales en la materia que se controla mediante el controlador 11. Durante el funcionamiento, la fuente de presión 7 proporciona aire a la válvula de suministro 13. El controlador 11 envía una señal a la válvula de suministro 13 para que se mueva entre una posición abierta que suministra fluido presurizado al lado de bombeo 5 y una posición cerrada que bloquea el fluido presurizado del lado de bombeo 5.

Cuando la válvula de suministro 13 proporciona fluido presurizado al lado de bombeo 5, el fluido presurizado proporcionado por la fuente de presión 7 empuja el elemento 4 de bomba hacia la derecha (tal como se muestra en líneas de trazos) y fuerza el fluido fuera del lado bombeado 6. Este fluido se desplaza hacia la segunda ubicación 14 a través de una válvula de retención 15 y se bloquea su movimiento hacia abajo hacia la primera ubicación 12 mediante otra válvula de retención 19. La presión en el lado de bombeo 5 se alivia entonces permitiendo que el elemento 4 de bomba retorne a la posición más hacia la izquierda mostrada en la figura 1 en línea continua. Esta presión puede aliviarse mediante una válvula u otros mecanismos conocidos por los expertos habituales en la materia tal como una válvula situada entre el lado de bombeo 5 y un escape 34. El elemento 4 de bomba puede moverse entonces a la izquierda mediante la presión de fluido en el lado bombeado 6, un resorte (no mostrado), otro elemento de bombeo (tal como se describe a continuación) o mediante otros procedimientos conocidos por los expertos habituales en la materia.

A medida que el elemento 4 de bombeo se mueve a la izquierda, se extrae fluido al lado bombeado 6 desde la primera ubicación 12 a través de la válvula de retención 19. El controlador 11 envía entonces otra señal a la válvula de suministro 13 para mover la posición abierta que suministra fluido presurizado al lado de bombeo 5 para formar el fluido en lado bombeado 6 a la segunda ubicación 14.

El controlador 11 a modo de ejemplo sólo proporciona potencia de fluido completa al lado de bombeo 5 de la bomba 1 durante una parte del tiempo que el elemento 4 de bomba se desplaza a la derecha. Durante el resto del tiempo de desplazamiento del elemento 4 de bomba, el controlador 11 mueve la válvula de suministro 13 a una posición completa o parcialmente cerrada de modo que se proporciona una potencia de fluido menor que completa al lado de bombeo 5. Esta reducción en la potencia de fluido puede ser un bloqueo completo del flujo, una reducción en el flujo, una reducción en la presión o cualquier otra reducción en la potencia de fluido al lado de bombeo 5.

Tal como se muestra en la figura 1, la bomba 2 es un sistema de bucle abierto de manera que el controlador 11 abre y cierra la válvula de suministro 13 sin retroalimentación de la bomba 2. Para compensar esta falta de retroalimentación, el controlador 11 incluye un temporizador que abre y cierra la válvula de suministro 13 sobre una base periódica.

En la figura 2 se muestra otra bomba 2' que es similar a la bomba 2 mostrada en la figura 1 excepto porque la bomba 2' es un sistema de bucle cerrado con un controlador 11' que recibe retroalimentación de la bomba 2' proporcionando una indicación en cuanto a la posición del elemento 4 de bomba. Basándose en la señal de retroalimentación, el controlador 11' temporiza la apertura de la válvula de suministro 13. Por tanto, cuando el controlador 11' recibe la retroalimentación de la bomba 2' en cuanto a cuándo el elemento 4 de bomba ha alcanzado o alcanzará la posición más a la izquierda, el controlador 11' abre la válvula de suministro 13. La retroalimentación proporcionada al controlador 11' puede ser una señal eléctrica proporcionada por un sensor, una señal mecánica proporcionada por una conexión, una señal de presión de fluido o cualquier otra señal mecánica, o cualquier otro medio de comunicación.

En la figura 3 se muestra una bomba 10 preferida según la bomba 2' para mover fluido, tal como agua o cemento, desde la primera ubicación 12 hasta la segunda ubicación 14. La bomba 10 incluye una carcasa 16 que define las

primera y segunda cámaras de bomba 18, 20 y los primero y segundo diafragmas 22, 24 situados en las primera y segunda cámaras de bomba 8, 20 que están conectados entre sí por varilla de conexión 26. La bomba 10 se acciona mediante un suministro de aire comprimido 28. Se proporciona aire a la bomba 10 a través de una entrada 17 a la carcasa 16. El suministro de aire presurizado proporcionado a las cámaras de bomba 18, 20 se controla mediante un controlador eléctrico 30, una válvula de suministro 32, una válvula piloto 34, una válvula principal 36 y un sensor de presión 38.

La válvula de suministro 32 es preferentemente una válvula de solenoide que está controlada por el controlador 30. La válvula piloto 34 está controlada por la posición de los primero y segundo diafragmas 22, 24. La válvula principal 36 está controlada por aire piloto proporcionado por la válvula piloto 34. Según formas de realización alternativas de la presente exposición, se proporcionan otras configuraciones de válvula incluyendo menos o más válvulas de solenoide, válvulas piloto y válvulas pilotadas por aire, y otras válvulas y disposiciones de control conocidas por los expertos habituales en la materia.

Durante el funcionamiento, el suministro de aire 28 proporciona aire a la válvula de suministro 32. El controlador 30 envía una señal electrónica a la válvula de suministro 32 para moverla entre una posición abierta (mostrada en la figura 3) que proporciona aire a la válvula principal 36 a partir de la válvula de suministro 32 y una posición cerrada (no mostrada) que bloquea el aire a partir de la válvula de suministro 32.

La válvula principal 36 se mueve entre una primera posición (mostrada en la figura 3) que proporciona aire presurizado a la primera cámara de bomba 18 y una segunda posición (no mostrada) que proporciona aire presurizado a la segunda cámara de bomba 20. Los primero y segundo diafragmas 22, 24 dividen las respectivas cámaras de bomba 18, 20 en lados de fluido y aire 40, 42. Cuando la válvula principal 36 proporciona aire a la primera cámara de bomba 18, el aire presurizado proporcionado por el suministro de aire 28 empuja el primer diafragma 22 a la derecha y fuerza el fluido fuera del lado de fluido 40. Este fluido se desplaza hacia la segunda ubicación 14 a través de una válvula de retención 50 y se bloquea su movimiento hacia abajo hacia la primera ubicación 12 mediante otra válvula de retención 48.

Durante este movimiento del primer diafragma 22, la varilla 26 tira del segundo diafragma 24 a la derecha. A medida que el segundo diafragma 24 se mueve a la derecha, el lado de fluido 40 de la segunda cámara de bomba 20 se expande y se aspira fluido a través de una válvula de retención 46 de la primera ubicación 12. Otra válvula de retención 44 bloquea que el fluido de la segunda ubicación 14 se extraiga al lado de fluido 40 de la segunda cámara de bomba 20.

Cerca del final del movimiento del segundo diafragma 24 a la derecha, golpea la válvula piloto 34 y la empuja a la derecha tal como se muestra en la figura 3. La válvula piloto 34 proporciona entonces aire presurizado al orificio en el lado izquierdo de la válvula principal 36 para moverla a la derecha desde la posición mostrada en la figura 3. Cuando la válvula principal 36 se mueve a la derecha, suministra aire presurizado a partir del suministro de aire 28 al lado de aire 42 de la segunda cámara de bomba 20.

A medida que se proporciona aire al lado de aire 42 de la segunda cámara de bomba 20, el aire presurizado empuja el segundo diafragma 24 a la izquierda y la varilla 26 tira del primer diafragma 22 a la izquierda. El fluido en el lado de fluido 40 de la segunda cámara 20 se empuja hacia arriba más allá de la válvula de retención 44 hacia la segunda ubicación 14 y se bloquea su movimiento hacia abajo hacia la primera ubicación 12 mediante la válvula de retención 46. Al mismo tiempo, se extrae fluido al lado de fluido 40 de la primera cámara 18 a partir de la primera ubicación 12 a través de la válvula de retención 48. La válvula de retención 50 bloquea que se extraiga fluido de la segunda ubicación 14.

Cerca del final del movimiento del primer diafragma 22 a la izquierda, golpea la válvula piloto 34 y la empuja a la izquierda (no mostrado). La válvula piloto 34 proporciona entonces aire presurizado al orificio en el lado derecho de la válvula principal 36 para moverla a la izquierda tal como se muestra en la figura 3. Cuando la válvula principal 36 se mueve a la izquierda, suministra aire presurizado a partir del suministro de aire 28 al lado de aire 42 de la primera cámara de bomba 18 para completar un ciclo de la bomba 10. A continuación se proporcionan detalles adicionales del funcionamiento de la bomba 10 y en la solicitud de patente US con n.º de serie 10/991,296, presentada el 17 de noviembre de 2004, titulada Sistema de control para una bomba de diafragma neumática, concedida a Reed *et al.*, cuya exposición se incorpora expresamente como referencia en la presente memoria.

Según una forma de realización de la presente exposición, la válvula de suministro 32 controla cuánto tiempo se proporciona aire presurizado a las primera y segunda cámaras 18, 20 de modo que las cámaras 18, 20 no están siempre en comunicación de flujo con el suministro de aire 28. Cuando la válvula principal 36 cambia a la posición mostrada en la figura 3, suministra aire al lado de aire 42 de la primera cámara 18 y expulsa el aire del lado de aire 42 de la segunda cámara 20. La válvula de suministro 32 sólo proporciona aire a la válvula principal 36 durante una cantidad predeterminada de tiempo (t_p) tal como se muestra en la figura 4 hasta que la válvula de suministro 32 se cierra en t_c . Según la configuración actual de la bomba 10, t_p es preferentemente de entre 100-500 ms dependiendo de las condiciones de funcionamiento. Según formas de realizaciones alternativas, pueden utilizarse otros valores menores o mayores de t_p , tales como 50 ms, 1000 ms u otros tiempos adecuados. Tras t_c , la válvula

de suministro 32 se cierra y el suministro de aire 28 no proporciona ya más aire presurizado. Esta operación también se aplica a la segunda cámara 20 en la segunda mitad del ciclo.

La figura 4 muestra un perfil o curva 52 de presión detectado por el sensor de presión 38. El sensor de presión 38 detecta el aumento en la presión en el lado de aire 42 de la primera cámara 18 en la primera mitad de un ciclo y el lado de aire 42 de la segunda cámara 20 en la segunda mitad del ciclo. Durante t_p , la presión en el lado de aire 42 de la primera cámara 18 aumenta desde casi la atmósfera tal como se muestra en la figura 4 hasta aproximadamente la presión de suministro. After t_c , la presión en el lado de aire 42 de la primera cámara 18 comienza a disminuir gradualmente a medida que el primer diafragma 22 se mueve a la derecha y el lado de aire 42 de la primera cámara 18 se expande.

La presión en el lado de aire 42 de la primera cámara 18 continúa disminuyendo gradualmente hasta que el segundo diafragma 24 golpea la válvula piloto 34 y provoca que la válvula principal 36 se mueva a la derecha tal como se muestra en la figura 3. Tras moverse la válvula principal 36 a la derecha, el sensor de presión 38 se expone entonces a la presión en el lado de aire 42 de la segunda cámara 20. Durante la expansión del lado de aire 42 de la primera cámara 18, el lado de aire 42 de la segunda cámara 20 se purga hasta casi la atmósfera. Por tanto, cuando la válvula principal 36 se mueve a t_v , el sensor de presión 38 se expone a casi la atmósfera, que es significativamente menor que la presión en el lado de aire 42 de la primera cámara 18 a la que se acababa de exponer. Esta disminución rápida en la presión se muestra en la figura 4 a t_v , cuando la válvula principal 36 se mueve a la derecha.

El controlador 30 está configurado para detectar la disminución rápida en la presión detectada por el sensor de presión 38. Al detectar esta disminución en la presión, el controlador 30 puede determinar que uno de los primero y segundo diafragmas 22, 24 está en su final de carrera (EOS). Cuando el controlador 30 detecta la caída rápida de presión, se sabe que la válvula principal 36 ha cambiado las posiciones. Debido a que la válvula principal 36 sólo cambia las posiciones cuando uno de los primero y segundo diafragmas 22, 24 está en su EOS, el controlador 30 sabe que uno de los primero y segundo diafragmas 22, 24 está en su EOS. Cuando se detecta el EOS, el controlador 30 provoca que la válvula de suministro 32 se reabra durante t_p . El sensor de presión 38 sigue midiendo la presión en el lado de aire 42 de la segunda cámara 20 hasta que la válvula principal 36 conmuta las posiciones. El controlador 30 detecta de nuevo el cambio de presión rápido para detectar EOS provocando que la válvula de suministro 32 se abra para el siguiente ciclo. De manera ilustrativa, sólo se proporciona un sensor 38 para monitorizar la presión en los primero y segundo diafragmas 22, 24. Según una forma de realización alternativa, se proporcionan sensores separados para cada diafragma.

Tal como se muestra en la figura 4, se produce un pequeño retardo entre t_v y cuando la válvula de suministro 32 se reabre para presurizar el lado de aire 42 de la segunda cámara de bomba 20. Los componentes de la bomba 10 tal como la válvula piloto 34, la válvula principal 36, la válvula de suministro 32 y los otros componentes de la bomba 10 presentan tiempos de reacción o retardo inherentes que ralentizan el funcionamiento de la bomba 10. Algunos de los tiempos de reacción o retardo entre cuando el diafragma 22 (o 24) se mueve a la posición completamente expandida y el tiempo en el que se proporciona aire presurizado al segundo diafragma 24 (o 22) se muestra en la figura 5 (no a escala). La válvula piloto 34 presenta un tiempo de reacción t_{pv} entre el cambio entre las posiciones derecha a izquierda. De manera similar, la válvula principal 36 presenta un tiempo de reacción t_{mv} entre la recepción de la presión piloto a partir de la válvula piloto 34 y cuando se cambia completamente a su nueva posición. La válvula de suministro de solenoide 32 presenta un tiempo de reacción t_{sv} entre la recepción de un comando del controlador 30 y el movimiento completo a la posición abierta. De manera ilustrativa, la válvula de suministro 32 presenta un tiempo de respuesta inherente de 20 ms. Otras válvulas pueden presentar tiempos de respuesta más largos o más cortos, tales como 10, 40 o 90 ms.

Se requiere un tiempo de reacción adicional para que la presión de aire se propague o se mueva a través de los conductos. Por ejemplo, hay un tiempo de retardo t_{pd1} entre cuando la válvula principal 36 conmuta las posiciones y se proporciona aire a casi presión atmosférica al sensor de presión 38. Se produce aproximadamente el mismo tiempo de retardo (t_{pd1}) entre la válvula de suministro principal 32 y la válvula principal 36 debido a que el sensor 38 está situado cercano a la válvula de suministro 32. De manera similar, hay un tiempo de retardo t_{pd2} entre cuando se proporciona aire presurizado mediante la válvula de suministro 32 y el aire presurizado alcanza la válvula principal 36. De manera similar, hay un tiempo de retardo de propagación de aire t_{pd3} entre el cambio de la válvula piloto 34 y que la presión de aire alcance un orificio respectivo de la válvula principal 36. Según una forma de realización, el tiempo de propagación por el conducto es de aproximadamente 1 ms por pie de conducto. Suponiendo que existen 2 pies de conducto entre la válvula de suministro 32 (o sensor 38) y la válvula principal 36, la bomba 10 presenta un tiempo de retardo de la propagación t_{pd1} de aproximadamente 2 ms entre la válvula de suministro 32 y la válvula principal 36. Por tanto, el retardo total entre cuando el controlador 30 señala a la válvula de suministro 32 que se abra y se proporciona realmente aire presurizado a la válvula principal 36 es de 22 ms. Dependiendo de la selección de la válvula de suministro 32, la longitud del conducto y otros factores, tales como la presión piloto requerida para accionar la válvula principal 36, el retardo total puede ser más largo o más corto. Por ejemplo, según otras formas de realización, el retardo puede ser de aproximadamente 10, 20, 30, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ms o más.

Según una forma de realización de la presente exposición, el controlador 30 compensa los tiempos de reacción o retardo inherentes presentes en la bomba 10 aumentando la velocidad de funcionamiento de la bomba 10. El controlador 30 ordena la apertura de la válvula de suministro 32 antes de que se produzca el EOS de modo que se proporciona aire presurizado a la cámara 22 o 24 próxima a expandirse inmediatamente, con poco retardo, si es que hay alguno. Al compensar el retardo, el controlador 30 abre la válvula de suministro 32 antes en el ciclo aumentado la velocidad de la bomba.

Para compensar el retardo, el controlador 30 desencadena la apertura de la válvula de suministro 32 basándose en la detección de una característica o parámetro de la curva 52 de presión. Esta característica de la curva 52 de presión se convierte en un acontecimiento de desencadenamiento de temporización en la curva 52 de presión que indica la posición de funcionamiento de la bomba 10 y sus componentes. Una vez que el controlador 30 observa el acontecimiento de desencadenamiento de temporización, espera durante una cantidad de tiempo de espera (t_{espera}), si lo hay, para abrir la válvula de suministro 32. La longitud de t_{espera} se calcula o se selecciona por el controlador 30 o se preprograma para reducir o eliminar el retardo.

Después de que el controlador 30 observe el acontecimiento de desencadenamiento de temporización, espera durante t_{espera} para señalar a la válvula de suministro 32 que se abra. Según una forma de realización, el acontecimiento de desencadenamiento de temporización es cuando la velocidad de caída de presión se ralentiza a una cantidad predeterminada tal como en $r_{desencadenamiento}$ tal como se muestra en las figuras 2 y 4. Según otra forma de realización, el acontecimiento de desencadenamiento es una presión umbral predeterminada tal como la presión en $p_{desencadenamiento}$. Según otras formas de realización, se utilizan otras características de la curva 52 de presión como acontecimientos de desencadenamiento. Después de que el controlador 30 detecte el acontecimiento de desencadenamiento (tal como $r_{desencadenamiento}$ o $p_{desencadenamiento}$), espera durante t_{espera} y luego instruye a la válvula de suministro 32 a que se abra. Según formas de realización alternativas de la presente exposición, pueden utilizarse otros sensores para proporcionar acontecimientos de desencadenamiento. Según una forma de realización, se proporciona un sensor de proximidad que detecta la posición física real de la válvula piloto 34, la varilla 26 o cualquiera de ambos diafragmas 20, 18 para detectar un acontecimiento de desencadenamiento. Según otras formas de realización, se detecta la presión en otras ubicaciones para detectar un acontecimiento de desencadenamiento derivado de la presión. Por ejemplo, según una forma de realización, se proporcionan sensores de presión para detectar la presión en las líneas piloto que proporcionan señales de presión a la válvula principal 36 que indican si la válvula piloto 34 ha cambiado las posiciones.

Para determinar t_{espera} , el controlador 30 observa la cantidad de tiempo (t_e) entre el acontecimiento de desencadenamiento ($p_{desencadenamiento}$ en la figura 4) y cuando se observa el EOS tal como se describió anteriormente. Según una forma de realización, esta observación se realiza a lo largo de un ciclo de la bomba 10. Según otra forma de realización, este tiempo se observa a lo largo de varios ciclos y se calcula el promedio. El controlador 30 resta entonces una cantidad del tiempo de retardo total (t_{td}) de t_e para determinar t_{espera} . Esto elimina o reduce el retardo inherente entre cuando la válvula principal 36 conmuta las posiciones y cuando se suministra aire presurizado a la válvula principal 36.

El controlador 30 determina la cantidad de tiempo para restar (t_{dt}) detectando la cantidad de retardo en la bomba 10. Debido a que el sensor de presión 38 está situado relativamente cercano a la válvula de suministro 32, la cantidad de retardo debido al funcionamiento del controlador 30 y la válvula de suministro 32 es aproximadamente igual al tiempo desde EOS (t_{EOS}) hasta que la presión comienza a elevarse de nuevo en t_{dp} . Este tiempo puede calcularlo el controlador 30 o preprogramarse. Se provoca un retardo adicional (t_{pd1}) por la propagación de la presión de aire desde la válvula principal 36 hasta el sensor de presión 38 justo después de que la válvula principal 36 conmute la posición antes de t_{EOS} . Se provoca un retardo adicional (t_{pd2}) por la propagación de la presión de aire desde la válvula de suministro 32 hasta la válvula principal 36 justo después de que la válvula de suministro 32 se abra. De manera ilustrativa, los retardos de la propagación de aire (t_{pd1} y t_{pd2}) están preprogramados en el controlador 30. Según una forma de realización de la presente exposición, los retardos de la propagación de aire se determinan basándose en la presión máxima detectada en la curva de presión. Si la presión es alta, el retardo de la propagación es menor que para la presión inferior. Cuando se conoce la longitud del conducto, el retardo de la propagación puede determinarse basándose en la presión máxima detectada en la curva de presión. Los retardos de la propagación (t_{pd1} y t_{pd2}) y el retardo de la válvula de suministro (t_{dp}) se combinan para determinar t_{td} y se restan de t_e . Por tanto, $t_{espera} = t_e - t_{td}$. Según otra forma de realización, el controlador 30 reduce gradualmente t_e (y por tanto t_{espera}) hasta que la velocidad de la bomba ya no aumenta y establece el tiempo reducido como t_{espera} y sigue utilizando t_{espera} para futuros ciclos de la bomba 10. Preferentemente, el controlador 30 recalcula t_{espera} periódicamente para adaptarse a cambios en la bomba 10 que pueden afectar a su velocidad superior.

Tras determinar t_{espera} , el controlador 30 detecta el acontecimiento de desencadenamiento ($p_{desencadenamiento}$ en la figura 6) y espera t_{espera} para señalar la apertura de la válvula de suministro 32. Tal como se muestra en la figura 6, esta señalización se produce antes de que la válvula principal 36 conmute las posiciones a t_v para adaptarse al retardo inherente. Por tanto, el controlador 30 anticipa el movimiento de la válvula principal 36 antes de que se produzca realmente de modo que se proporciona aire presurizado a la válvula principal 36 en aproximadamente el momento que conmuta las posiciones.

Debido a que el retardo se reduce o elimina sustancialmente, se proporciona aire presurizado a la válvula principal 36 en t_v con poco o ningún retardo de modo que se proporciona aire presurizado al diafragma 22 o 24 con poco o ningún retardo. Al reducir o eliminar el retardo, la velocidad de la bomba 10 aumenta para aumentar la salida de bomba 10. Adicionalmente, la caída de presión característica que indica que EOS puede ya no estar presente. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 6, se produce un pico de presión en el sensor 38 justo antes de que la válvula principal 36 se abra en t_v en vez de una caída de presión tal como se muestra en la figura 4. Para detectar EOS basándose en la caída de presión rápida mostrada en la figura 4, puede aumentarse t_{espera} de modo que reaparezca la caída de presión rápida. Esto puede ser necesario para recalibrar periódicamente el t_{espera} ideal a lo largo de la vida de la bomba 10.

El controlador 30 también está configurado para determinar la velocidad de la bomba observando la curva 52 de presión de la figura 6 (que muestra compensación del retardo inherente) o la curva 52 de presión de la figura 4 (que no muestra ninguna compensación del retardo). Al monitorizar acontecimientos cíclicos en las curvas 52 de presión tal como EOS u otros acontecimientos de temporización, puede determinarse la velocidad de la bomba 10. El controlador 30 mide el tiempo entre cada acontecimiento cíclico (t_{be}) para determinar el tiempo de ciclo entre cada acontecimiento. Debido a que el controlador 30 detectará dos acontecimientos para cada ciclo completo de la bomba 10 (uno para la primera cámara 18 y uno para la segunda cámara 20), el tiempo de ciclo será dos veces t_{be} . La inversa del tiempo de ciclo ($2 * t_{be}$) es la velocidad de la bomba (ciclos/unidad de tiempo).

Al monitorizar la velocidad de la bomba, puede determinarse la tasa de descarga de fluido (Q_f) de la bomba 10. Durante cada cambio de posición de los primero y segundo diafragmas 22, 24, la bomba 10 descarga un volumen de fluido igual al volumen expandido (V_e) del lado de fluido 40 de cualquiera de las primera y segunda cámaras 18, 20. V_e es un valor conocido, relativamente fijo. Debido a que el controlador 30 sabe la velocidad de la bomba basándose en la señal del sensor de presión 38, la tasa de descarga Q_f puede determinarse mediante $2 * V_e * \text{la velocidad de la bomba}$.

El controlador 30 puede utilizarse para controlar Q_f ajustando el tiempo entre cuando se detecta la característica cíclica (tal como el EOS u otro desencadenamiento de temporización) y cuando se abre la válvula de suministro 32. Para maximizar la velocidad de la bomba, el controlador 30 no proporciona retardo entre cuando se abre la válvula principal 36 y se proporciona aire presurizado a la válvula principal 36 mediante la válvula de suministro 32. Para reducir la salida de la bomba 10, el controlador 30 proporciona un retardo entre cuando se abre la válvula principal 36 y se proporciona aire presurizado a la válvula principal 36 mediante la válvula de suministro 32. Para disminuir Q_f y la velocidad de la bomba, se proporciona un retardo más largo. Para aumentar Q_f y la velocidad de la bomba, se proporciona un retardo más corto o ningún retardo. Al ajustar t_p , el controlador 30 también puede ajustar Q_f .

El controlador 30 también está configurado para determinar el consumo de aire de la bomba 10. Al monitorizar la velocidad de la bomba y la presión en EOS de los diafragmas 22, 24, el controlador 30 puede determinar el caudal másico de aire utilizado para accionar la bomba 10. En el EOS, cualquier lado de aire 42 de la primera o segunda cámara 18, 20 se expande completamente con aire. El volumen completamente expandido (V_{ae}) del lado de aire 42 y líneas adicionales que se extienden a la válvula de suministro 32 es una cantidad conocida, relativamente fija. En el EOS, el controlador 30 sabe la presión (P_{EOS}) en el lado de aire expandido 42. En la figura 4, P_{EOS} es igual a la presión detectada justo antes de la caída de presión rápida. En la figura 6, P_{EOS} es sustancialmente igual o ligeramente mayor que la presión detectada justo antes del aumento rápido provocado por la válvula de suministro 32 que proporciona aire presurizado a la válvula principal 36. Utilizando la ley de gases ideales ($PV=nRT$), la masa de aire (m_a) puede determinarse mediante $m_a = c * (P_{EOS} * V_{ae}) / (R_a * T_a)$, en donde c es una constante para el gas comprimido en utilización. T_a se preprograma en el controlador 30 basándose en una temperatura promedio del aire normalmente proporcionado a la bomba 10. Según una forma de realización alternativa, se proporciona un sensor de temperatura (no mostrado) para determinar T_a proporcionado a la bomba 10. R_a es la constante de gases para el aire. Debido a que el controlador 30 sabe la velocidad de la bomba basándose en la señal del sensor de presión 38, puede determinarse el caudal másico de aire (Q_a) mediante $2 * m_a * \text{la velocidad de la bomba}$.

Tal como se muestra en la figura 3, puede proporcionarse una interfaz 54 de usuario que proporciona retroalimentación visual a un usuario de los parámetros de funcionamiento de la bomba 10. La interfaz 54 puede incluir una pantalla 56 LCD u otra presentación visual que proporcione cualquier combinación de los parámetros de funcionamiento de la bomba incluyendo, pero sin limitarse a, velocidad de la bomba, caudales másicos de aire instantáneos o acumulados, caudales del fluido de la bomba, la presión de suministro y la presión de cabeza, la superficie de contacto 54 también incluye entradas 58 de usuario que permiten a un usuario controlar la bomba 10 encendiendo o apagando la bomba 10, ajustar t_p o ajustar cualquiera de las otras entradas para la bomba 10.

Dependiendo del diseño específico de la carcasa 16, pueden cambiar los diafragmas 22, 24, el tipo de material que está bombeándose, los parámetros de funcionamiento preferidos de la bomba 10. Estos parámetros pueden incluir la presión del aire suministrado a la bomba 10, t_p o P_{EOS} . Normalmente, si P_{EOS} es mayor que un valor preferido, el controlador 30 mantiene la válvula de suministro 32 abierta demasiado tiempo proporcionando una cantidad en exceso de aire al lado de aire 42. Este aire en exceso se expulsa entonces a la atmósfera y la energía utilizada para comprimir el aire en exceso se desaprovecha. Si P_{EOS} es menor que un valor preferido, el controlador

30 no mantiene la válvula de suministro 32 abierta el tiempo suficiente de modo que no hay suficiente aire para expandir el lado de aire 42 de la primera cámara de bomba 18 completamente o la bomba 10 puede funcionar demasiado lentamente. Debido a que el controlador 30 monitoriza P_{EOS} , puede disminuir o aumentar t_p , según sea necesario para aumentar o disminuir P_{EOS} . Si la P_{EOS} está por encima de un máximo determinado, el controlador 30 puede disminuir t_p para disminuir P_{EOS} . Si P_{EOS} está por debajo de un mínimo determinado, el controlador 30 puede aumentar t_p para aumentar P_{EOS} . De manera similar, si la presión de suministro es demasiado alta, el controlador 30 puede disminuir t_p para disminuir P_{EOS} . Si la presión de suministro es demasiado baja, el controlador 30 puede aumentar t_p para aumentar P_{EOS} .

Además de la monitorización de P_{EOS} , el controlador 30 también monitoriza la presión de suministro de aire 28. Tal como se muestra en las figuras 2 y 4, la presión en las cámaras de bomba 18, 20 generalmente alcanza una meseta a la presión p_{pl} y el tiempo t_{pl} mientras que las cámaras 18, 20 están todavía expuestas al aire del suministro de aire 28. La presión de aire promedio durante esta meseta es generalmente igual a la presión de aire proporcionada por el suministro de aire 28. Al monitorizar la presión de aire en las cámaras 18, 20 durante la meseta, el controlador 30 determina la presión del aire proporcionado por el suministro de aire 28.

El controlador 30 también está configurado para hacer funcionar la bomba 10 a su eficiencia pico. Al determinar la tasa de descarga de fluido de la bomba 10 y la velocidad de flujo de aire a la bomba, el controlador 30 puede determinar la eficiencia máxima de la bomba 10. Durante una prueba de eficiencia, el controlador 30 está configurado para hacer funcionar la bomba 10 a lo largo de un intervalo de t_p . Para cada t_p , el controlador 30 determina la eficiencia de la bomba, que es la Q_f promedio a lo largo del periodo de tiempo sometido a prueba dividido entre Q_a . El controlador 30 registra la eficiencia durante cada t_p y determina el t_p asociado con la eficiencia pico. Si la bomba 10 se fija para funcionar a la eficiencia máxima, el controlador 30 abre y cierra la válvula de suministro 32 durante el t_p asociado con la eficiencia pico.

A lo largo del tiempo, la cantidad de presión necesaria para bombear el fluido puede aumentar. Por ejemplo, si se proporciona un filtro (no mostrado) aguas arriba o aguas abajo de la bomba 10, el filtro se obstruirá gradualmente. A medida que el filtro se obstruye, se vuelve más difícil bombear el fluido. Por tanto, es necesario un t_p más largo para garantizar que hay suficiente presión para expandir los lados de aire 42 de los primero y segundo diafragmas 18, 20 a las posiciones completamente expandidas.

El controlador 30 está dotado de un algoritmo antiatascamiento para detectar y compensar cuándo el suministro de aire 28 proporciona demasiado poco aire para expandir completamente el lado de aire 42 de cualquiera de las primera y segunda cámaras 18, 20. El controlador 30 está programado para incluir un tiempo de atascamiento t_s . Si t_s sobrepasa el tiempo, la válvula de suministro 32 se abre sin que se produzca el EOS o el acontecimiento de desencadenamiento, el controlador 30 proporciona otra ráfaga de aire. Si tras ráfagas repetidas de aire el controlador detecta que la presión en lado de aire 42 de la primera cámara 16 nunca disminuye, el controlador sabe que la bomba 10 se ha atascado porque el primer diafragma 18 ya no se mueve ni expande el volumen del lado de aire 42 de la primera cámara 16. El controlador 30 envía entonces una notificación de que la bomba 10 se ha atascado y necesita mantenimiento. Una notificación de este tipo podría proporcionarse a un centro de control central, una presentación 54 visual de LCD de la bomba 10 o mediante cualquier otro procedimiento o dispositivo de notificación conocido por los expertos habituales en la materia. A continuación se proporcionan detalles adicionales de un algoritmo antiatascamiento adecuado y en la solicitud de patente US con n.º de serie 10/991,296, presentada el 17 de noviembre de 2004, que anteriormente se incorporó expresamente como referencia en la presente memoria. Según una forma de realización, si se sobrepasa t_s , el controlador 30 envía una alarma o notificación de que la bomba 10 se ha atascado sin proporcionar aire adicional a partir del suministro de aire 28. Según una forma de realización de la presente exposición, el controlador 30 somete a prueba periódicamente la bomba 10 para determinar la longitud apropiada de t_p utilizando el algoritmo antiatascamiento. Periódicamente, la bomba 10 disminuye gradualmente t_p hasta que se detecta un acontecimiento de atascamiento mediante el algoritmo antiatascamiento. El controlador 30 reinicia entonces t_p a un valor ligeramente por encima del t_p justo antes del acontecimiento de atascamiento de modo que t_p es justo más largo que el requerido para evitar el atascamiento. Según una forma de realización, se fija t_p 10 ms por encima del t_p que dio como resultado atascamiento. Por ejemplo, podría fijarse t_p a 110 ms si 100 ms provocaron atascamiento.

El sistema de control que hace funcionar la bomba 10 puede proporcionarse en una variedad de bombas, independientemente de la fabricación de la bomba. Muchas bombas de AOD presentan características comunes. Por ejemplo, muchas bombas de AOD presentan válvulas u otros dispositivos que controlan la conmutación del suministro de aire entre las cámaras de diafragma, tales como las válvulas 34, 36 de la bomba 10. Otra característica común en las bombas de AOD es una entrada de aire, tal como la entrada 17, que recibe aire presurizado de un suministro de aire.

Tal como se muestra en la figura 3, el sensor de presión 38 y la válvula de suministro están situados aguas arriba de la entrada 17 de la carcasa 16. El controlador 30 está acoplado a estos componentes aguas arriba. Por tanto, la bomba 10 se controla a través de la entrada 17, una característica común a la bomba de AOD. Debido a que la bomba 10 se controla a través de una característica de bomba de AOD común, puede utilizarse en casi cualquier bomba de AOD controlando el suministro de aire proporcionado a la entrada de la bomba.

Otra forma de realización alternativa de la bomba de AOD 10' se muestra en la figura 7. La bomba de AOD 10' es sustancialmente similar a la bomba de AOD 10. La válvula piloto 34 está conectada al suministro de aire 28 aguas arriba de la válvula de control 32. Cuando la válvula piloto 34 conmuta las posiciones, proporciona aire a la válvula principal 36 a la presión de suministro proporcionada por el suministro de aire 28. Esto aumenta la fiabilidad y velocidad de conmutación de la válvula principal 36. Por tanto, t_{mv} para la bomba 10' será menor que t_{mv} para la bomba 10.

Según una forma de realización alternativa de la presente exposición, la válvula de suministro 32 permanece abierta durante el ciclo de la bomba 10 en vez de abrirse tan sólo durante cortas ráfagas o no se proporciona ninguna válvula de suministro 32. Tal como se muestra en la figura 8, una curva 52" de presión para esta forma de realización es sustancialmente plana con un pico que se produce a intervalos regulares en t_{EOS} para los primero y segundo diafragmas 18, 20. Tal como se describió anteriormente, el intervalo entre picos se utiliza para determinar el tiempo de ciclo y la velocidad de funcionamiento de la bomba. La presión pico (P_{EOS}) puede utilizarse para determinar la presión de suministro. Utilizando el tiempo de ciclo y la presión de suministro (basándose en la presión pico o proporcionada de otra forma), el controlador 30 puede calcular los parámetros de funcionamiento de la bomba de AOD 10 tal como se describió anteriormente. Para potenciar la señal de presión detectada por el sensor de presión 38, puede proporcionarse una restricción, tal como un orificio, entre la válvula de suministro 32 y el sensor de presión 38 o entre el suministro de aire 28 y el sensor de presión 38 si no se proporciona ninguna válvula de suministro 32. Debido a la restricción proporcionada por el orificio, el suministro de aire 28 proporciona menos amortiguación de la señal de presión detectada por el sensor de presión 38. Si no se proporciona un orificio u otra restricción, las restricciones de flujo inherentes también amortiguan la influencia del suministro de aire 28 lo suficiente para permitir también la detección de los picos que indican EOS.

Otra forma de realización a modo de ejemplo de la bomba 10" se muestra en la figura 9 que utiliza un controlador mecánico 30' y sensor mecánico 38' para abrir y cerrar una válvula de suministro pilotada por aire 32'. El suministro de aire 28 proporciona aire presurizado a la válvula de suministro 32' y el controlador mecánico 30'. Cuando la válvula de suministro 32' se abre, el suministro de aire 28 proporciona aire presurizado a la bomba 10" para cambiar los primero y segundo diafragmas 22, 24 a la izquierda o derecha, respectivamente. Al inicio, la presión de aire proporcionada a un primer orificio 33 de la válvula de suministro 32' es significativamente mayor que la presión de aire proporcionada a un segundo orificio 35 de la válvula de suministro 32' de modo que la válvula de suministro 32' permanece abierta durante un periodo de tiempo. El controlador 30' incluye una restricción, tal como una válvula de aguja ajustable 37, y un regulador de presión operado por piloto 39. Debido a la restricción proporcionada por la válvula de aguja 37, la presión inicial en un orificio 41 del regulador de presión 39 es menor que la presión proporcionada por el suministro de aire 28 debido a la caída de presión inicial a través de la válvula de aguja 37. Una válvula de retención 43 opcional ayuda a bloquear que el aire presurizado, que ya ha pasado a través de la válvula de suministro 32', fluya al orificio 41.

Una menor presión proporcionada al orificio 41 da como resultado una menor presión que pasa a través del regulador de presión 39 al segundo orificio 35 de modo que la válvula de suministro 32' permanece abierta. Eventualmente, se desarrolla presión de aire en el orificio 41 mediante el aire que sale más allá de la válvula de aguja 37. La presión en el orificio 41 alcanza un nivel suficientemente alto de modo que el regulador de presión 39 permite que el aire presurizado del suministro de aire 28 alcance el segundo orificio 35 y cambia la válvula de suministro 32' a la posición cerrada. Cuando está en la posición cerrada, la válvula de suministro 32' bloquea completa o parcialmente el flujo de aire del suministro de aire 28 a la bomba 10" y las respectivas cámaras 18, 20.

A medida que el respectivo diafragma 22, 24 sigue cambiando después de que la válvula de suministro 32' se cierre, la presión aguas abajo de la válvula de suministro 32' disminuye gradualmente tal como se muestra en la curva 52" de presión tras t_c en la figura 10. El sensor de presión mecánico 38' es preferentemente un regulador de presión ajustable 43 tal como se muestra en la figura 9. Cuando la presión aguas abajo del sensor de presión 38' alcanza un punto predeterminado, tal como se muestra en $p_{desencadenamiento}$ en la figura 10, el regulador de presión 43 se abre y alivia la presión aguas arriba en el orificio 41 de regulador de presión 39. Debido a que la presión en el orificio 41 está ahora por debajo de un mínimo predeterminado, la presión en el segundo orificio 35 es menor que la presión proporcionada en el primer orificio 33 y la válvula de suministro 32' se abre de nuevo.

El regulador de presión 43 puede ajustarse para seleccionar $p_{desencadenamiento}$ que corresponde al respectivo diafragma 22, 24 aproximándose o alcanzando su posición de final de carrera en t_{EOS} . El regulador de presión 43 puede ajustarse de modo que la bomba 10" esté funcionando a la eficiencia pico o a una velocidad de la bomba deseada. Según formas de realización alternativas, el regulador de presión 43 no es ajustable. Adicionalmente, la válvula de aguja 37 puede ajustarse para cambiar t_p (la cantidad de tiempo que la válvula de suministro 32' se abre). Cuanto mayor es la restricción proporcionada por la válvula de aguja 37, más tiempo permanece abierta la válvula de suministro 32'. Según formas de realización alternativas, la restricción no es ajustable.

En la figuras 11 y 12 se muestra un esquema de bomba para una bomba de AOD. La bomba de AOD 910 incluye un par normalmente, pero podrían ser una o más cámaras de diafragma 916 y 918, una válvula piloto 926, una válvula direccional 950 y tuberías configuradas para permitir que la bomba funcione. En funcionamiento, la bomba

de AOD 910 desarrolla succión de fluido en la tubería 912 para recibir fluido y descargar fluido de la tubería 914. En la figura 11, los diafragmas 920 y 922 están en la configuración izquierda de final de carrera, que se define como la posición más a la izquierda de los diafragmas, y están comenzando a moverse hacia el lado derecho de las cámaras de diafragma 916 y 918 hasta una posición derecha de final de carrera, mostrada en la figura 13. En la figura 12, los diafragmas 920 y 922 están moviéndose hacia la derecha hacia la posición derecha de final de carrera.

El diafragma 922 de la cámara de diafragma 918 y el diafragma 920 de la cámara de diafragma 916 están conectados por la varilla 924, que conecta de manera rígida los diafragmas entre sí. En la condición izquierda de final de carrera, tal como se muestra en la figura 11, el diafragma 920 ha entrado en contacto justo con la varilla de control 940 que mueve la configuración de orificio 934 a la posición activa de la válvula piloto 926. La configuración de orificio 934 se bloquea en esta condición izquierda de final de carrera hasta que el diafragma 922 entra en contacto con la varilla de control 942 y mueve y cierra la configuración de orificio 932 en la posición activa de la válvula piloto 926 (la condición derecha de final de carrera) tal como se muestra en la figura 13.

En la configuración izquierda de final de carrera, tal como se muestra en la figura 11, la válvula piloto 926, que es una válvula de dos posiciones, de cuatro orificios presenta la configuración de orificio 934 en la posición activa. En la figura 11, el diafragma 920 entra en contacto con la varilla de control 940 que acciona la válvula piloto 926 para cambiar las configuraciones de orificio. La válvula piloto 926 incluye cuatro orificios 928, que están conectados a las tuberías 943, 944, 945 y el orificio de escape 930. En esta configuración, el aire suministrado a partir de la tubería 944 se suministra a la tubería 945 y el aire en la tubería 943 se evacúa al orificio de escape 930. El aire suministrado a la tubería 945 se utiliza para situar la configuración del orificio 954 de la válvula direccional 950 en la posición activa. La válvula direccional 950 es una válvula de cuatro orificios y dos posiciones. En esta configuración, el aire de la tubería 958 a partir del lado derecho 921 de la cámara de diafragma 918 se evacúa a la atmósfera a través del orificio de escape 947. El aire de la tubería de suministro de aire 944 se suministra a la tubería 956, que introduce aire en el lado izquierdo 915 de la cámara de diafragma 916. La introducción de aire en el lado izquierdo 915 de la cámara de diafragma 916 aumenta la presión hasta que el diafragma 920 comienza a moverse hacia la derecha tal como se muestra en la figura 12. Simultáneamente, se tira del diafragma 922 al lado derecho 921 de la cámara de diafragma 918 mediante la varilla 924 y se fuerza el aire fuera del lado derecho 921 de la cámara de diafragma 918 a través de la tubería 958 y se evacúa a la atmósfera a través del orificio 947 de la válvula direccional 950.

A medida que los diafragmas 920 y 922 comienzan a moverse hacia el lado derecho de las cámaras de diafragma 916 y 918 desde las posiciones izquierdas de final de carrera, se aplica succión de fluido o un vacío a la tubería 912 a través de la tubería 960 y el lado izquierdo 919 de la cámara de diafragma 918 comienza a llenarse con fluido. La tubería 964 presenta una válvula de retención o válvula de una vía 962 que impide que el fluido en la tubería 964 se extraiga de nuevo al lado izquierdo 919 de la cámara de diafragma 918 a medida que el diafragma 922 se mueve a la derecha. Al mismo tiempo, el diafragma 920 está moviéndose hacia el lado derecho de la cámara de diafragma 916 y forzando el fluido fuera del lado derecho 917 de la cámara de diafragma 916 a través de la tubería 968 a la tubería de descarga de fluido 914. La válvula de retención 963 en la tubería 964 impide que el fluido fluya de nuevo a la tubería 912 cuando el diafragma 920 se mueve a la derecha.

En referencia ahora a la figura 13, el aire suministrado por la tubería 956 ha forzado el diafragma 920 a la posición más a la derecha, que sitúa simultáneamente el diafragma 922 en la posición más a la derecha debido a la varilla 924 que conecta los diafragmas 920 y 922. Los diafragmas están ahora en la posición derecha de final de carrera. En la posición derecha de final de carrera el diafragma 922 entra en contacto con la varilla de control 942 que acciona la válvula piloto 926 para cambiar de la configuración de orificio 934 a la configuración de orificio 932. La configuración de orificio 932 conecta la tubería de suministro de aire 944 con la tubería 943 y evacúa la tubería 945 a través de la tubería 930 en la válvula piloto, que acciona la válvula direccional 950 para cambiar de la configuración de orificio 954 a la configuración de orificio 952. Con la válvula 950 en esta configuración, el aire del suministro de aire 946 se transporta a través de la tubería 944 a la tubería 958 y se utiliza para presurizar el lado derecho 921 de la cámara de diafragma 918. Al mismo tiempo, cuando la válvula direccional 950 presenta la configuración de orificio 952 en la posición activa, el aire de la cámara del lado izquierdo 915 de la cámara de diafragma 916 se evacúa a través de la tubería 956 al orificio de escape 947 a través de la válvula direccional 950.

A medida que los diafragmas 920 y 922 comienzan a moverse hacia la izquierda desde las posiciones derechas de final de carrera en la cámara de diafragma 916 y 918, se aplica succión de fluido a la tubería 912 a través de la tubería 964 y el lado derecho 917 de la cámara de diafragma 916 comienza a llenarse con fluido. La línea 968 presenta una válvula de retención 965 que impide que el fluido en la tubería 968 se extraiga de nuevo al lado derecho 917 de la cámara de diafragma 916 a medida que el diafragma 920 se mueve a la izquierda. Al mismo tiempo, el diafragma 922 está moviéndose hacia el lado izquierdo de la cámara de diafragma 918 y forzando el fluido fuera del lado izquierdo 919 de la cámara de diafragma 918 a través de la tubería 964 a la tubería de descarga de fluido 914. La válvula de retención 961 en la tubería 960 impide que el fluido fluya de nuevo a la tubería 960 cuando el diafragma 922 se mueve a la izquierda.

Se suministra aire al lado derecho 921 de la cámara de diafragma 918 hasta que el diafragma 920 en la cámara

de diafragma 916 entra en contacto con la varilla de control 940 de la válvula piloto 926. Cuando el diafragma 920 entra en contacto con la varilla de control 940 que indica la izquierda de final de carrera, la configuración de orificio de la válvula piloto 926 se cambia de la configuración de orificio 932 a la configuración de orificio 934 tal como se muestra en la figura 11. Cuando la válvula piloto 926 presenta la configuración de orificio 934 en la posición activa, la válvula direccional 950 se cambia de la condición de abertura 952 a la configuración de orificio 954 tal como se muestra en la figura 11. La bomba 910 funciona continuamente con sólo aire presurizado suministrado tal como se describió anteriormente. En formas de realización alternativas, la bomba de AOD 910 puede incluir configuraciones de válvula alternativas. La válvula piloto 926 podría reemplazarse por sensores de posición en formas de realización alternativas.

Una forma de realización de un procedimiento y aparato de la presente invención se muestra en las figuras 14-18. La bomba de AOD 100 incluye las cámaras de diafragma 106 y 108, la válvula piloto 124, el controlador 146 y las válvulas 158, 156 y 206. La bomba de AOD 100 produce succión en la tubería 105 para recibir fluido y expulsa fluido a la tubería 102. La bomba de AOD 100 funciona de un modo similar a la bomba de AOD 910 mostrada en las figuras 11 y 12 con varias excepciones. La válvula direccional 950 de la bomba de AOD 910 se ha reemplazado por las válvulas 156, 158 y 206. La válvula piloto 124 realiza una función similar a la válvula piloto 926 de la bomba de AOD 910. En lugar de impulsar una válvula direccional, la válvula piloto 124 activa los sensores 134 y 136 que emiten una señal indicativa de las condiciones izquierda de final de carrera o derecha de final de carrera similar a la válvula piloto 926 en la bomba de AOD 910. En la figura 14, los diafragmas 110 y 118 han estado recientemente en la posición derecha de final de carrera y están moviéndose a la izquierda. La válvula piloto 124 está todavía en la posición derecha de final de carrera y la configuración de orificio 126 está en la posición activa. En la posición derecha de final de carrera, el diafragma 118 ha entrado en contacto con la varilla de control 138 para accionar la válvula piloto 124 para mover la configuración de orificio 126 a la posición activa. La configuración de orificio 126 permite que pase aire comprimido del suministro de aire 140 a la tubería 144 hasta el sensor 136. El sensor 136 emite una señal eléctrica a través de la tubería 143 al controlador 146 que indica que la bomba 100 está en la configuración derecha de final de carrera. También en la configuración de orificio 126, el aire en la tubería 142 se expulsa a la atmósfera por medio del orificio de escape 130. El controlador 146 recibe señales izquierda de final de carrera y derecha de final de carrera de los sensores 134 y 136 durante el funcionamiento de la bomba 100.

El controlador 146 también recibe una entrada de los sensores 204 y 202 que indican la presión de aire en el lado derecho presurizado 122 y lado izquierdo presurizado 114 de las cámaras de diafragma 108 y 106. El controlador 146 emite señales a través de las tuberías 148, 150, 152, 176 y 185 a las válvulas de control 156, 158 y 206. Las válvulas 156 y 158 son válvulas convencionales de tres orificios, tres posiciones, centradas por resorte con accionadores de solenoide para lograr las posiciones izquierda y derecha para cada válvula. En formas de realización alternativas, podrían utilizarse también válvulas de cinco orificios y tres posiciones. Los tres orificios de la válvula 156 incluyen un orificio de escape 196, una línea 188 y una tubería de suministro de aire 154. Los tres orificios de la válvula 158 incluían el orificio de escape 184, la tubería 186 y la tubería de suministro de aire 154.

En la posición centrada o por defecto, la válvula 156 presenta la configuración de orificio 190 en la posición activa. Los resortes 160 y 164 mantienen la configuración de orificio 190 en la posición activa hasta que el solenoide o bien 162 o bien 166 se activa. Cuando se aplica potencia al solenoide 162, se supera la fuerza de los resortes 160 y 164 y la configuración de orificio 194 se mueve a la posición activa. De manera similar, si se activa el solenoide 166, la configuración de orificio 192 se mueve a la posición activa. La configuración de orificio 194 conecta la tubería de suministro de aire 154 con la tubería 188 que conecta con el lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106. La configuración de orificio 192 conecta la tubería 188 con el orificio de escape 196 para expulsar cualquier aire presente en la tubería 188 a la atmósfera. La configuración de orificio 190, que es configuración por defecto, deja todos los orificios cerrados.

De manera similar, en la posición centrada, la válvula 158 presenta la configuración de orificio 178 en la posición activa. Los resortes 168 y 172 mantienen la configuración de orificio 178 en la posición activa hasta que el solenoide o bien 170 o bien 174 se activa. Cuando se aplica potencia al solenoide 170, se supera la fuerza de los resortes 172 y 168 y la configuración de orificio 182 se mueve a la posición activa. De manera similar, si se activa el solenoide 174, la configuración de orificio 180 se mueve a la posición activa. La configuración de orificio 180 conecta la tubería de suministro de aire 154 con la tubería 186 que conecta con el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108. La configuración de orificio 182 conecta la tubería 186 con el orificio de escape 184 para expulsar cualquier aire presente en la tubería 186 a la atmósfera. La configuración de orificio 178, que es la configuración por defecto, deja todos los orificios cerrados.

La válvula 206 es una válvula de solenoide de dos orificios y dos posiciones con retorno por resorte. En la posición por defecto, el resorte 208 mantiene la configuración de orificio 214 en la posición activa. Cuando se activa el solenoide 210, se supera la fuerza del resorte 208 y la configuración de orificio 212 se mueve a la posición activa. La configuración de orificio 212 conecta las tuberías 216 y 218. La configuración de orificio 214 deja las tuberías 216 y 218 cerradas.

La figura 18 incluye un diagrama de flujo 250 y una tabla 251 correspondiente que ilustran un procedimiento de funcionamiento de la bomba 100. Cuando los diafragmas 110 y 118 están moviéndose a la izquierda y las válvulas

están en la posición derecha de final de carrera (EOSR) tal como se muestra en la figura 14, los solenoides 174 y 166 se energizan mediante el controlador 146 tal como se muestra mediante la etapa 252. Cuando se energizan los solenoides 174 y 166, la válvula 158 presenta la configuración de orificio 180 en la posición activa y la válvula 156 presenta la configuración de orificio 192 en la posición activa. Durante esta etapa, se suministra aire comprimido del suministro de aire 104 al lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 a través de la tubería 154, la válvula 158 y la tubería 186. Al aumentar la presión de aire en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 fuerza el diafragma 118 a la izquierda. A medida que el diafragma 118 se mueve a la izquierda, la varilla de conexión 116 tira del diafragma 110 a la izquierda en la cámara de diafragma 106. El movimiento del diafragma 118 a la izquierda fuerza el fluido en el lado izquierdo 120 de la cámara de diafragma 108 a través de la tubería 193 y la válvula de retención 200 a la tubería de descarga de fluido 102. La válvula de retención 205 en la tubería 196 es similar a la válvula de retención 961 en la figura 11 porque impide que el fluido en el lado izquierdo 120 se empuje de nuevo a la tubería 196 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 118. Al mismo tiempo, el movimiento del diafragma 110 a la izquierda aplica succión de fluido a la tubería 198, lo que a su vez extrae el fluido a través de la válvula de retención 203 y la tubería 199 desde la fuente de fluido 105 llenando la cámara del lado derecho 112 de la cámara de diafragma 106. La válvula de retención 201 en la tubería 195 es similar a la válvula de retención 965 en la figura 11 porque impide que el fluido en la tubería 195 se extraiga de nuevo al lado derecho 112 de la cámara de diafragma 106 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 110.

En la etapa 254, el diafragma 110 entra en contacto con la varilla de control 132 de la válvula piloto 124 indicando que la bomba ha alcanzado la condición izquierda de final de carrera (EOSL). La varilla de control 132 mueve la configuración de orificio 128 a la posición activa de la válvula piloto 124. En la configuración de orificio 128, se expulsa aire de la tubería 144 al orificio de escape 130 y se suministra aire del suministro de aire 140 a la tubería 142. El aire en la tubería 142 provoca que el sensor 134 genere una señal izquierda de final de carrera que se transporta a través de la tubería 141 al controlador 146. Cuando se detecta una condición izquierda de final de carrera, el procedimiento avanza hacia la etapa 256.

En referencia ahora a la figura 15, en la etapa 256, los solenoides 174 y 166 se desactivan o se apagan lo que provoca que la configuración de orificio 178 en la válvula 158 y la configuración de orificio 190 en la válvula 156 se muevan a la posición activa en las respectivas válvulas. Además, en la etapa 256, el solenoide 210 se energiza para mover la configuración de orificio 212 a la posición activa de la válvula 206. La configuración de orificio 212 conectaba las tuberías 216 y 218. Durante la etapa 256, el aire presente en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 se transporta a través de las tuberías 186, 218, la válvula 206, la tubería 216 y la tubería 188 al lado izquierdo 114 o cámara de diafragma 106. La presión de aire P1 en lado derecho 122 y la presión de aire P2 en lado izquierdo 114 comienzan a igualarse a medida que los sensores 204 y 202 monitorizan el cambio de presión en el lado derecho 122 y lado izquierdo 114. En la etapa 258, la presión medida P1 en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 se compara con la presión medida P2 del lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106. Cuando la diferencia entre P1 y P2 es menor que o igual a una presión X seleccionable por el usuario, el procedimiento avanza hacia la etapa 260. En formas de realización alternativas, la función de los sensores 202 y 204 puede realizarla un único sensor de presión diferencial.

En referencia ahora a las figuras 16 y 18, los solenoides 170 y 162 se energizan y todos los demás solenoides se desactivan. La configuración de orificio 182 se mueve a la posición activa en la válvula 158 y la configuración de orificio 194 se mueve a la posición activa en la válvula 156. Cuando se desactiva el solenoide 210 en la válvula 206, el resorte 208 mueve la configuración de orificio 214 a la posición activa en la que las tuberías 216 y 218 están cerradas. En esta condición, las válvulas están en una configuración izquierda de final de carrera en la que se transporta aire comprimido del suministro de aire 104 desde la tubería de suministro 154 a través de la válvula 156 a la tubería 188 hasta el lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106. Al mismo tiempo, cualquier aire restante en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 se expulsa a través de la tubería 186 y la válvula 158 al orificio de escape 184. A medida que el aumento en la presión de aire mueve el diafragma 110 a la derecha en la cámara de diafragma 106, el fluido presente en el lado derecho 112 se fuerza fuera de la cámara de diafragma 106 a través de la tubería 195 y la válvula de retención 201 a la tubería de descarga de fluido 102. La válvula de retención 203 en la tubería 198 es similar a la válvula de retención 963 en la figura 11 porque impide que el fluido en el lado derecho 112 se empuje de nuevo a la tubería 199 durante el movimiento a la derecha del diafragma 110. Al mismo tiempo, la varilla 116 tira del diafragma 118 hacia la derecha, lo que crea un vacío en el lado izquierdo 120 de la cámara de diafragma 108. Se recibe fluido en el lado izquierdo 120 desde la tubería de suministro de fluido 105 y la tubería 197. La válvula de retención 200 en la tubería 193 es similar a la válvula de retención 962 en la figura 11 porque impide que el fluido en la tubería 193 se empuje de nuevo hacia el lado izquierdo 120 durante el movimiento a la derecha del diafragma 118.

Cuando los diafragmas 118 y 110 alcanzan la posición derecha de final de carrera en la etapa 262, tal como se muestra en la figura 17, el procedimiento avanza a la etapa 264. En la etapa 264, la presión en el lado derecho 122 y lado izquierdo 114 de las respectivas cámaras se iguala y todos los solenoides excepto el solenoide 210 se desactivan. El solenoide 210 se energiza para mover la configuración de orificio 212 a la posición activa de la válvula 206. El aire comprimido del lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 se transporta a través de las tuberías 188 y 216, la válvula 206 y las tuberías 218 y 186 al lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 hasta que la diferencia en las presiones P1 y P2 es menor que o igual a la presión X especificada por el usuario

tal como se muestra en la etapa 266. Cuando el diferencial de presión es menor que o igual a la presión X, el procedimiento regresa a la etapa 252 y se repite.

En las figuras 19-24 se muestra otro procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD 100. La figura 19 incluye un diagrama de flujo 300 y una tabla 302 correspondiente que ilustra el estado del solenoide durante las etapas del procedimiento. En la etapa 304, las válvulas se bloquean en la condición derecha de final de carrera y los diafragmas 118 y 110 se mueven a la izquierda tal como se muestra en la figura 20. Tal como se muestra en la tabla 302, los solenoides 174 y 166 se energizan para situar las configuraciones de orificio 180 y 192 en las posiciones activas en las válvulas 158 y 156. Está suministrándose aire comprimido al lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 y está expulsándose aire en la cámara del lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 a través del orificio de escape 196. El fluido presente en el lado izquierdo 120 de la cámara de diafragma 108 se empuja a través de la tubería 193 y la válvula de retención 200 a la tubería de descarga de fluido 102. La válvula de retención 205 en la tubería 197 impide que el fluido fluya desde el lado izquierdo 120 de nuevo a la tubería 196 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 118. Al mismo tiempo, se extrae fluido de la tubería de succión de fluido 105, la tubería 199, la válvula de retención 203 y la tubería 198 al lado derecho 112 de la cámara de diafragma 106 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 110. La válvula de retención 201 impide que el fluido en la tubería 195 se extraiga de nuevo al lado derecho 112 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 110.

Cuando el diafragma 110 entra en contacto con la varilla de control 132 la configuración de orificio 128 se mueve y se bloquea en la posición activa en la válvula piloto 124 tal como se muestra en la figura 21. Se suministra aire comprimido al sensor 134 que entonces envía una señal eléctrica al controlador 146 de que los diafragmas 118 y 110 han alcanzado la posición izquierda de final de carrera. En la etapa 306, cuando los diafragmas han alcanzado la posición izquierda de final de carrera, el procedimiento avanza a la etapa 308.

En la etapa 308, la presión de aire en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 y el lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 se iguala. Tal como se muestra en la tabla 302, el solenoide 210 se energiza y todos los demás solenoides se desactivan. Cuando se energiza el solenoide 210, la configuración de orificio 212 se mueve a la posición activa en la válvula 206 para permitir que el aire en el lado derecho 122 fluya a través de las tuberías 186 y 218, la válvula 206 y las tuberías 216 y 188 al lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106. En la etapa 310, los sensores 204 y 202 detectan la presión de aire P1 en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 y la presión de aire P2 en el lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 y envían señales correspondientes al controlador 146. El controlador 146 compara entonces la diferencia en las presiones P1 y P2 con una presión X seleccionable por el usuario predeterminada. Cuando la diferencia entre P1 y P2 es menor que o igual a X, el procedimiento avanza hacia la etapa 312.

En la etapa 312, el controlador 146 inicia un temporizador (no mostrado) y avanza hacia la etapa 314. En la etapa 314, las válvulas están configuradas en el modo de eficiencia izquierda (EFI-IZQUIERDA) en donde el solenoide 170 se energiza y todos los demás solenoides se desactivan tal como se muestra en la figura 22 y la tabla 302. El solenoide 170 energizado mueve la configuración de orificio 182 a la posición activa de la válvula 158. En esta configuración, el aire en el lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 se expande y mueve los diafragmas 110 y 118 a la derecha a medida que el aire en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 se evacúa a la atmósfera a través del orificio de escape 184 en la válvula 158. En la etapa 316, si los diafragmas 118 y 110 alcanzan la condición derecha de final de carrera, el procedimiento avanza hacia 304 y comienza de nuevo. Si no se alcanza la derecha de final de carrera, el procedimiento avanza hacia la etapa 318. En la etapa 318, la cantidad de tiempo registrada por el temporizador iniciado en la etapa 312 se compara con un periodo de retraso seleccionable por el usuario, por ejemplo 1.5 segundos. Si el temporizador ha agotado el tiempo de retraso, alcanzó 1.5 segundos para este ejemplo, el procedimiento avanza hacia la etapa 320. Si el temporizador aún no ha alcanzado el periodo de retraso, 1.5 segundos para este ejemplo, el procedimiento regresa a la etapa 314 para permitir que el aire en el lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 siga expandiéndose.

En la etapa 320, las válvulas 156 y 158 se colocan en la configuración izquierda de final de carrera energizando los solenoides 170 y 162 para mover las configuraciones de orificio 182 y 194 a las posiciones activas en las válvulas 158 y 156 tal como se muestra en la figura 22 y la tabla 302. En esta condición, se suministra aire comprimido del suministro de aire 104 al lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 para mover los diafragmas 110 y 118 a la derecha. A medida que el diafragma 118 se mueve a la derecha, se extrae fluido al lado izquierdo 120 a través de la tubería 196, la válvula de retención 205, la tubería 197 y la tubería de succión de fluido 105. La válvula de retención 200 en la tubería 193 impide que el fluido en la tubería 102 se extraiga de nuevo al lado izquierdo 120 cuando el diafragma 118 se mueve a la derecha. Al mismo tiempo, el diafragma 110 se mueve a la derecha empujando el fluido presente en el lado derecho 112 de la cámara de diafragma 106 a través de la tubería 195 y la válvula de retención 201 a la tubería de descarga de fluido 102. La válvula de retención 203 en la tubería 199 impide que el fluido en el lado derecho 112 se empuje de nuevo a la tubería 199 durante el movimiento a la derecha del diafragma 110.

En la etapa 322, cuando se detecta una condición derecha de final de carrera, el procedimiento avanza hacia la etapa 324. En la etapa 324 la presión de aire en el lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 y el lado

derecho 122 en la cámara de diafragma 108 se iguala. En la etapa 324, sólo se energiza el solenoide 210 y todos los demás solenoides se desactivan tal como se muestra en la figura 23. La energización del solenoide 210 mueve la configuración de orificio 212 a la posición activa de válvula 206 para permitir que el aire en la cámara del lado izquierdo 114 fluya a través de las tuberías 188 y 216, la válvula 206 y las tuberías 218 y 186 a la cámara de lado derecho 122.

En la etapa 326, el controlador 146 compara la diferencia entre las presiones P2 en el lado izquierdo 114 y P1 en el lado derecho 122 con una presión X seleccionable por el usuario. Si la diferencia entre P2 y P1 es menor que o igual a X, el procedimiento avanza hacia la etapa 328 que activa un temporizador, similar a la etapa 312. El procedimiento avanza entonces la etapa 330. En la etapa 330, las válvulas se sitúan en el modo de eficiencia derecha (EFI-DERECHA) tal como se muestra en la figura 24 y la tabla 302. En la etapa 330, sólo se energiza el solenoide 166 y todos los demás solenoides se desactivan. El solenoide 166 mueve la configuración de orificio 192 a la posición activa de la válvula 156 para expulsar el aire en el lado izquierdo 114 a la atmósfera a través del orificio de escape 196. En este modo, el aire en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 se expande para mover los diafragmas 118 y 110 a la izquierda. En la etapa 332, si se detecta una señal izquierda de final de carrera, el procedimiento avanza hacia la etapa 320. Si no se detecta una señal izquierda de final de carrera, el procedimiento avanza hacia la etapa 334, que es similar a la etapa 318.

En la etapa 334, que es similar a la etapa 318, se compara un retraso seleccionable por el usuario con el temporizador iniciado en la etapa 328. Si el temporizador ha alcanzado el periodo de retraso, el procedimiento avanza hacia la etapa 304 y comienza de nuevo. Si el temporizador no ha alcanzado el periodo de retraso, el procedimiento regresa a la etapa 330 para permitir que el aire en el lado derecho 122 siga expandiéndose hasta que o bien se haya alcanzado la condición izquierda de final de carrera o el temporizador alcance el periodo de retraso.

En las figuras 20-25 se muestra otro procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD 100. La figura 25 incluye un diagrama de flujo 340 y una tabla 342 correspondiente que ilustra el estado de los solenoides durante las etapas del procedimiento. En la etapa 344, las válvulas 156 y 158 se bloquean en la condición derecha de final de carrera y los diafragmas 118 y 110 están moviéndose a la izquierda tal como se muestra en la figura 20. Los solenoides 174 y 166 se energizan para situar las configuraciones de orificio 180 y 192 en las posiciones activas en las válvulas 158 y 156. Está suministrándose aire comprimido al lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 y está extrayéndose aire en la cámara del lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 a través del orificio de escape 196. El fluido presente en el lado izquierdo 120 de la cámara de diafragma 108 se empuja a través de la tubería 193 y la válvula de retención 200 a la tubería de descarga de fluido 102. La válvula de retención 205 en la tubería 197 impide que el fluido fluya desde el lado izquierdo 120 de nuevo a la tubería 196 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 118. Al mismo tiempo, se extrae fluido de la tubería de succión de fluido 105, la tubería 199, la válvula de retención 203 y la tubería 198 al lado derecho 112 del diafragma 106 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 110. La válvula de retención 201 impide que el fluido en la tubería 195 se extraiga de nuevo al lado derecho 112 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 110.

En la etapa 346, los solenoides se energizan durante un periodo de tiempo definido por el usuario de X milisegundos (mS). En la etapa 348, las válvulas se colocan en la condición de economizador de aire 2 en la que sólo se energiza el solenoide 166 y todos los demás solenoides se desactivan tal como se muestra en la figura 20. La condición de economizador de aire 2 es similar al modo de eficiencia derecha descrito anteriormente. En la etapa 348, el aire en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 está expandiéndose para formar los diafragmas 118 y 110 a la izquierda. En la etapa 350 se activa un temporizador en el controlador 146 y el procedimiento avanza hacia la etapa 352. Si se recibe una señal izquierda de final de carrera por el controlador 146 procedente del sensor 134, el procedimiento avanza hacia la etapa 356. Si no se recibe una señal izquierda de final de carrera por el controlador 146, el procedimiento avanza hacia la etapa 354.

En la etapa 354, se compara un periodo de retraso seleccionable por el usuario con el tiempo transcurrido tal como se mide mediante el temporizador iniciado en la etapa 350. Si el periodo de tiempo transcurrido ha alcanzado el periodo de retraso, el procedimiento regresa a la etapa 344. Si el periodo de retraso no ha expirado, el procedimiento regresa a la etapa 352. Tal como se comentó anteriormente, cuando se recibe una señal izquierda de final de carrera por el controlador 146 en la etapa 352, el procedimiento avanza hacia la etapa 356. En la etapa 356, las válvulas están en la condición izquierda de final de carrera tal como se muestra en la figura 21. Se energizan los solenoides 170 y 162 para situar las configuraciones de orificio 182 y 194 en las posiciones activas en las válvulas 158 y 156. Se suministra aire comprimido al lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 para forzar los diafragmas 110 y 118 a la derecha. A medida que el diafragma 118 se mueve a la derecha, se extrae fluido al lado izquierdo 120 a través de la tubería 196, la válvula de retención 205, la tubería 197 y la tubería de succión de fluido 105. La válvula de retención 200 en la tubería 193 impide que el fluido en la tubería 193 se extraiga de nuevo al lado izquierdo 120 cuando el diafragma 118 se mueve a la derecha. Al mismo tiempo, el diafragma 110 se mueve a la derecha empujando el fluido presente en el lado derecho 112 de la cámara de diafragma 106 a través de la tubería 195 y la válvula de retención 201 a la tubería de descarga de fluido 102. La válvula de retención 203 en la tubería 199 impide que el fluido en el lado derecho 112 se empuje de nuevo a la tubería 199 durante el movimiento a la derecha del diafragma 110.

- 5 En la etapa 358, los solenoides se energizan durante un periodo de tiempo definido por el usuario de X milisegundos (mS). En la etapa 360, las válvulas se colocan en la condición de economizador de aire 2 en la que sólo se energiza el solenoide 170 para mover la configuración de orificio 182 a la posición activa de válvula 158 tal como se muestra en la figura 922. En la condición de economizador de aire 2 el aire comprimido presente en el lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 se expande para forzar los diafragmas 110 y 118 a la derecha. En la etapa 362, se inicia un temporizador en el controlador 146. En la etapa 364, si se recibe una señal derecha de final de carrera por el controlador 146 a partir del sensor 136, el procedimiento regresa a la etapa 344 para iniciar el ciclo otra vez. Si no se recibe una señal derecha de final de carrera por el controlador 146, el procedimiento avanza hacia la etapa 366. En la etapa 366, el tiempo transcurrido desde que se activó el temporizador en la etapa 362 se compara con un periodo de retraso seleccionable por el usuario. Si el tiempo transcurrido registrado por el temporizador excede el periodo de retraso, el procedimiento avanza de nuevo hacia la etapa 356. Si el periodo de retraso no ha expirado, el procedimiento regresa a la etapa 364.
- 10
- 15 En las figuras 29-33 se muestra otro procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD 100. La figura 29 incluye un diagrama de flujo 380 y una tabla 382 correspondiente que ilustra el estado de los solenoides durante las etapas del procedimiento. En la etapa 384, las válvulas se bloquean en la condición derecha de final de carrera y los diafragmas 118 y 110 están moviéndose a la izquierda tal como se muestra en la figura 30. Los solenoides 174 y 166 se energizan para situar las configuraciones de orificio 180 y 192 en las posiciones activas en las válvulas 158 y 156. Está suministrándose aire comprimido al lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 y está expulsándose aire en el lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 a través del orificio de escape 196. El fluido presente en el lado izquierdo 120 de la cámara de diafragma 108 se empuja a través de la tubería 193 y la válvula de retención 200 a la tubería de descarga de fluido 102. La válvula de retención 205 en la tubería 197 impide que el fluido fluya del lado izquierdo 120 de nuevo a la tubería 196 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 118. Al mismo tiempo, se extrae fluido de la tubería de succión de fluido 105, la tubería 199, la válvula de retención 203 y la tubería 198 al lado derecho 112 de la cámara de diafragma 106 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 110. La válvula de retención 201 impide que el fluido en la tubería 195 se extraiga de nuevo al lado derecho 112 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 110.
- 20
- 25
- 30 En la etapa 386, los solenoides se energizan durante un periodo de tiempo definido por el usuario de X milisegundos (mS). En la etapa 388, las válvulas se colocan en la condición de economizador de aire 2 en la que sólo se energiza el solenoide 166 y todos los demás solenoides se desactivan tal como se muestra en la tabla 382. La etapa 388 es similar a la etapa 348 porque el aire en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 está expandiéndose para forzar los diafragmas 118 y 110 a la izquierda. En la etapa 390, se activa un temporizador en el controlador 146 y el procedimiento avanza a la etapa 392. En la etapa 392, si se recibe una señal izquierda de final de carrera por el controlador 146 a partir del sensor 134, el procedimiento avanza hacia la etapa 396. Si no se recibe una señal izquierda de final de carrera por controlador 146, el procedimiento avanza hacia la etapa 394.
- 35
- 40 En la etapa 394, se compara un periodo de retraso seleccionable por el usuario con el tiempo transcurrido tal como se mide mediante el temporizador iniciado en la etapa 390. Si el periodo de tiempo transcurrido ha alcanzado el periodo de retraso, el procedimiento regresa a la etapa 384. Si el periodo de retraso no ha expirado, el procedimiento regresa a la etapa 392. Tal como se comentó anteriormente, cuando se recibe una señal izquierda de final de carrera por el controlador 146 en la etapa 392, el procedimiento avanza hacia la etapa 396. En la etapa 396, tal como se muestra en la figura 31, la presión de aire en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 se iguala con la presión de aire en el lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106. El solenoide 210 de la válvula 206 se energiza para permitir que el aire en el lado derecho 122 fluya a través de las tuberías 186 y 218, la válvula 206 y las tuberías 216 y 188 al lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106. En la etapa 398, la presión de aire P1 de lado derecho 122 se mide mediante el sensor 204 y se monitoriza mediante el controlador 146. La presión de aire P2 de lado izquierdo 114 se mide mediante el sensor 202 que envía una señal correspondiente al controlador 146. El controlador 146 compara entonces la diferencia entre P1 y P2 con una presión de aire X definida por el usuario predeterminada. Si la diferencia entre P1 y P2 es menor que o igual a X, el procedimiento avanza a la etapa 400. Si la diferencia entre P1 y P2 es mayor que X, el procedimiento regresa a la etapa 396.
- 45
- 50
- 55 En la etapa 400, las válvulas están en la condición izquierda de final de carrera con los solenoides 170 y 162 energizados para mover las configuraciones de orificio 182 y 194 a las posiciones activas de las válvulas 158 y 156 tal como se muestra en la figura 31. Está suministrándose aire comprimido al lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 y está expulsándose aire en el lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108 a través del orificio de escape 184. El fluido presente en el lado derecho 112 de la cámara de diafragma 106 se empuja a través de la tubería 195 y la válvula de retención 201 a la tubería de descarga de fluido 102. La válvula de retención 203 en la tubería 199 impide que el fluido fluya del lado derecho 112 de nuevo a la tubería 199 durante el movimiento a la derecha del diafragma 110. Al mismo tiempo, se extrae fluido de la tubería de succión de fluido 105, la tubería 197, la válvula de retención 205 y la tubería 196 al lado izquierdo 120 de la cámara de diafragma 108 durante el movimiento a la derecha del diafragma 118. La válvula de retención 200 impide que el fluido en la tubería 193 se extraiga de nuevo al lado izquierdo 120 durante el movimiento a la derecha del diafragma 118.
- 60
- 65

En la etapa 402, los solenoides 170 y 162 permanecen energizados durante un periodo de tiempo definido por el usuario de X milisegundos (mS). En la etapa 404 las válvulas se colocan en la condición de economizador de aire 2 en la que sólo se energiza el solenoide 170 y todos los demás solenoides se desactivan tal como se muestra en la tabla 382. En la etapa 404, el aire en el lado izquierdo 114 de la cámara de diafragma 106 se expande forzando los diafragmas 118 y 110 a la derecha tal como se muestra en la figura 32. En la etapa 406, se activa un temporizador en el controlador 146 y el procedimiento avanza hacia la etapa 408. En la etapa 408, si se recibe una señal derecha de final de carrera, tal como la condición mostrada en la figura 33, por el controlador 146 a partir del sensor 136, el procedimiento avanza a la etapa 412. Si no se recibe una señal derecha de final de carrera por el controlador 146, el procedimiento avanza hacia la etapa 410.

En la etapa 410, se compara un periodo de retraso seleccionable por el usuario con el tiempo transcurrido tal como se mide mediante el temporizador iniciado en la etapa 406. Si el periodo de tiempo transcurrido ha alcanzado el periodo de retraso, el procedimiento regresa a la etapa 400. Si el periodo de retraso no ha expirado, el procedimiento regresa a la etapa 408. Tal como se comentó anteriormente, cuando se recibe una señal derecha de final de carrera por el controlador 146 en la etapa 408, el procedimiento avanza a la etapa 412. En la etapa 412, la presión de aire en el lado derecho 122 de la cámara del diafragma 108 se iguala con la presión de aire en el lado izquierdo 114 de la cámara del diafragma 106. El solenoide 210 de la válvula 206 se energiza para permitir que el aire en el lado izquierdo 114 fluya a través de las tuberías 188 y 216, la válvula 206 y las tuberías 218 y 186 al lado derecho 122 de la cámara de diafragma 108. En la etapa 414, la presión de aire P1 de lado derecho 122 se mide mediante el sensor 204 y se monitoriza mediante el controlador 146. La presión de aire P2 de lado izquierdo 114 se mide mediante el sensor 202 que envía una señal correspondiente al controlador 146. El controlador 146 compara entonces la diferencia entre P2 y P1 con una presión de aire X definida por el usuario predeterminada. Si la diferencia entre P2 y P1 es menor que o igual a X, el procedimiento regresa a la etapa 384. Si la diferencia entre P2 y P1 es mayor que X, el procedimiento regresa a la etapa 412.

Deberá entenderse que un experto habitual en la materia reconocería que los procedimientos de funcionamiento de la bomba de AOD 100 descritos anteriormente podrían implementarse en bombas de AOD convencionales para reducir el consumo de aire comprimido y la eficiencia de funcionamiento.

En las figuras 34-38 se muestra otro procedimiento y aparato de la presente invención. Tal como se muestra en la figura 35, la bomba de AOD 460 incluye cámaras de diafragma 468 y 504, válvula piloto 505, válvula direccional 522, controlador 542, válvula de control 482 y sensores de presión 534, 520 y 518. La bomba de AOD 460 recibe fluido en la tubería de succión de fluido 480 y expulsa fluido presurizado a la tubería de descarga de fluido 462. La cámara de diafragma 504 incluye lado izquierdo 503, lado derecho 500 y diafragma 502. La cámara de diafragma 468 incluye diafragma 470, lado izquierdo 474 y lado derecho 476. Los diafragmas 502 y 470 están acoplados entre sí mediante una varilla 508

En esta forma de realización, la válvula piloto 505 es una válvula de cuatro orificios y dos posiciones. La válvula piloto 505 incluye las varillas de control 506 y 472 y las configuraciones de orificio 510 y 514. La configuración de orificio 510 conecta la tubería 494 con la tubería 515 y la tubería 516 con el orificio de escape 512. La configuración de orificio 514 conecta la tubería 494 con la tubería 516 y la tubería 515 con el orificio de escape 512. La válvula direccional 522 es también una válvula de cuatro orificios y dos posiciones e incluye las configuraciones de orificio 524 y 526. La configuración de orificio 524 conecta la tubería 530 con el orificio de escape 528 y la tubería 492 con la tubería 532. La configuración de orificio 526 conecta la tubería 532 con el orificio de escape 528 y la tubería 492 con la tubería 530. La válvula piloto 505 y la válvula direccional 522 son sustancialmente similares a la válvula piloto 926 y la válvula direccional 950 mostradas en la figura 11.

La válvula de control 482 es una válvula de solenoide de dos orificios y dos posiciones normalmente abierta con retorno por resorte. La válvula de control 482 incluye las configuraciones de orificio 487 y 485. El resorte 484 sitúa la configuración de orificio 487 en la posición activa de la válvula 482. La configuración de orificio 487 conecta la tubería 490 con la tubería 492. La configuración de orificio 485 cierra las tuberías 490 y 492. El solenoide 488 puede energizarse para superar la fuerza ejercida por el resorte 484 y mover la configuración de orificio 485 a la posición activa en la válvula 482.

El controlador 542 recibe señales eléctricas de los sensores de presión 534, 520 y 518 a través de las tuberías 536, 540 y 538, respectivamente. El sensor de presión 534 detecta la presión en la tubería 462. El sensor de presión 520 detecta una condición derecha de final de carrera detectando la presión de aire en la tubería 515 y envía una señal correspondiente al controlador 542. El sensor de presión 518 detecta una condición izquierda de final de carrera detectando la presión de aire en la tubería 516 y envía una señal correspondiente al controlador 542. El controlador 542 controla el solenoide 488 utilizando la tubería 544.

En la figura 34 se muestra un procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD 460. La figura 34 incluye un diagrama de flujo 420 y una tabla 422 correspondiente que ilustra el estado del solenoide 488 durante las etapas del procedimiento. En la figura 35, los diafragmas 502 y 470 han alcanzado justo la condición derecha de final de carrera. La configuración de orificio 510 se bloquea en la posición activa en la válvula piloto 505. Se suministra aire comprimido a partir de la tubería 494 a tubería 515 que se mueve y bloquea la configuración de orificio 524 en la

posición activa en la válvula direccional 522. Se expulsa aire en la tubería 516 a la atmósfera a través del orificio de escape 512. El sensor de presión 520 detecta el aumento de presión de aire en la tubería 515 y envía una señal derecha de final de carrera al controlador 542. Cuando la configuración de orificio 524 está en la posición activa en la válvula 522, el aire del lado izquierdo 474 de la cámara de diafragma 468 se expulsa a la atmósfera a través del orificio de escape 528 y se suministra aire comprimido a partir de la tubería 492 al lado derecho 500 de la cámara de diafragma 504 a través de la válvula 522.

En la etapa 424, se inicia el procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD 460 manteniendo el solenoide 488 en un estado desactivado durante un periodo de tiempo seleccionable por el usuario, por ejemplo, 1 segundo, para iniciar la bomba 460. Durante el periodo de tiempo seleccionable por el usuario, la bomba funciona sin la característica de economizador de aire en modo mecánico tal como se describe en la figura 11. Después de que el periodo de tiempo seleccionable por el usuario, 1 segundo en este ejemplo, expire, el procedimiento avanza a la etapa 426. En la etapa 426, si se recibe la señal izquierda de final de carrera por el controlador 542, el procedimiento avanza hacia 440, que se describe a continuación. Si no se recibe una señal izquierda de final de carrera, el procedimiento avanza hacia la etapa 428.

En la etapa 428, las válvulas 505 y 522 están todavía bloqueadas en la configuración derecha de final de carrera y el solenoide 488 permanece desactivado y el procedimiento avanza hacia la etapa 430. En la etapa 430, el solenoide 488 permanece desenergizado durante un periodo de tiempo seleccionable por el usuario de X milisegundos (mS) permitiendo que el resorte 484 mantenga la configuración de orificio 487 en la posición activa de la válvula 482. En la etapa 432, que coloca las válvulas en la condición de economizador de aire 2, se energiza el solenoide 488 para mover la configuración de orificio 485 a la posición activa en la válvula 482. La configuración de orificio 485 cierra las tuberías 490 y 492. La condición de economizador de aire 2 permite que el aire previamente empujado al lado derecho 500 de la cámara de diafragma 504 se expanda y el aire se expulse del lado izquierdo 474 de la cámara 468 para mover los diafragmas 502 y 470 a la izquierda. En la etapa 434, el controlador 542 activa un temporizador y el procedimiento avanza hacia la etapa 436.

En la etapa 436, si se alcanza la izquierda de final de carrera, el procedimiento avanza a la etapa 440. Si no se alcanza la izquierda de final de carrera, el procedimiento avanza hacia la etapa 438. En la etapa 438, se compara un periodo de retraso seleccionable por el usuario con el tiempo transcurrido tal como se mide mediante el temporizador iniciado en la etapa 434. Si el periodo de tiempo transcurrido ha alcanzado el periodo de retraso, el procedimiento regresa a la etapa 428. Si el periodo de retraso no ha expirado, el procedimiento regresa a la etapa 436. Tal como se comentó anteriormente, cuando se recibe una señal izquierda de final de carrera por el controlador 542 en la etapa 436, el procedimiento avanza hacia la etapa 440.

En la etapa 440, las válvulas 505 y 522 se bloquean en la condición izquierda de final de carrera y el solenoide 488 se desenergiza para colocar la configuración de orificio 487 en la posición activa en la válvula 482. Tal como se muestra en la figura 37, está suministrándose aire comprimido al lado izquierdo 474 de la cámara de diafragma 468 y está expulsándose aire en el lado derecho 500 de la cámara de diafragma 504 a través del orificio de escape 528. El fluido presente en el lado derecho 476 de la cámara de diafragma 468 se empuja a través de la tubería 464 y la válvula de retención 466 a la tubería de descarga de fluido 462. La válvula de retención 481 en la tubería 478 impide que el fluido fluya del lado derecho 476 de nuevo a la tubería 478 durante el movimiento a la derecha de diafragma 470. Al mismo tiempo, se extrae fluido de la tubería de succión de fluido 480, la tubería 496 y la válvula de retención 498 al lado izquierdo 503 de la cámara de diafragma 504 durante el movimiento a la derecha del diafragma 502. La válvula de retención 507 impide que el fluido en la tubería 509 se extraiga de nuevo al lado izquierdo 503 durante el movimiento a la derecha del diafragma 502.

En la etapa 442, el solenoide 488 permanece desenergizado durante un periodo de tiempo definido por el usuario de X milisegundos (mS), permitiendo que el resorte 484 mantenga la configuración de orificio 487 en la posición activa de la válvula 482. En la etapa 444, se energiza el solenoide 488 y mueve la configuración de orificio 485 a la posición activa en la válvula 482. La configuración de orificio 485 cierra las tuberías 490 y 492, lo que coloca la válvula 482 en la condición de economizador de aire 2. El aire previamente empujado al lado izquierdo 474 de la cámara de diafragma 468 se expande y el aire se expulsa del lado derecho 500 de la cámara de diafragma 504 para forzar los diafragmas 470 y 502 a la derecha. En la etapa 446, se activa un temporizador en el controlador 542 y el procedimiento avanza hacia la etapa 448. En la etapa 448, si se recibe una señal derecha de final de carrera por el controlador 542 procedente del sensor 520, el procedimiento avanza a la etapa 428. Si no se recibe una señal derecha de final de carrera por el controlador 542, el procedimiento avanza a la etapa 450.

En la etapa 450, se compara un periodo de retraso seleccionable por el usuario con el tiempo transcurrido tal como se mide mediante el temporizador iniciado en la etapa 446. Si el periodo de tiempo transcurrido ha alcanzado el periodo de retraso, el procedimiento regresa a la etapa 440. Si el periodo de retraso no ha expirado, el procedimiento regresa a la etapa 448.

En la forma de realización descrita anteriormente, un fallo de potencia en el controlador 542 o solenoide 488 permite que la bomba siga funcionando suponiendo que se suministra aire comprimido de manera continua mediante el suministro de aire 486.

En las figuras 39-42 se muestra otro procedimiento y aparato de la presente invención 39-42. En la figura 40 se muestra una bomba de AOD 580 que incluye las cámaras de diafragma 588 y 672, la válvula piloto 656, el controlador 670 y las válvulas de control 644, 626 y 610. La bomba de AOD 580 recibe fluido en la tubería de succión de fluido 602 y expulsa fluido presurizado en la descarga 582 de fluido. La cámara de diafragma 588 incluye el lado izquierdo 591, el lado derecho 590 y el diafragma 592. La cámara de diafragma 672 incluye el lado izquierdo 670, el lado derecho 668 y el diafragma 664. Los diafragmas 664 y 592 están acoplados entre sí mediante la varilla 596.

La válvula piloto 656 funciona de manera similar a la válvula piloto 926 mostrada en la figura 11. La válvula piloto 656 es una válvula de cuatro orificios y dos posiciones. La válvula piloto 656 incluye varillas de control 667 (cambio de 666 a 667 en las figuras 40, 41 y 42) y 594 y configuraciones de orificio 662 y 658. La configuración de orificio 662 conecta el suministro de aire 654 a una tubería 682 y una tubería 684 a un orificio de escape 660. La configuración de orificio 658 conecta el suministro de aire 654 a la tubería 684 y la tubería 682 al orificio de escape 660. El sensor de presión 678 está acoplado a la tubería 682 y envía una señal eléctrica al controlador 670 indicando que se ha detectado una condición derecha de final de carrera cuando se suministra aire a la tubería 682. De manera similar, el sensor de presión 680 está acoplado a la tubería 684 y envía una señal eléctrica al controlador 670 indicando que se ha detectado una condición izquierda de final de carrera cuando se suministra aire a la tubería 684.

Las válvulas de control 644 y 610 son válvulas de solenoide de tres orificios y dos posiciones con retorno por resorte. La válvula de control 644 incluye las configuraciones de orificio 640 y 642. El resorte 638 mantiene la configuración de orificio 640 en la posición activa en la válvula 644 cuando se desenergiza el solenoide 646. El solenoide 646 puede energizarse para mover la configuración de orificio 642 a la posición activa de la válvula 644. La configuración de orificio 640 conecta la tubería 620 con 649 y cierra el suministro de aire 636. La configuración de orificio 642 conecta la tubería 649 con el suministro de aire 636 y cierra la tubería 620. La válvula de control 610 incluye las configuraciones de orificio 612 y 616. El resorte 618 mantiene la configuración de orificio 616 en la posición activa en la válvula 610 cuando se desenergiza el solenoide 608. El solenoide 608 puede energizarse para mover la configuración de orificio 612 a la posición activa de la válvula 610. La configuración de orificio 616 conecta la tubería 620 con 606 y cierra el suministro de aire 614. La configuración de orificio 612 conecta la tubería 606 con el suministro de aire 614 y cierra la tubería 620.

La válvula de control 626 es una válvula de solenoide de dos orificios y dos posiciones con retorno por resorte. La válvula de control 626 incluye las configuraciones de orificio 630 y 632. El resorte 622 mantiene la configuración de orificio 630 en la posición activa en la válvula 626 cuando se desenergiza el solenoide 634. El solenoide 634 puede energizarse para mover la configuración de orificio 632 a la posición activa de la válvula 626. La configuración de orificio 632 conecta la tubería 620 con el orificio de escape 628. La configuración de orificio 630 cierra la tubería 620 y el orificio de escape 628.

En referencia ahora al diagrama de flujo 560 y la tabla 562 en la figura 39, se muestra un procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD 580. En la etapa 564, la válvula piloto 656 se bloquea en la condición derecha de final de carrera y los solenoides 646 y 634 se energizan. El solenoide 646 mueve la configuración de orificio 642 a la posición activa en la válvula 644, lo que permite que fluya aire comprimido del suministro de aire 636 al lado derecho 668 de la cámara de diafragma 672 a través de la tubería 649. El solenoide 634 mueve la configuración de orificio 632 a la posición activa en la válvula 626. El resorte 618 de la válvula 610 mantiene la configuración de orificio 616 en la posición activa para permitir que se expulse aire del lado izquierdo 591 de la cámara de diafragma 588 a la atmósfera a través de las tuberías 605, 620 y el orificio de escape 628.

En la etapa 566, si los diafragmas 664 y 592 alcanzan la izquierda de final de carrera, tal como se muestra en la figura 41, el procedimiento avanza hacia la etapa 568. Si los diafragmas 664 y 592 no han alcanzado la izquierda de final de carrera, el procedimiento regresa a la etapa 564. En la etapa 568, la presión en el lado derecho 668 de la cámara de diafragma 672 se iguala con la presión en el lado izquierdo 591 de la cámara de diafragma 588. Todos los solenoides se desactivan de modo que el aire en el lado derecho 668 puede fluir a través de la tubería 649, la válvula 644, la tubería 620, la válvula 616 y la tubería 605 al lado izquierdo 591 de la cámara de diafragma 588. En la etapa 568, la configuración de orificio 640 está en la posición activa en la válvula 644, la configuración de orificio 616 está en la posición activa en la válvula 610 y la configuración de orificio 630 está en la posición activa en la válvula 626.

El sensor 648 mide la presión P1 en el lado derecho 668 y envía una señal correspondiente al controlador 670. El sensor 604 mide la presión P2 en el lado izquierdo 591 y envía una señal correspondiente al controlador 670. El controlador 670 compara la diferencia entre P1 y P2 con una presión X seleccionable por el usuario. Si la diferencia entre P1 y P2 es menor que o igual a X, el procedimiento avanza hacia la etapa 572. Si la diferencia entre P1 y P2 es mayor que X, el procedimiento regresa a la etapa 568.

En la etapa 572, la válvula piloto se bloquea en la condición izquierda de final de carrera y los solenoides 608 y 634 se energizan. El solenoide 608 mueve la configuración de orificio 612 a la posición activa en la válvula 610, lo que permite que el aire comprimido del suministro de aire 614 fluya al lado izquierdo 591 de la cámara de diafragma 588. El solenoide 634 mueve la configuración de orificio 632 a la posición activa en la válvula 626 para permitir que se expulse aire del lado derecho 668 de la cámara de diafragma 672 a la atmósfera a través del orificio de escape 628.

- 5 En la etapa 574, si los diafragmas 664 y 592 alcanzan la derecha de final de carrera, tal como se muestra en la figura 42, el procedimiento avanza hacia la etapa 576. Si los diafragmas 664 y 592 no han alcanzado la derecha de final de carrera, el procedimiento regresa a la etapa 572. En la etapa 576, la presión en el lado derecho 668 de la cámara de diafragma 672 se iguala con la presión en el lado izquierdo 591 de la cámara de diafragma 588. Todos los solenoides se desactivan de modo que el aire en el lado izquierdo 591 puede fluir a través de la tubería 605, la válvula 610, la tubería 620, la válvula 644 y la tubería 649 al lado derecho 668 de la cámara de diafragma 672. En la etapa 576, la configuración de orificio 640 está en la posición activa en la válvula 644, la configuración de orificio 616 está en la posición activa en la válvula 610 y la configuración de orificio 630 está en la posición activa en la válvula 626.
- 10 En la etapa 578, el controlador 670 compara la diferencia entre P2 y P1 con la presión X seleccionable por el usuario. Si la diferencia entre P2 y P1 es menor que o igual a X, el procedimiento regresa a la etapa 564. Si la diferencia entre P2 y P1 es mayor que X, el procedimiento regresa a la etapa 576.
- 15 En las figuras 43-47 se muestra otro procedimiento y aparato de la presente invención. En la figura 44 se muestra una bomba de AOD 740 que incluye las cámaras de diafragma 748 y 828, la válvula piloto 810, el controlador 846 y las válvulas de control 876, 852, 796 y 764. La bomba de AOD 740 recibe fluido en la tubería de succión de fluido 800 y expulsa fluido presurizado en la tubería de descarga de fluido 742. La cámara de diafragma 828 incluye el lado izquierdo 826, el lado derecho 822 y el diafragma 824. La cámara de diafragma 748 incluye el lado izquierdo 753, el lado derecho 752 y el diafragma 750. Los diafragmas 824 y 750 están acoplados entre sí mediante la varilla 808.
- 20 La válvula piloto 810 funciona de manera similar a la válvula piloto 926 mostrada en la figura 11. La válvula piloto 810 es una válvula de cuatro orificios y dos posiciones. La válvula piloto 810 incluye las varillas de control 820 y 754 y las configuraciones de orificio 812 y 818. La configuración de orificio 818 conecta el suministro de aire 816 a la tubería 836 y la tubería 840 al orificio de escape 814. La configuración de orificio 812 conecta el suministro de aire 816 a la tubería 840 y la tubería 836 al orificio de escape 814. El sensor de presión 834 está acoplado a la tubería 836 y envía una señal eléctrica al controlador 846 indicando que se ha detectado una condición derecha de final de carrera cuando se suministra aire a la tubería 836. De manera similar, el sensor de presión 838 está acoplado a la tubería 840 y envía una señal eléctrica al controlador 846 indicando que se ha detectado una condición izquierda de final de carrera cuando se suministra aire a la tubería 840.
- 25 Las válvulas de control 876, 852, 796 y 764 son válvulas de solenoide de tres orificios y dos posiciones con retorno por resorte. La válvula de control 876 incluye las configuraciones de orificio 874 y 868. El resorte 866 mantiene la configuración de orificio 868 en la posición activa en la válvula 876 cuando el solenoide 872 se desenergiza. El solenoide 872 puede energizarse para mover la configuración de orificio 874 a la posición activa de la válvula 876. La configuración de orificio 868 conecta la tubería 880 con la tubería 864 y cierra el suministro de aire 870. La configuración de orificio 874 conecta la tubería 880 con el suministro de aire 870 y cierra la tubería 864. La válvula de control 852 incluye las configuraciones de orificio 860 y 858. El resorte 856 mantiene la configuración de orificio 858 en la posición activa en la válvula 852 cuando el solenoide 862 se desenergiza. El solenoide 862 puede energizarse para mover la configuración de orificio 860 a la posición activa de la válvula 852. La configuración de orificio 858 conecta la tubería 864 con el orificio de escape 854 y cierra la tubería 782. La configuración de orificio 860 conecta la tubería 864 con la tubería 782 y cierra el orificio de escape 854.
- 35 La válvula de control 764 incluye las configuraciones de orificio 794 y 768. El resorte 792 mantiene la configuración de orificio 794 en la posición activa en la válvula 764 cuando el solenoide 766 se desenergiza. El solenoide 766 puede energizarse para mover la configuración de orificio 768 a la posición activa de la válvula 764. La configuración de orificio 794 conecta la tubería 762 con la tubería 790 y cierra el suministro de aire 772. La configuración de orificio 768 conecta la tubería 762 con el suministro de aire 772 y cierra la tubería 790. La válvula de control 796 incluye las configuraciones de orificio 780 y 788. El resorte 786 mantiene la configuración de orificio 788 en la posición activa en la válvula 796 cuando el solenoide 778 se desenergiza. El solenoide 778 puede energizarse para mover la configuración de orificio 780 a la posición activa de la válvula 796. La configuración de orificio 788 conecta la tubería 790 con el orificio de escape 784 y cierra la tubería 782. La configuración de orificio 780 conecta la tubería 782 con la tubería 790 y cierra el orificio de escape 784.
- 45 Tal como se muestra en la figura 44, los diafragmas 824 y 750 han estado recientemente en la posición derecha de final de carrera y están moviéndose a la izquierda. En esta condición, el fluido presente en el lado izquierdo 826 de la cámara de diafragma 828 se empuja a través de la tubería 830 y la válvula de retención 832 a la tubería de descarga de fluido 742. La válvula de retención 804 en la tubería 806 impide que el fluido fluya de nuevo a la tubería 806 del lado izquierdo 826 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 824. Al mismo tiempo, el diafragma 750 está moviéndose a la izquierda, lo que crea un vacío en el lado derecho 752 de la cámara de diafragma 748. Se extrae fluido de la tubería 800 a través de la válvula de retención 758 y la tubería 756 al lado derecho 752. La válvula de retención 744 en la tubería 746 impide que el fluido en la tubería 746 se extraiga de nuevo al lado derecho 752 durante el movimiento a la izquierda del diafragma 750.
- 60 En referencia ahora a la figura 45, los diafragmas 824 y 750 han alcanzado la posición izquierda de final de carrera y están comenzando a moverse a la derecha. En esta condición, el fluido presente en el lado derecho 752 de la cámara
- 65

de diafragma 748 se empuja a través de la tubería 746 y la válvula de retención 744 a la tubería de descarga de fluido 742. La válvula de retención 758 en la tubería 756 impide que el fluido fluya de nuevo a la tubería 756 del lado derecho 752 durante el movimiento a la derecha del diafragma 750. Al mismo tiempo, el diafragma 824 está moviéndose a la derecha, lo que crea un vacío en el lado izquierdo 826 de la cámara de diafragma 828. Se extrae fluido de la tubería 800 a través de la válvula de retención 804 y la tubería 806 al lado izquierdo 826. La válvula de retención 832 en la tubería 830 impide que el fluido en la tubería 830 se extraiga de nuevo al lado izquierdo 826 durante el movimiento a la derecha del diafragma 824.

En referencia ahora al diagrama de flujo 720 y la tabla 722 en la figura 43, se muestra un procedimiento de funcionamiento de la bomba de AOD 740. En la etapa 724, la válvula piloto 810 se bloquea en la condición derecha de final de carrera y el solenoide 872 se energiza. El solenoide 872 mueve la configuración de orificio 874 a la posición activa en la válvula 876, lo que permite que el aire comprimido del suministro de aire 870 fluya al lado derecho 822 de la cámara de diafragma 828 para mover el diafragma 824 a la izquierda. En la válvula 764, la configuración de orificio 794 está en la posición activa, lo que permite que el aire en el lado izquierdo 753 pase a través de la tubería 762 a la tubería 790. En la válvula 796, la configuración de orificio 788 está en la posición activa para permitir que el aire en la tubería 790 se expulse a la atmósfera a través del orificio de escape 784 a medida que el diafragma 750 se mueve a la izquierda.

En la etapa 726, si los diafragmas 824 y 750 alcanzan la izquierda de final de carrera, tal como se muestra en la figura 45, el procedimiento avanza hacia la etapa 728. Si los diafragmas 824 y 750 no han alcanzado la izquierda de final de carrera, el procedimiento regresa a la etapa 724. En la etapa 728, la presión en el lado derecho 822 de la cámara de diafragma 828 se iguala con la presión en el lado izquierdo 753 de la cámara de diafragma 748 para mover los diafragmas 824 y 750 a la derecha tal como se muestra en la figura 46. Los solenoides 862 y 778 se energizan para mover las configuraciones de orificio 860 y 780 a las posiciones activas de las válvulas 852 y 796. En la etapa 728, el aire en el lado derecho 822 fluye a través de la tubería 880, la válvula 876, la tubería 864, la válvula 852, la tubería 782, la válvula 796, la tubería 790, la válvula 764 y la tubería 762 al lado izquierdo 753 de la cámara de diafragma 748. En la etapa 728, la configuración de orificio 868 está en la posición activa en la válvula 876 y la configuración de orificio 794 está en la posición activa en la válvula 764.

El sensor 802 mide la presión P1 en el lado derecho 822 y envía una señal correspondiente al controlador 846. El sensor 760 mide la presión P2 en el lado izquierdo 753 y envía una señal correspondiente al controlador 846. El controlador 846 compara la diferencia entre P1 y P2 con una presión X seleccionable por el usuario. Si la diferencia entre P1 y P2 es menor que o igual a X, el procedimiento avanza hacia la etapa 732. Si la diferencia entre P1 y P2 es mayor que X, el procedimiento regresa a la etapa 728.

En la etapa 732, se bloquea la válvula piloto en la condición izquierda de final de carrera y se energiza el solenoide 766. El solenoide 766 mueve la configuración de orificio 768 a la posición activa en la válvula 764, lo que permite que el aire comprimido del suministro de aire 772 fluya al lado izquierdo 753 de la cámara de diafragma 748. La configuración de orificio 868 está en la posición activa en la válvula 876 para permitir que el aire del lado derecho 822 de la cámara de diafragma 828 a través de la tubería 880 y válvula 876 a la tubería 864. La configuración de orificio 858 está en la posición activa en la válvula 852 para permitir que el aire en la tubería 864 se expulse a la atmósfera a través del orificio de escape 854.

En la etapa 734, si los diafragmas 824 y 750 alcanzan la derecha de final de carrera, tal como se muestra en la figura 47, el procedimiento avanza hacia la etapa 736. Si los diafragmas 824 y 750 no han alcanzado la derecha de final de carrera, el procedimiento regresa a la etapa 732. En la etapa 736, la presión en el lado derecho 822 de la cámara de diafragma 828 se iguala con la presión en el lado izquierdo 753 de la cámara de diafragma 748. Tal como se muestra en la tabla 722 en la figura 43, los solenoides 862 y 778 se energizan para permitir que el aire en el lado izquierdo 753 fluya a través de la tubería 762, la válvula 764, la tubería 790, la válvula 796, la tubería 782, la válvula 852, la tubería 864, la válvula 876 y la tubería 880 al lado derecho 822 de la cámara de diafragma 828. En la etapa 736, la configuración de orificio 868 está en la posición activa en la válvula 876 y la configuración de orificio 794 está en la posición activa en la válvula 764.

En la etapa 738, el controlador 846 compara la diferencia entre P2 y P1 con la presión X seleccionable por el usuario. Si la diferencia entre P2 y P1 es menor que o igual a X, el procedimiento regresa a la etapa 724. Si la diferencia entre P2 y P1 es mayor que X, el procedimiento regresa a la etapa 736.

Aunque la invención se ha descrito en detalle con referencia a determinadas formas de realización preferidas, existen variaciones y modificaciones dentro del alcance de la invención tal como se describe y se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Bomba (10ⁿ) que incluye:

5 una carcasa (16) que define un par de cámaras (18, 20);

un primer diafragma (22) que separa una de las cámaras (18) en un lado de bombeo (42) y un lado bombeado (40), pudiendo moverse el primer diafragma (22) entre una primera posición y una segunda posición, forzando de ese modo el fluido desde el lado bombeado (40) de dicha una cámara;

10 un segundo diafragma (24) que separa otra de las cámaras (20) en un lado de bombeo (42) y un lado bombeado (40), pudiendo moverse el segundo diafragma (24) entre una primera posición y una segunda posición, forzando de ese modo el fluido desde el lado bombeado (40) de dicha otra cámara;

15 una válvula de suministro pilotada por aire (32') en comunicación de flujo con un suministro (28) de fluido presurizado, pudiendo moverse la válvula de suministro (32') entre una posición abierta en la que el fluido presurizado fluye al lado de bombeo (42) de una de las cámaras (18, 20), y una posición cerrada en la que se inhibe que fluya fluido presurizado a cualquiera de las cámaras (18, 20), presentando la válvula de suministro (32') un primer orificio (33) en comunicación de flujo con el suministro (28) de fluido presurizado y un segundo orificio (35); estando configurada la válvula de suministro (32') para estar en la posición abierta cuando la presión en el primer orificio (33) es mayor que la presión en el segundo orificio (35); y

20 un controlador mecánico (30') que incluye un regulador de presión (39) que presenta una entrada en comunicación de flujo con el suministro (28) de fluido presurizado, una salida en comunicación de flujo con el segundo orificio de la válvula de suministro (32') y un orificio (41) en comunicación de flujo con el suministro (28) de fluido presurizado por medio de una restricción (37) que provoca que la presión inicial en el orificio (41) del regulador de presión (39) sea menor que la presión proporcionada por el suministro (28) de fluido presurizado, y que permite que la presión en el orificio (41) se acumule mediante el fluido presurizado que sale más allá de la restricción (37);

25 estando configurado el regulador de presión (39) para permitir que el fluido presurizado del suministro (28) de fluido presurizado alcance el segundo orificio (35) de la válvula de suministro (32') para cambiar la válvula de suministro (32') a una posición cerrada cuando la presión en el orificio (41) alcanza un nivel predeterminado.

30 2. Bomba (10ⁿ) según la reivindicación 1, en la que el controlador mecánico (30') incluye además un sensor de presión mecánico (38') en comunicación de flujo con una salida de la válvula de suministro (32'), estando configurado el sensor de presión mecánico (38') para detectar una presión predeterminada en la salida de la válvula de suministro (32') y para responder a la detección de la presión predeterminada aliviando la presión en el orificio (41) del regulador de presión (39), reduciendo de ese modo la presión en el segundo orificio (35) de la válvula de suministro (32') por debajo del nivel predeterminado y provocando que la válvula de suministro (32') se mueva a su posición cerrada.

35 3. Bomba (10ⁿ) según la reivindicación 2 que comprende además una válvula de retención (43) que está dispuesta entre el orificio (41) del regulador de presión (39) y el controlador mecánico (30') y configurada para bloquear el flujo del aire presurizado que ya ha pasado a través de la válvula de suministro (32') hacia el orificio (41) a través del regulador de presión (39).

40 4. Bomba (10ⁿ) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que los primero y segundo diafragmas (22, 24) están configurados para moverse desde la primera posición hacia la segunda posición en respuesta al movimiento de la válvula de suministro (32') a la posición abierta, y los primero y segundo diafragmas (22, 24) están configurados para seguir moviéndose hacia la segunda posición durante un periodo de tiempo después de que la válvula de suministro (32') se mueva a la posición cerrada.

45 5. Bomba (10ⁿ) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que la restricción (37) es una válvula de aguja ajustable.

50 6. Bomba (10ⁿ) según la reivindicación 5, en la que el ajuste de la válvula de aguja cambia el periodo de tiempo que la válvula de suministro (32') permanece en la posición abierta.

55 7. Bomba (10ⁿ) según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en la que el sensor de presión mecánico (38') es un regulador de presión que puede ajustarse para establecer la presión predeterminada.

60 8. Bomba (10ⁿ) según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, en la que la presión predeterminada corresponde a los diafragmas (22, 24) que están adyacentes a una posición de final de carrera.

65 9. Bomba (10ⁿ) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que los primero y segundo diafragmas (22,

24) están conectados entre sí por una varilla de conexión (26).

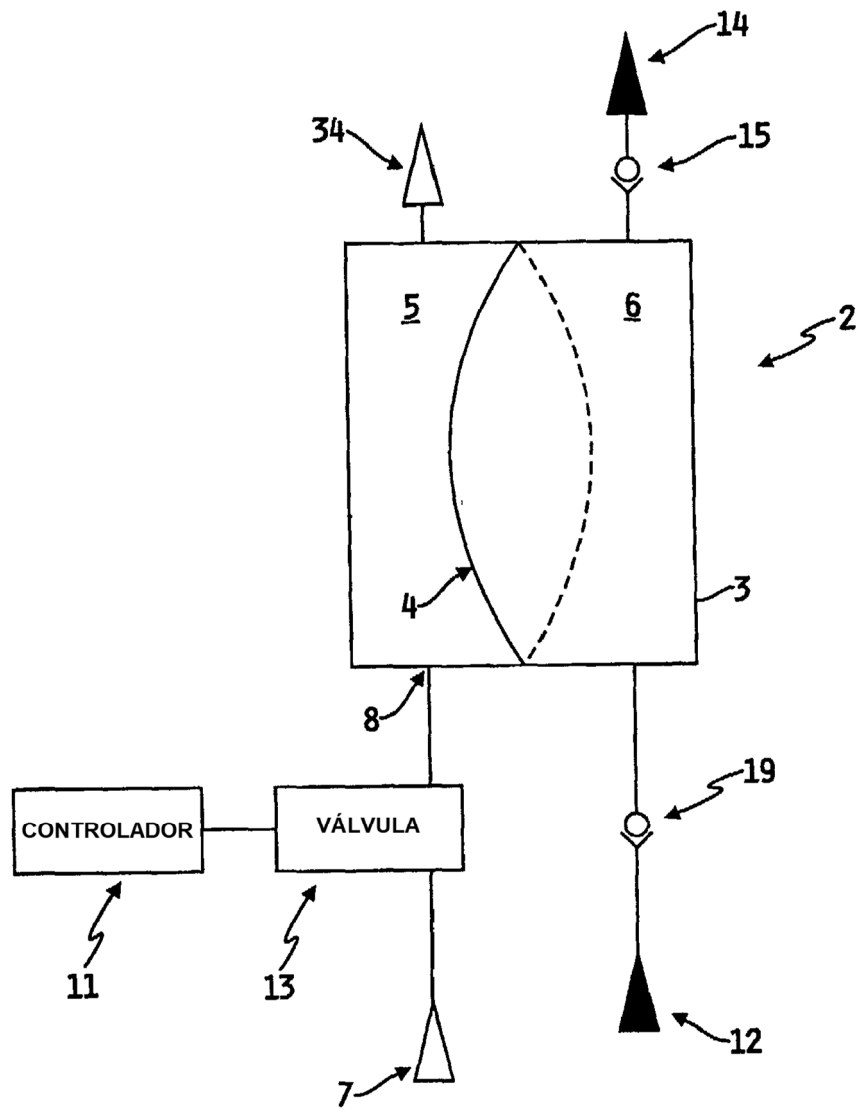


FIG. 1

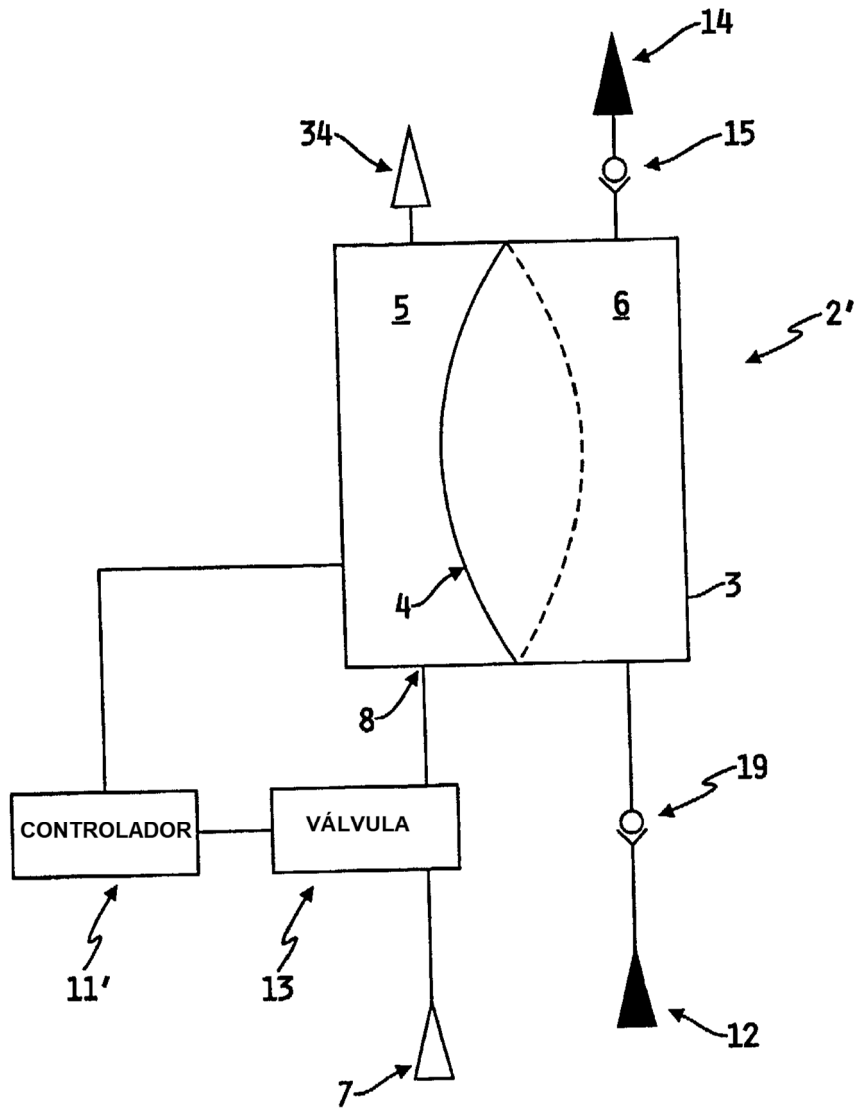


FIG. 2

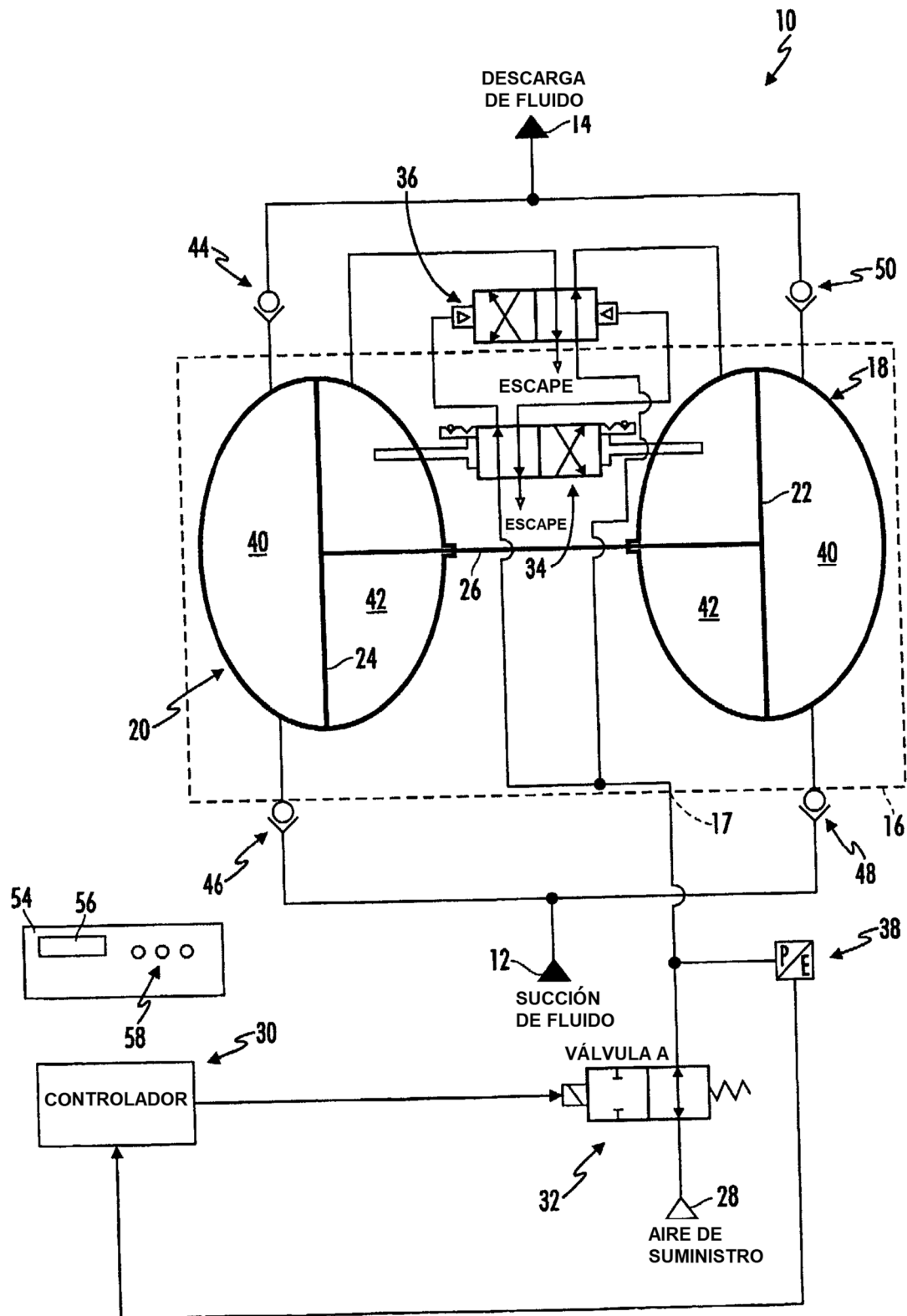


FIG. 3

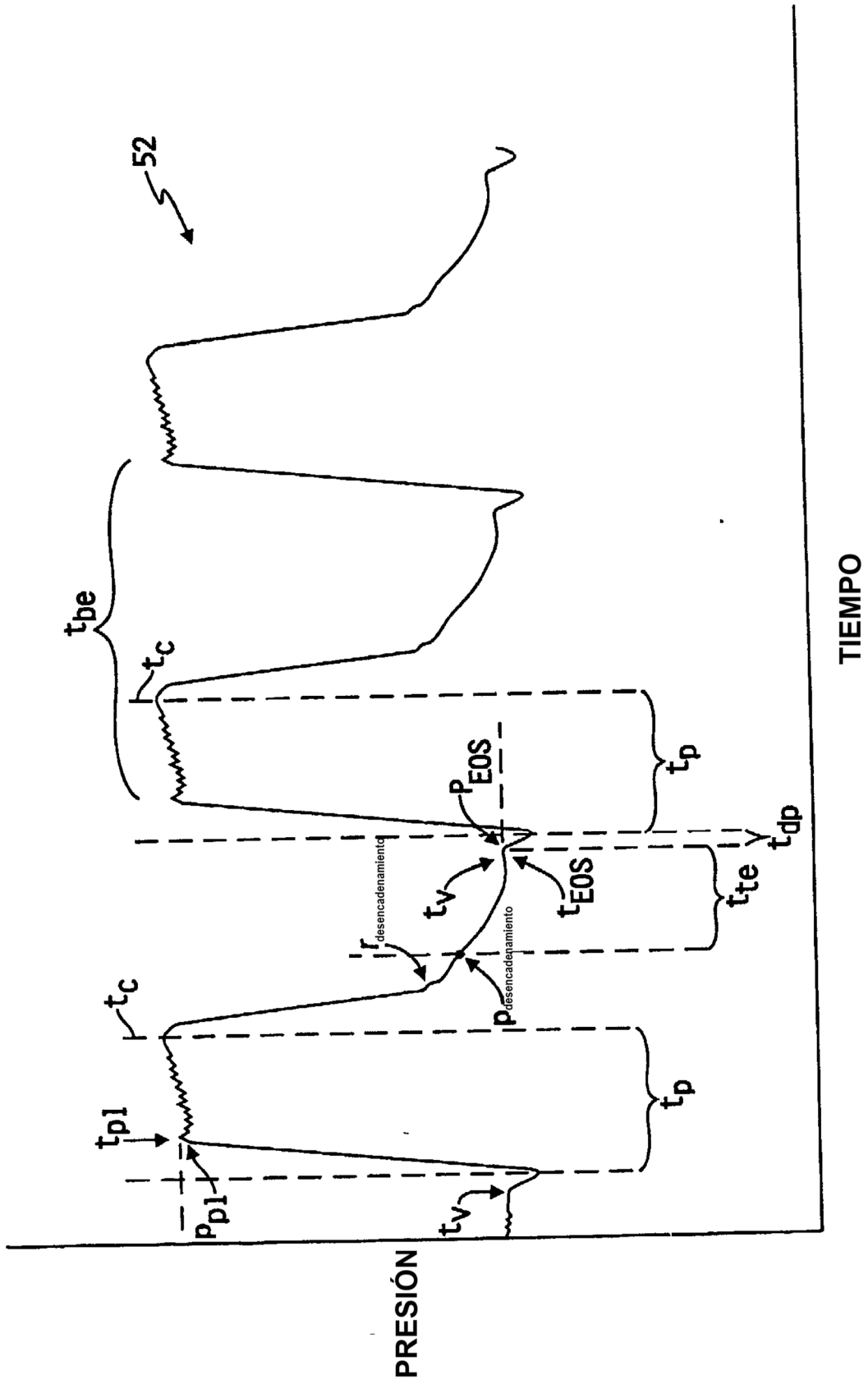


FIG. 4

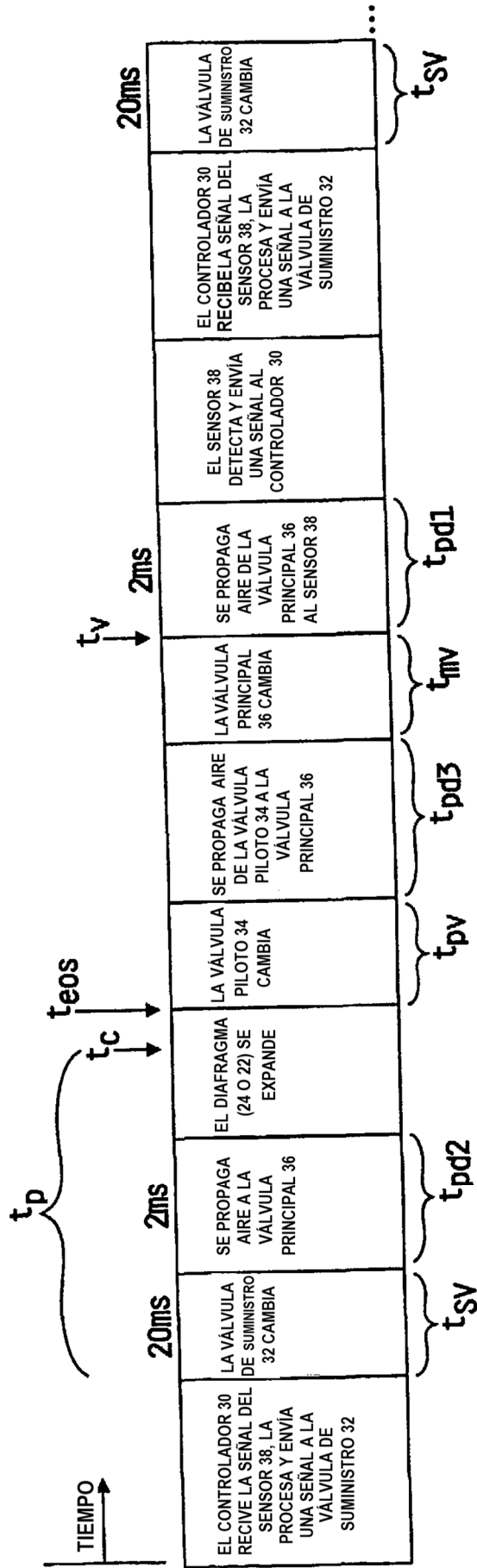


FIG. 5

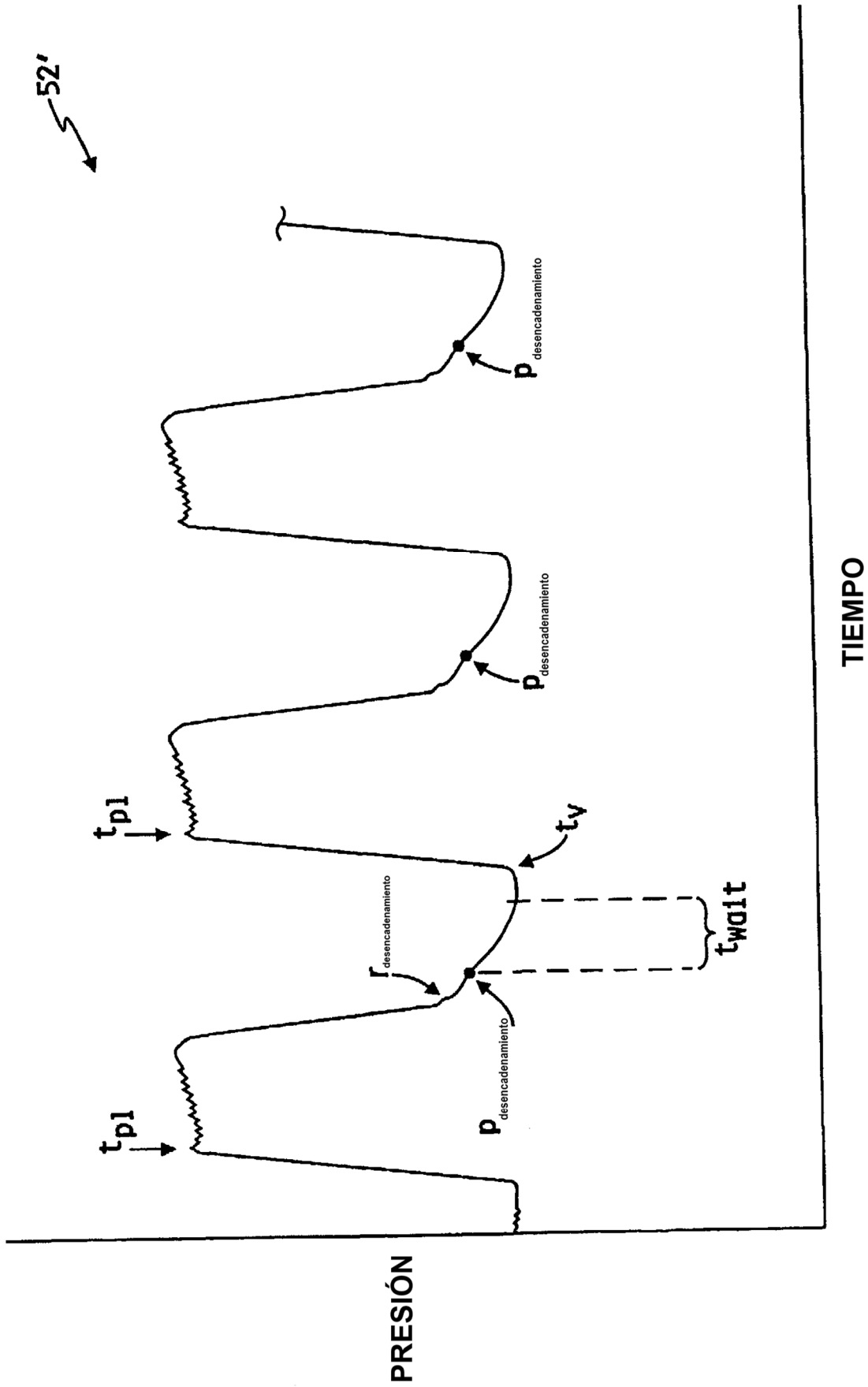


FIG. 6

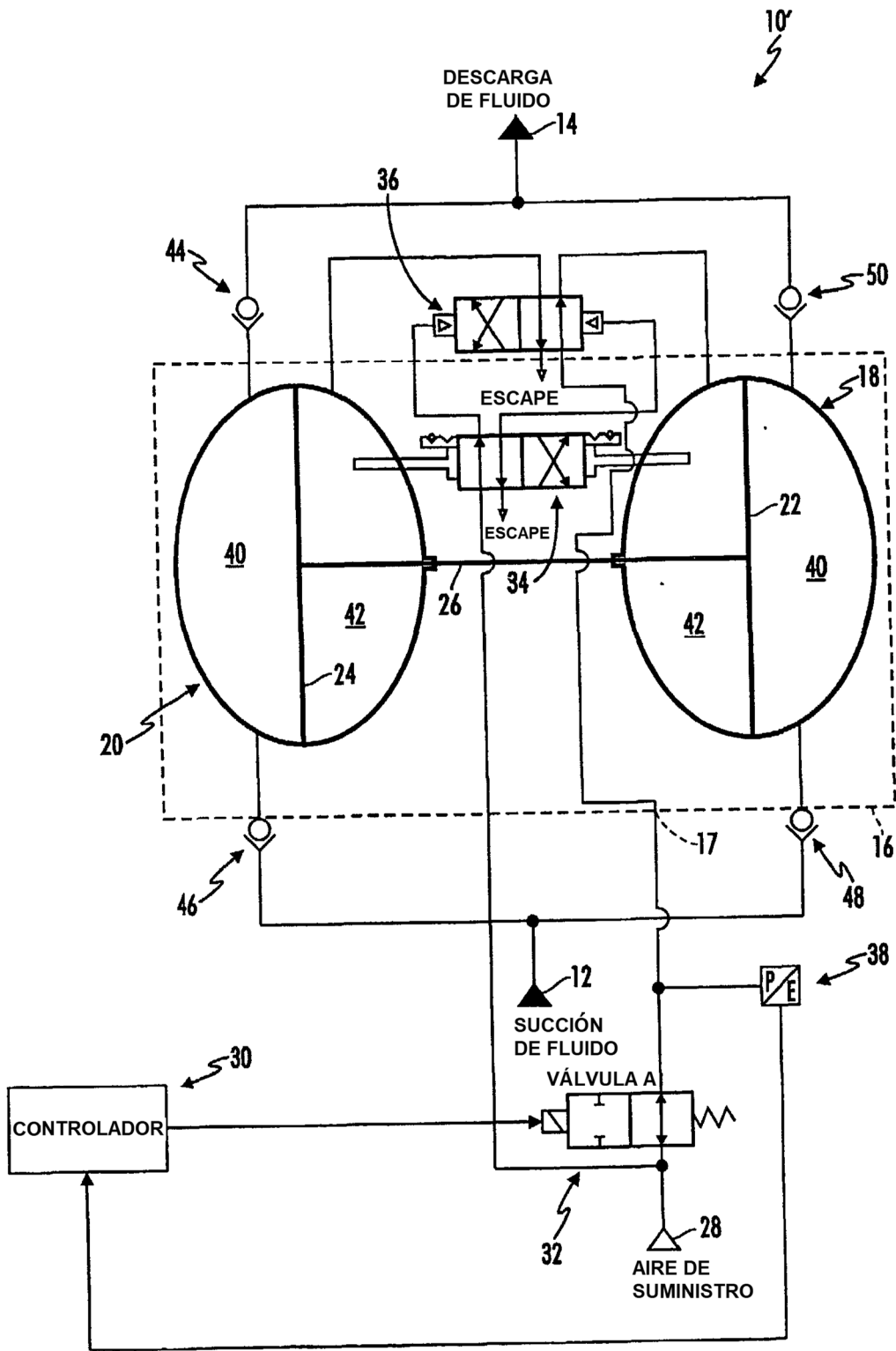
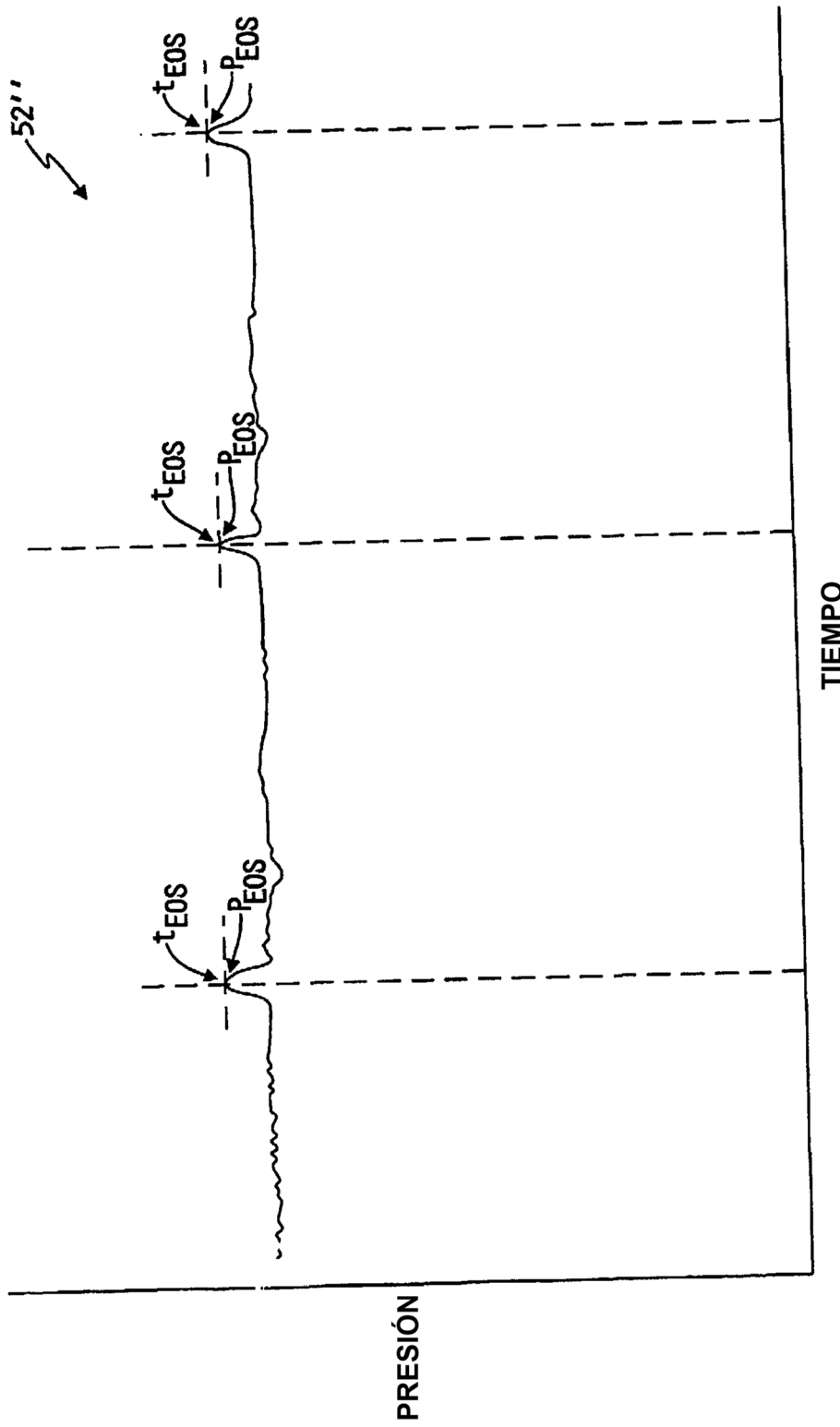


FIG. 7



TIEMPO
FIG. 8

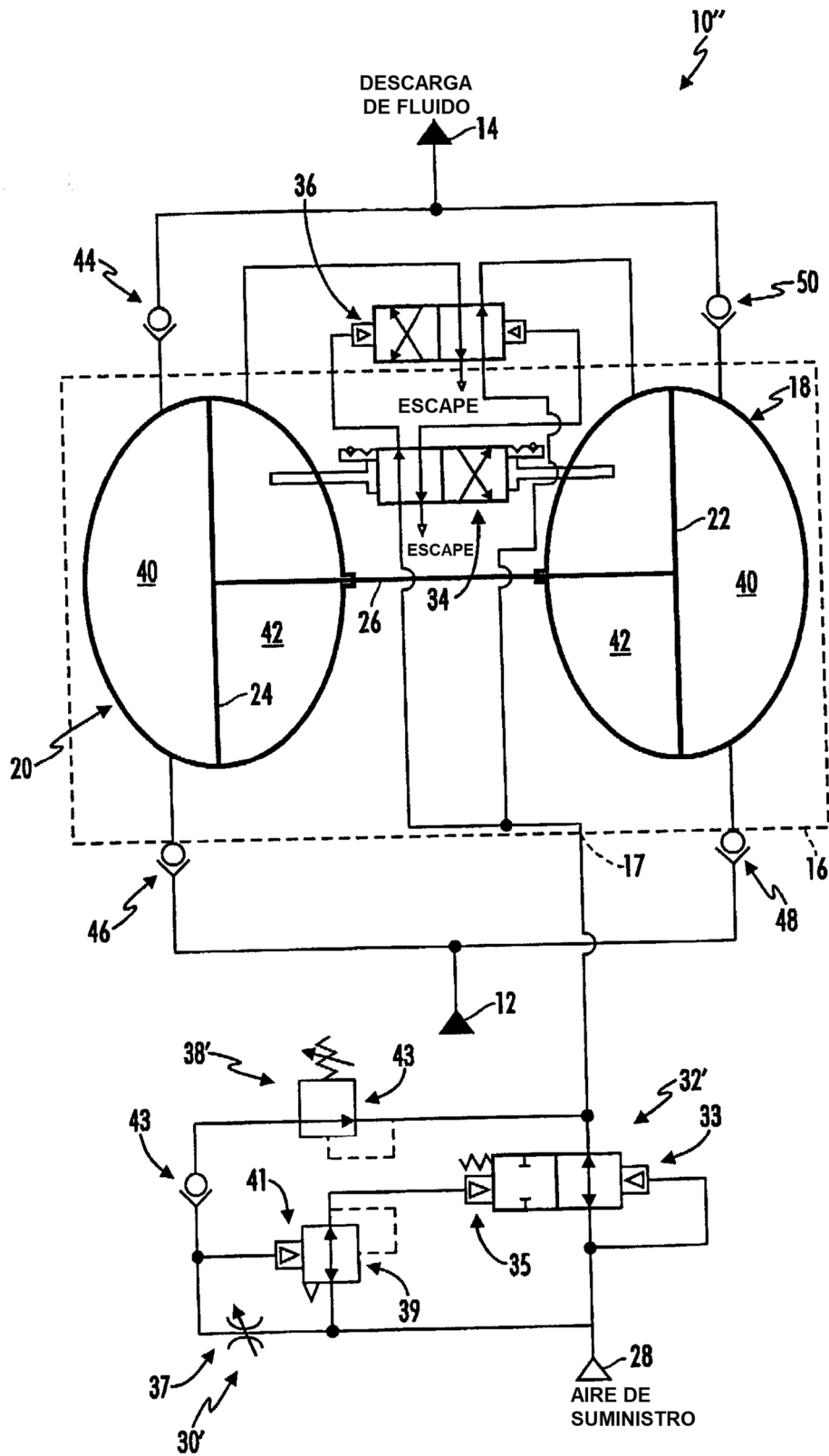


FIG. 9

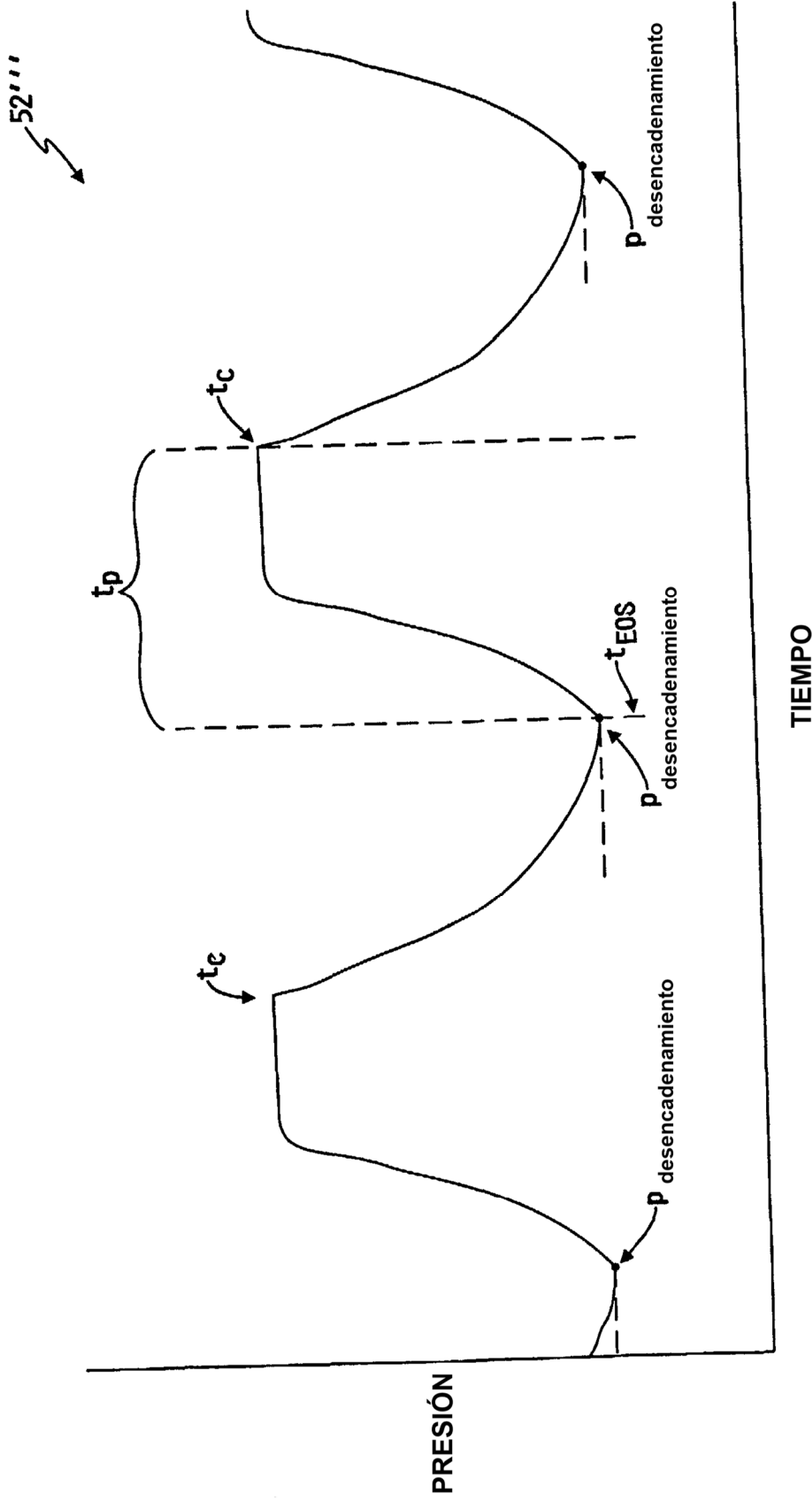


FIG. 10

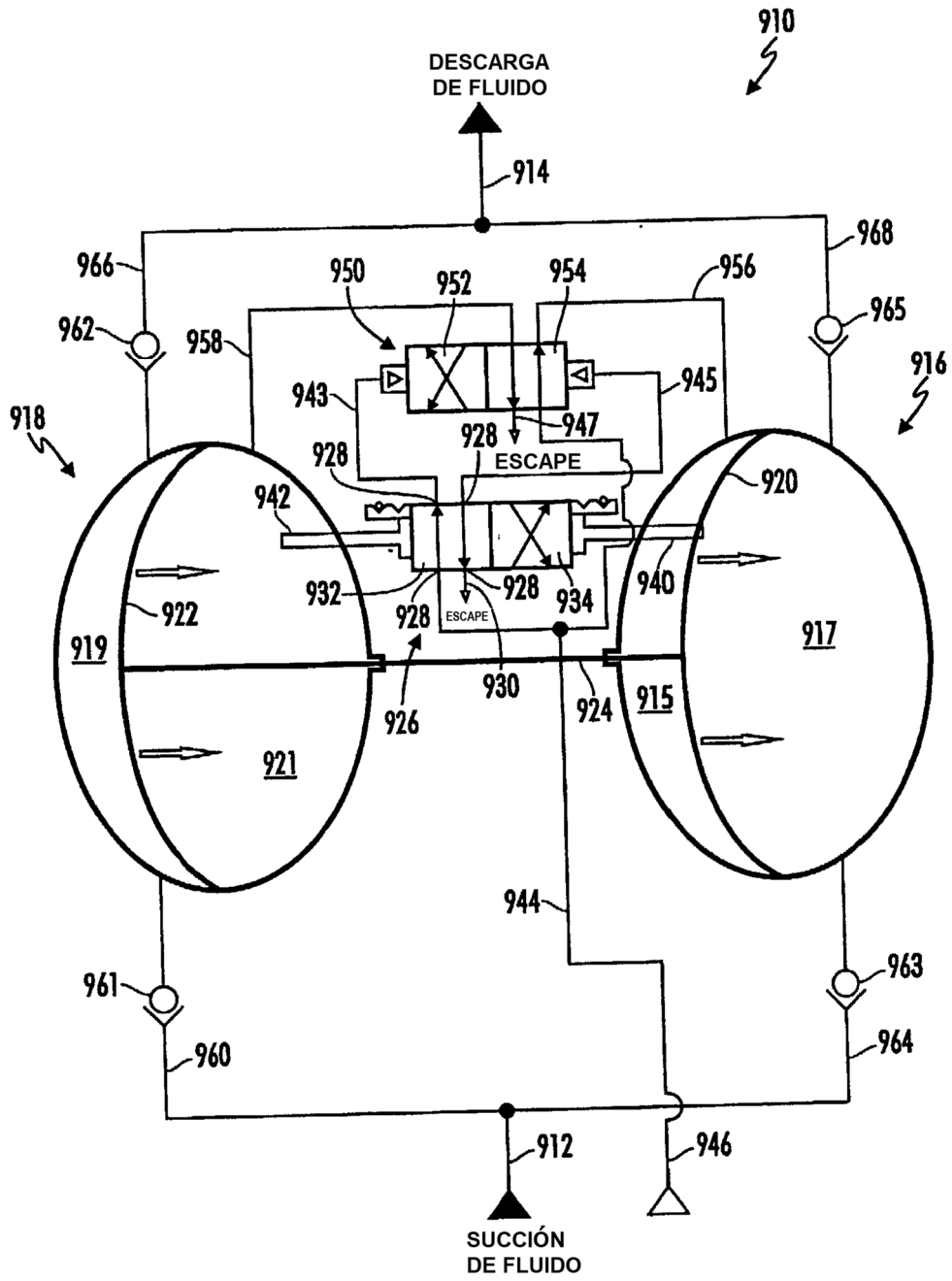


FIG. 11

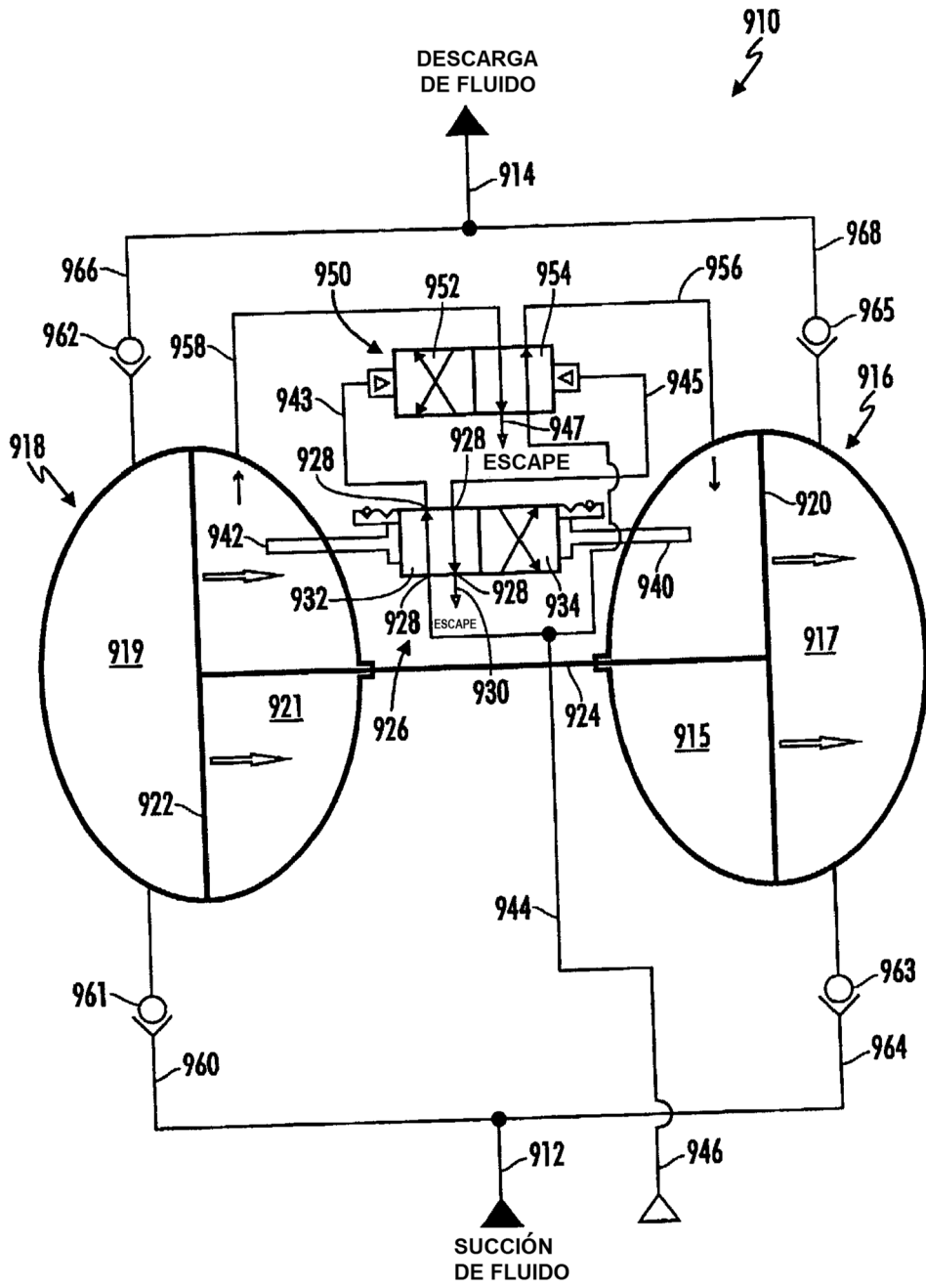


FIG. 12

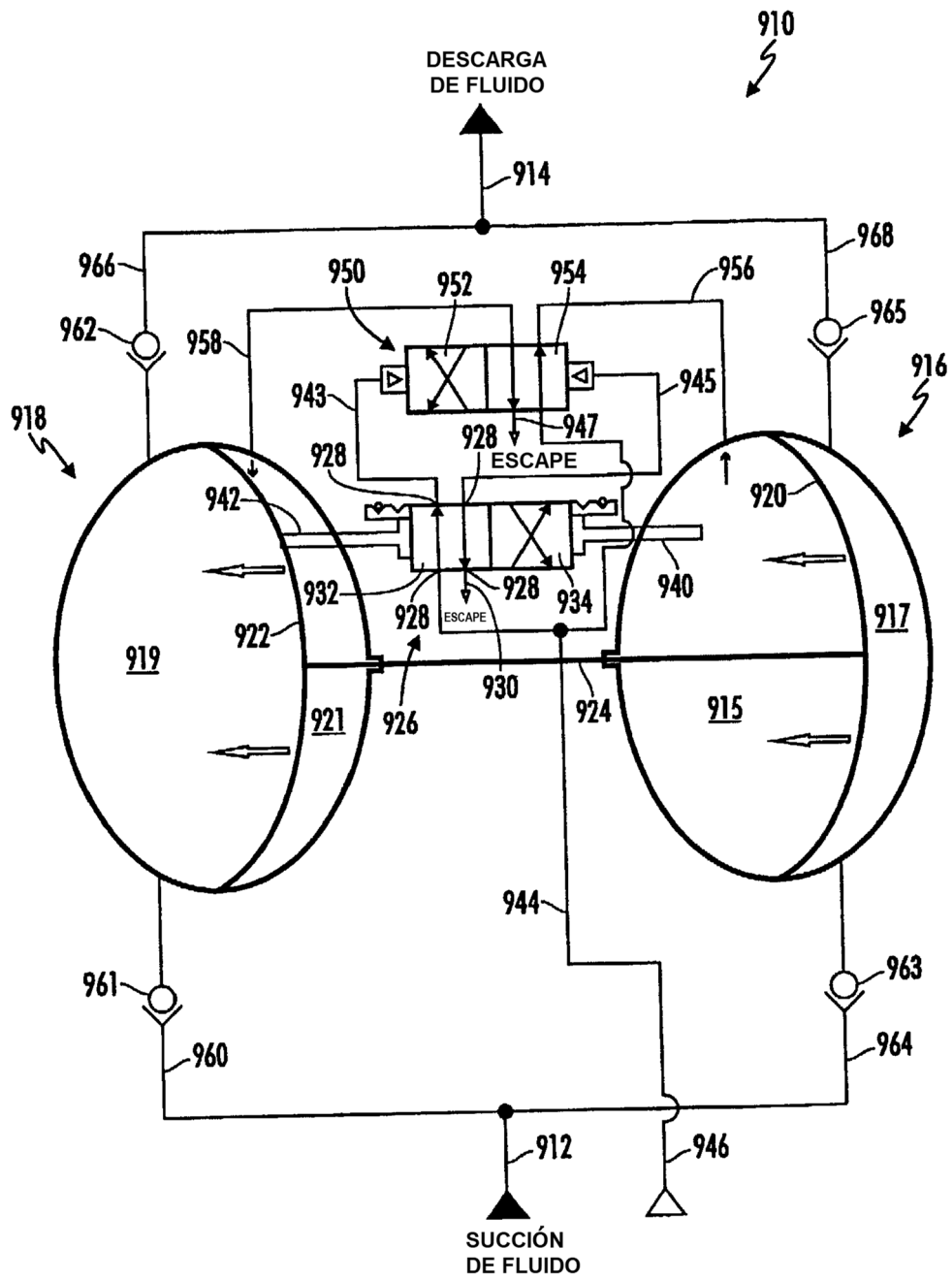


FIG. 13

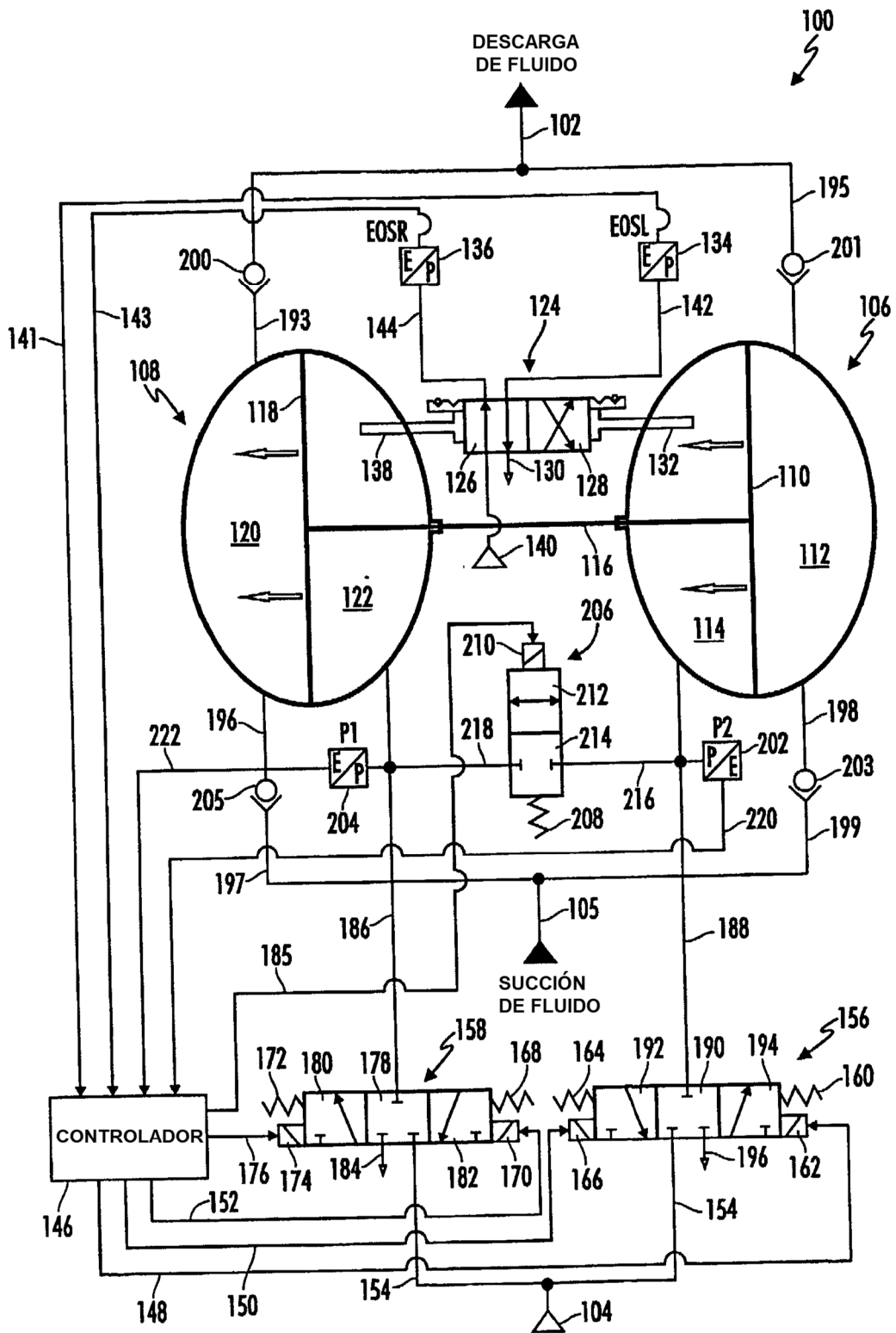


FIG. 14

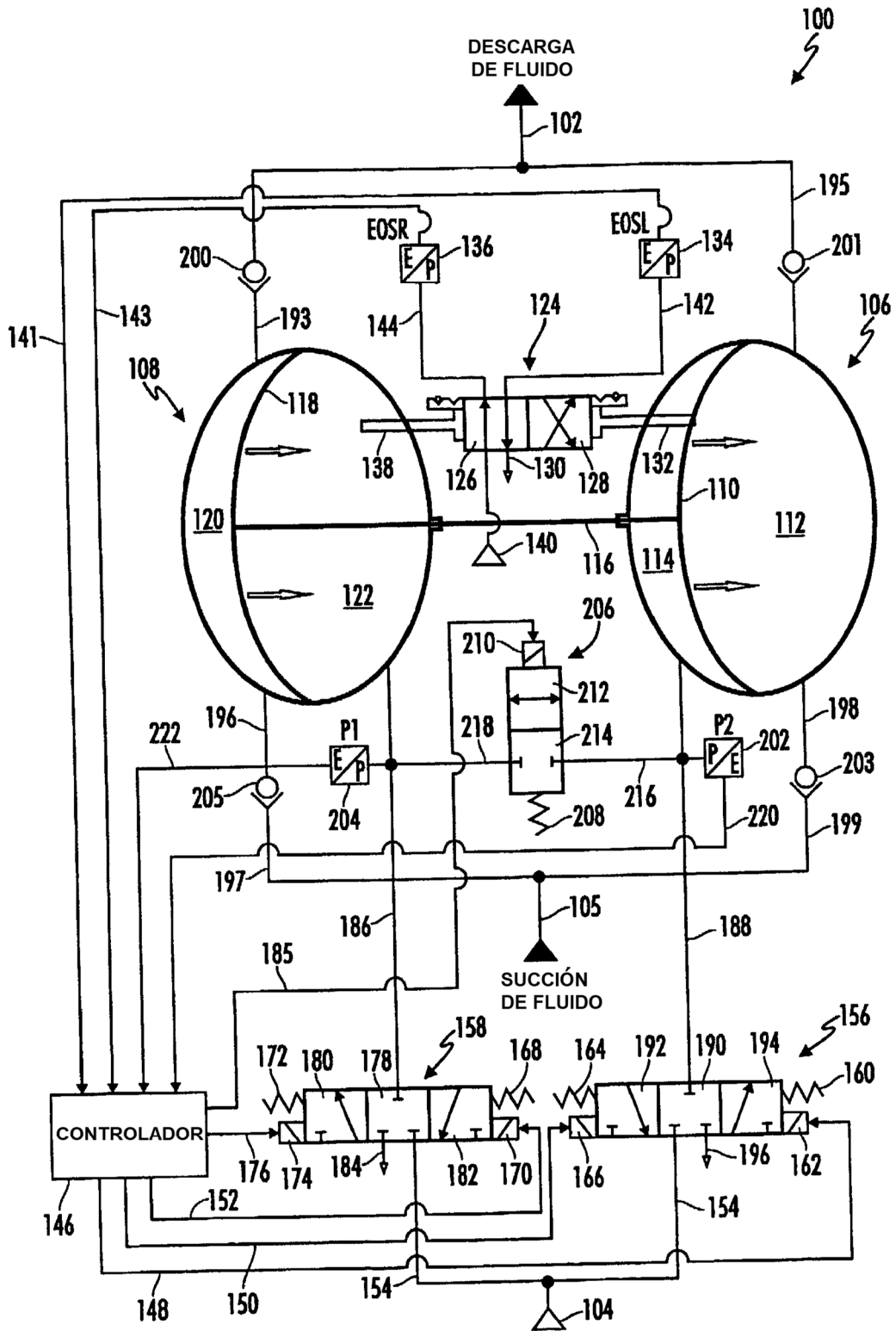


FIG. 15

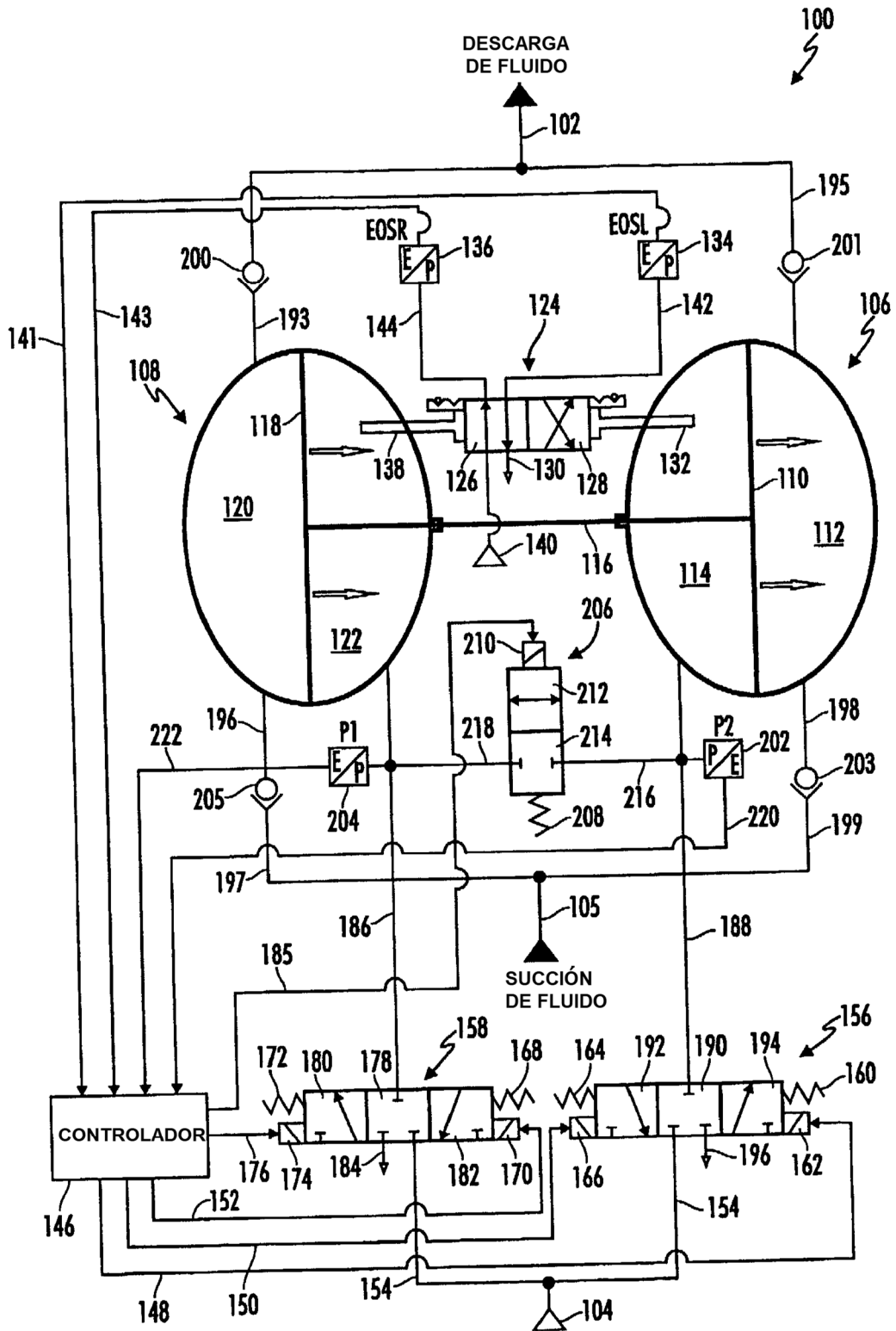


FIG. 16

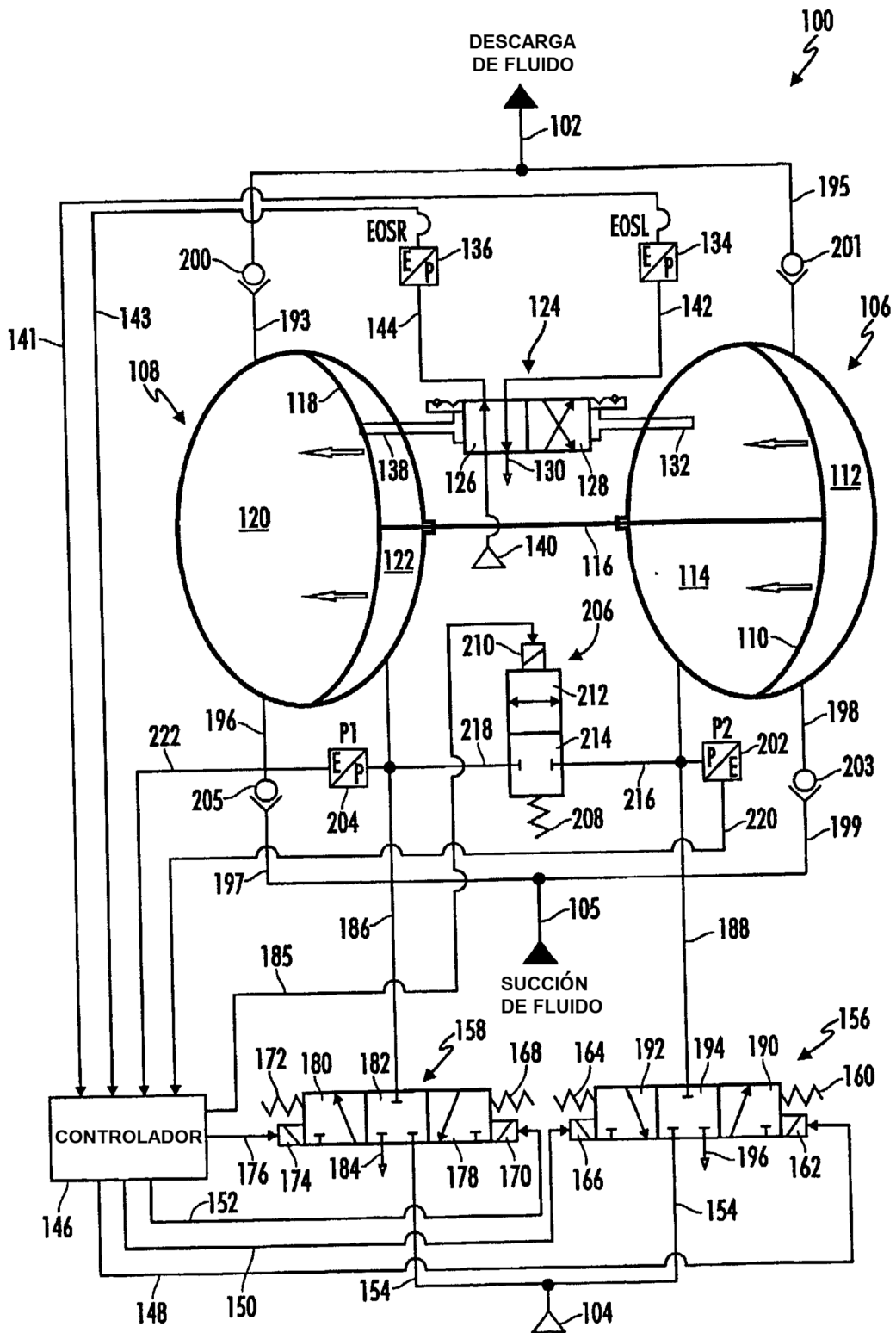


FIG. 17

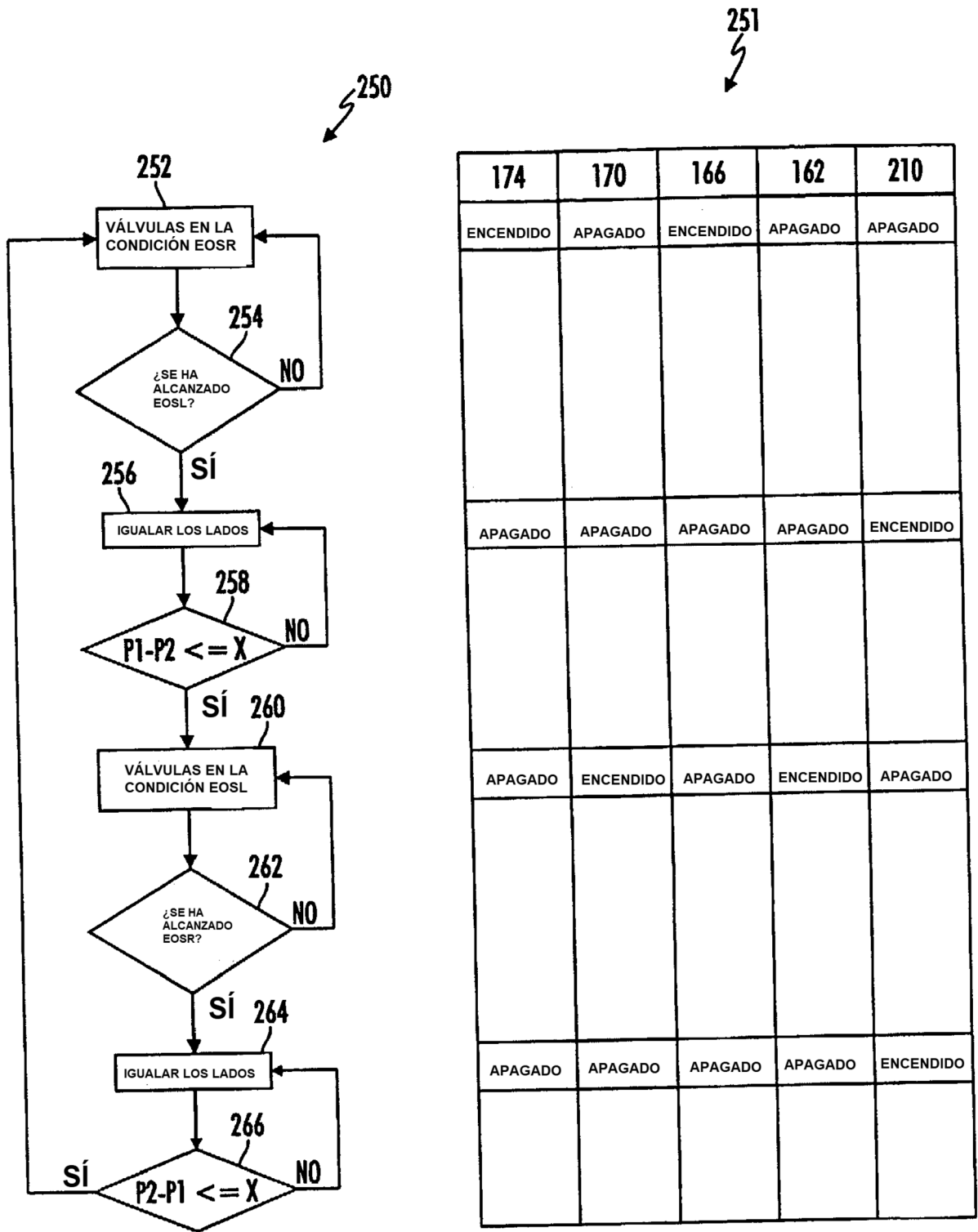


FIG. 18

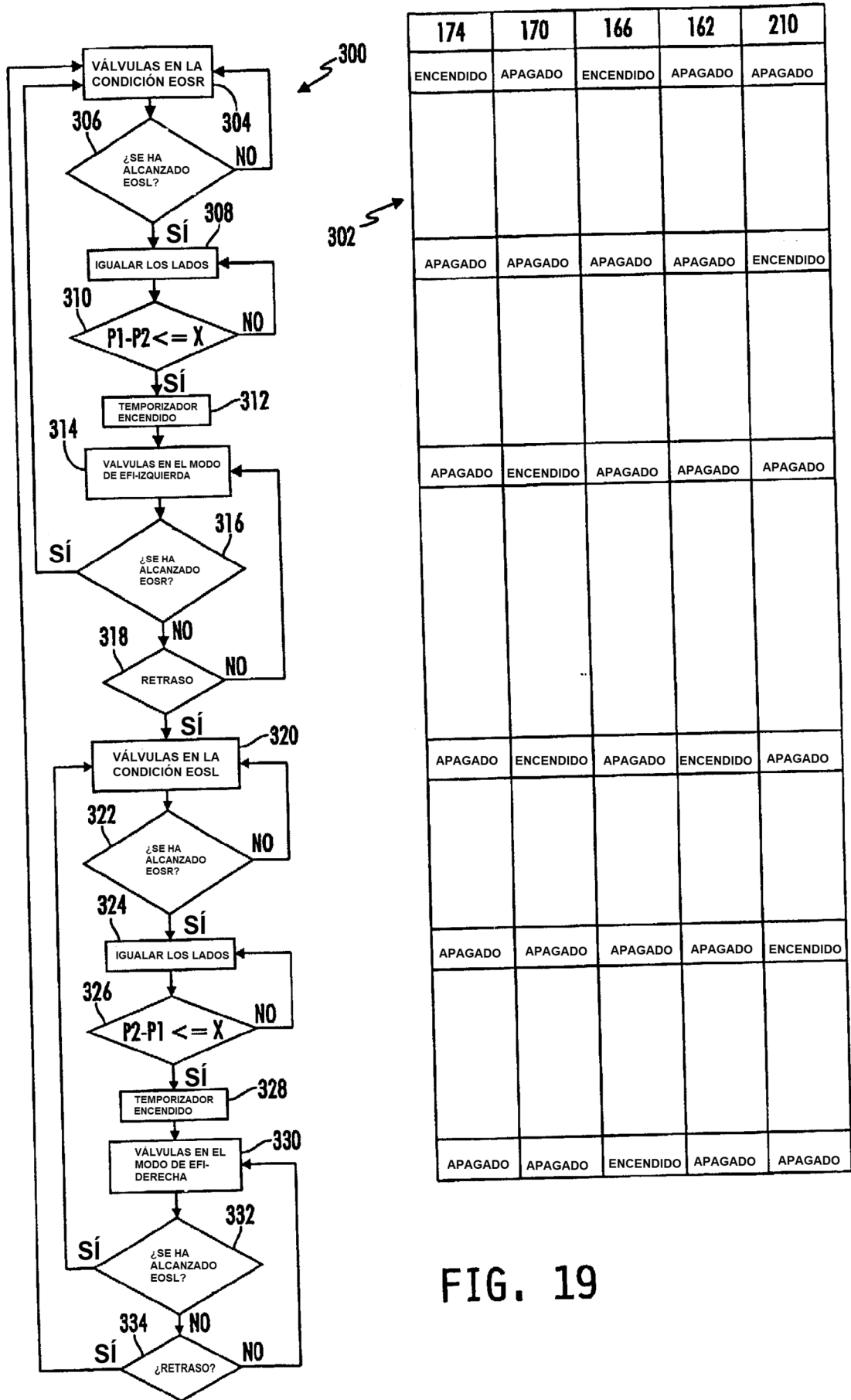


FIG. 19

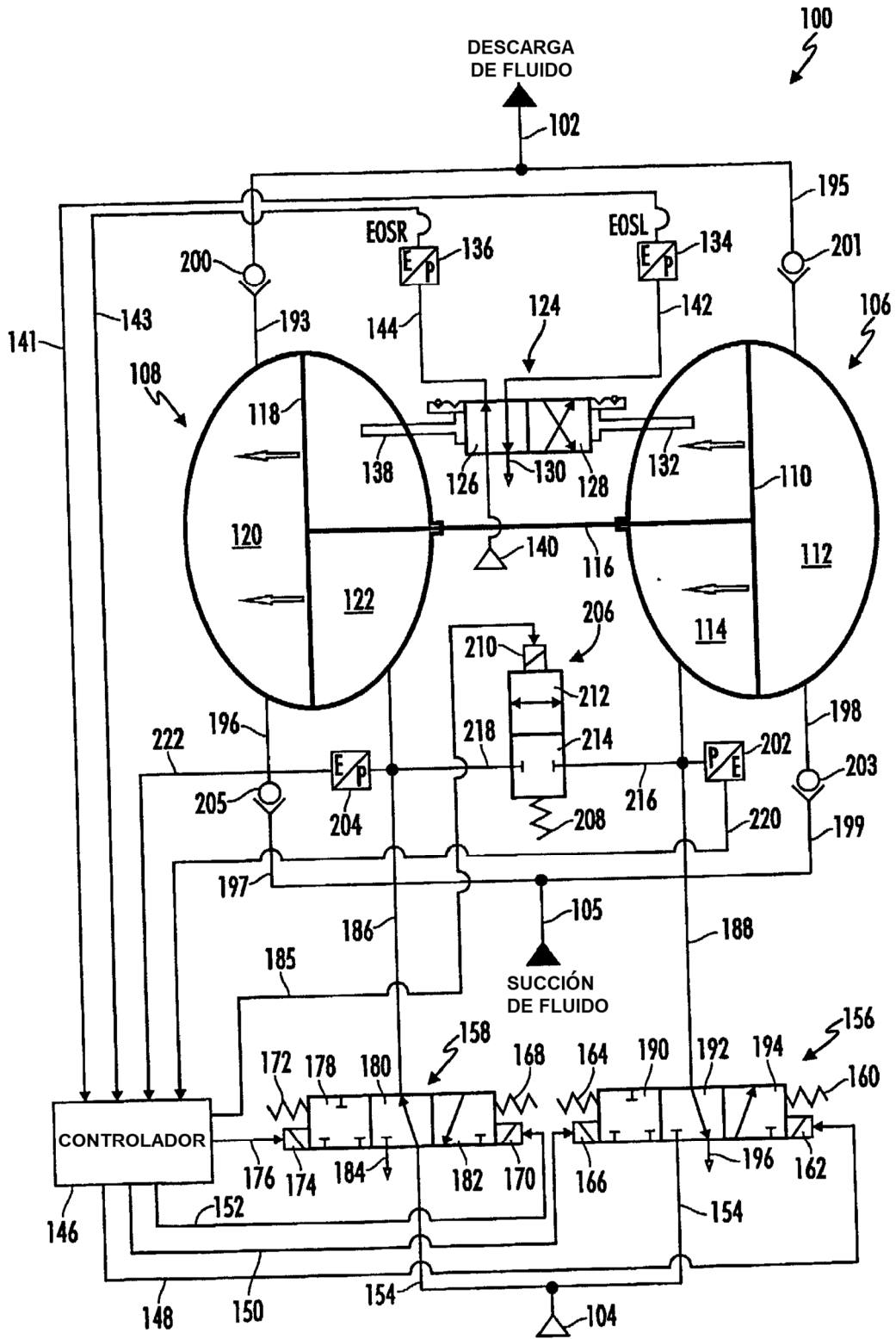


FIG. 20

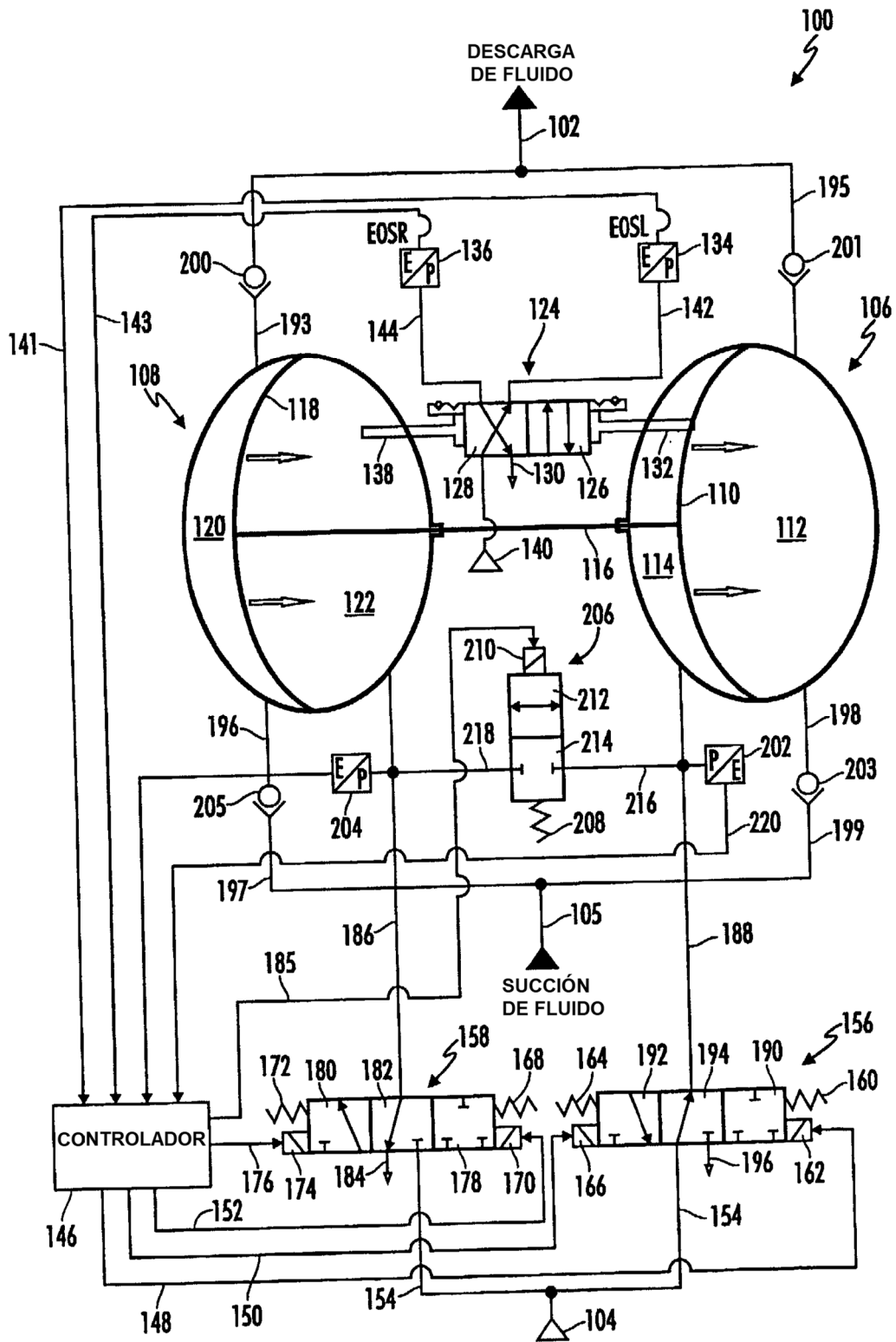


FIG. 21

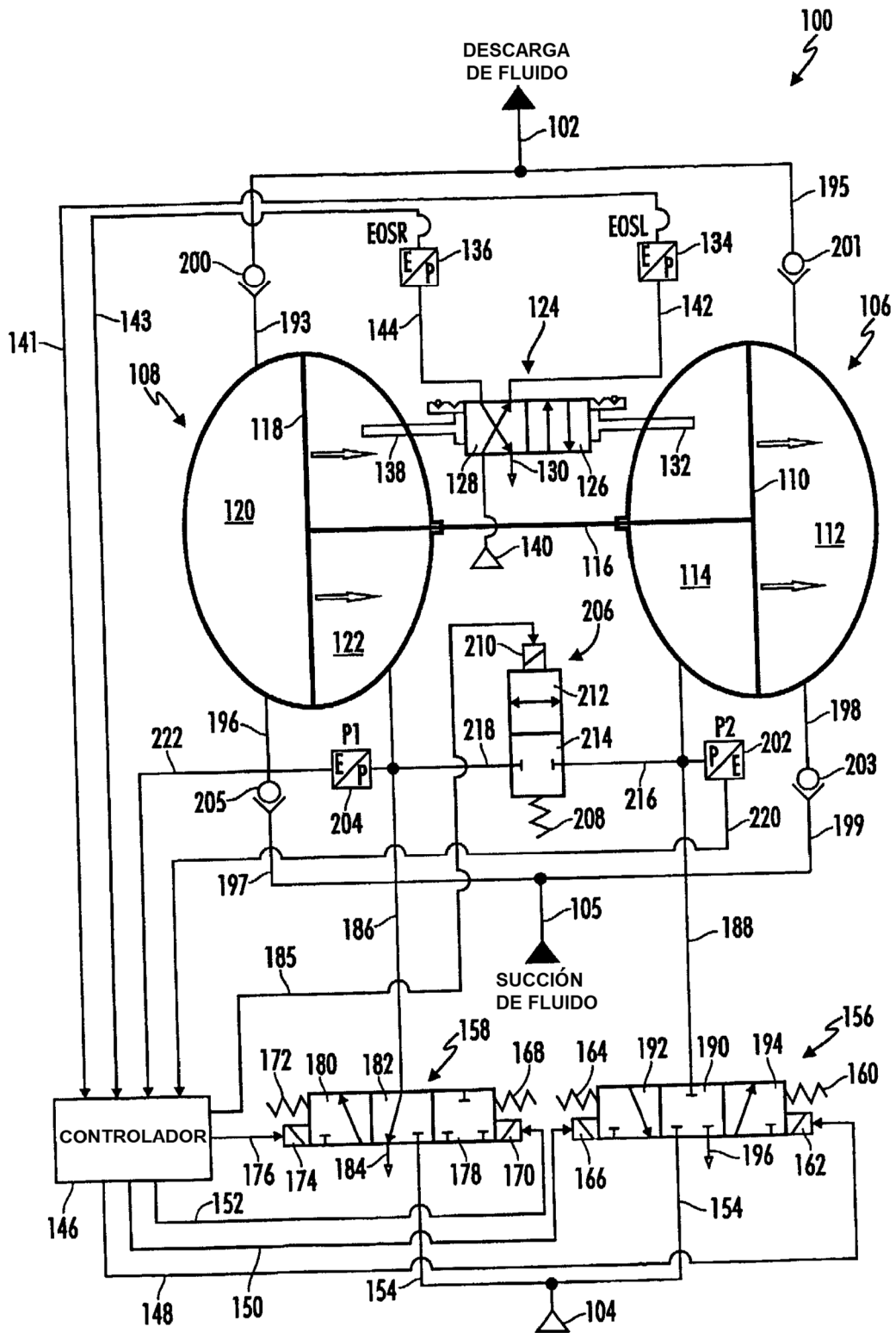


FIG. 22

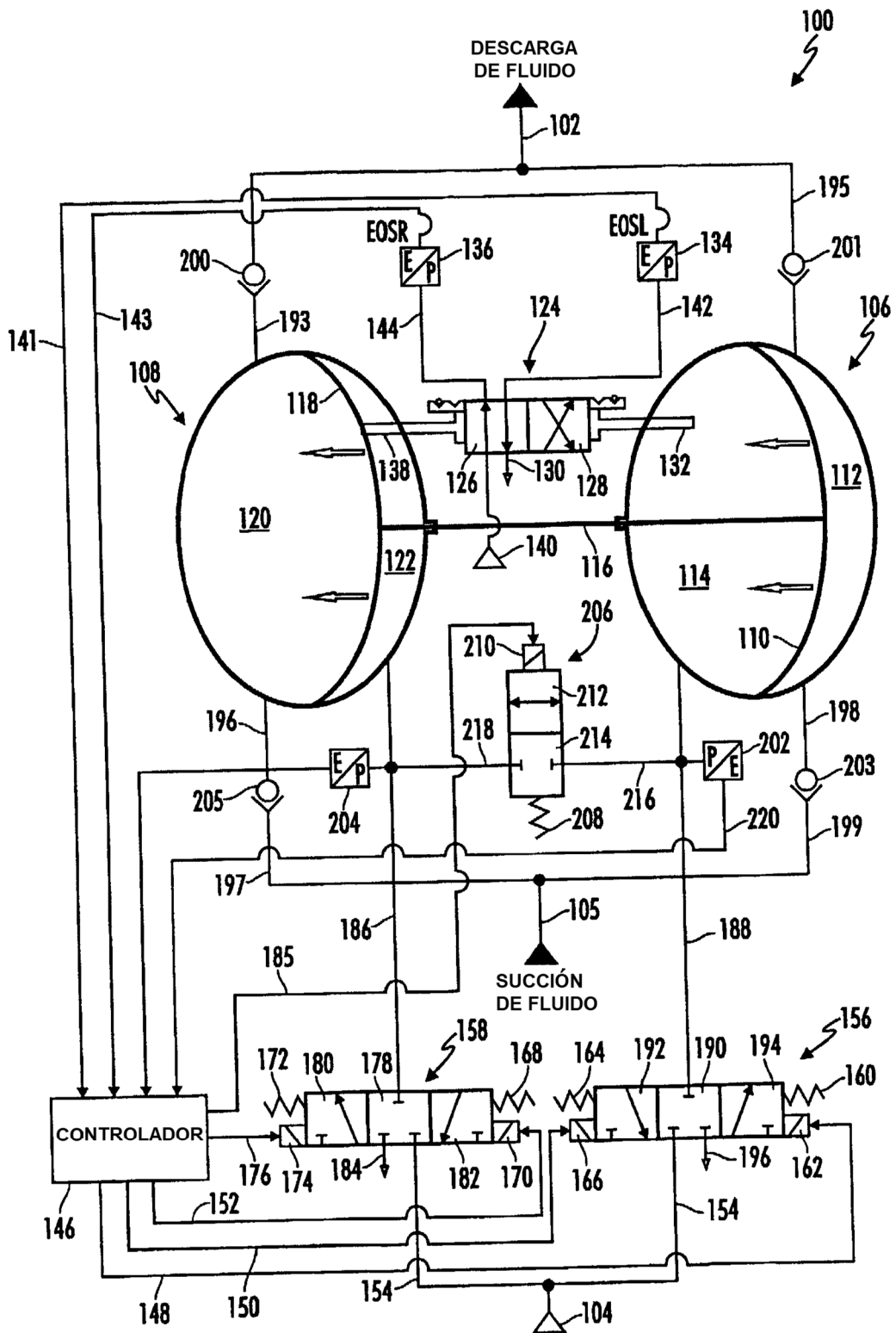


FIG. 23

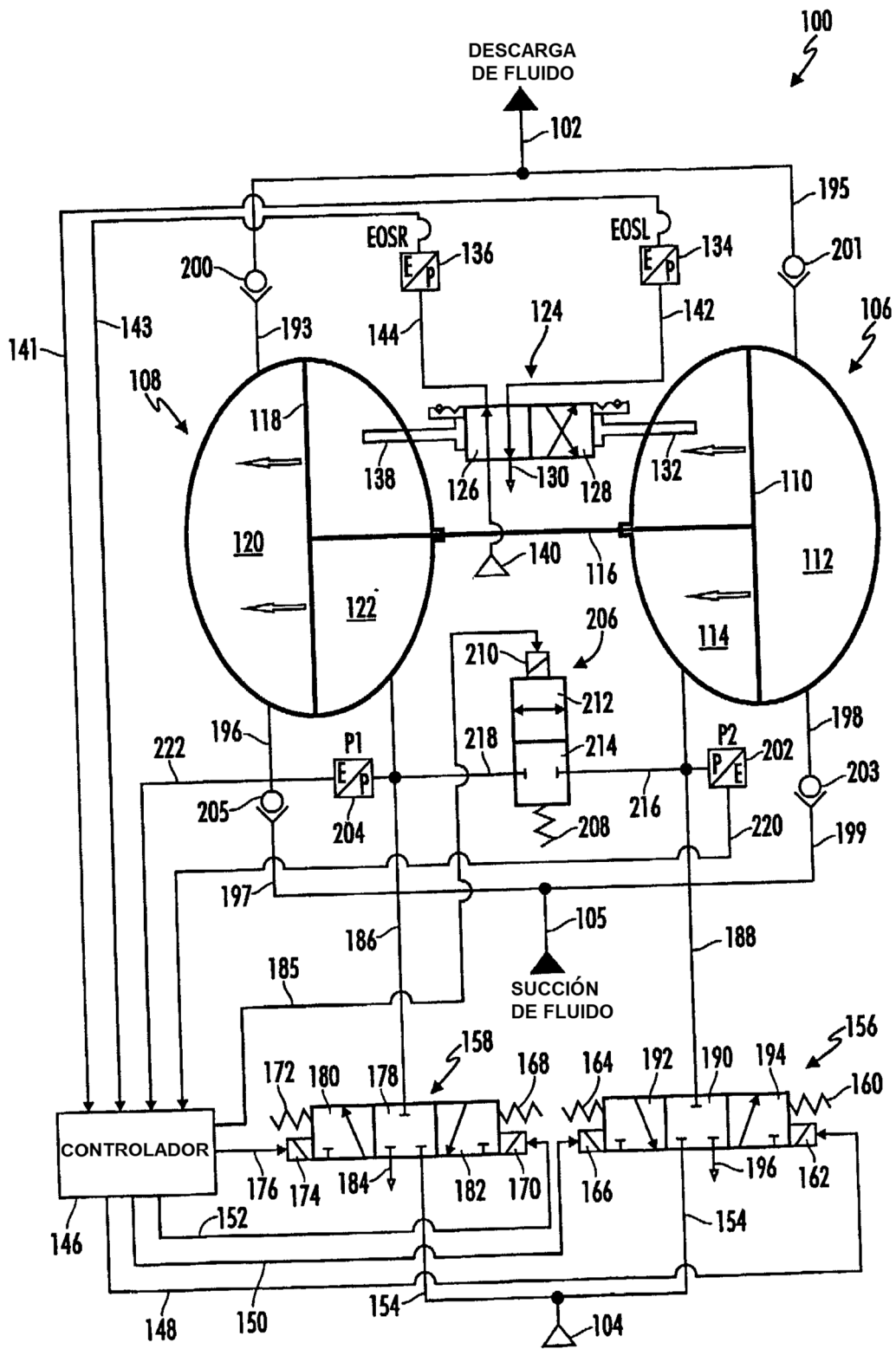
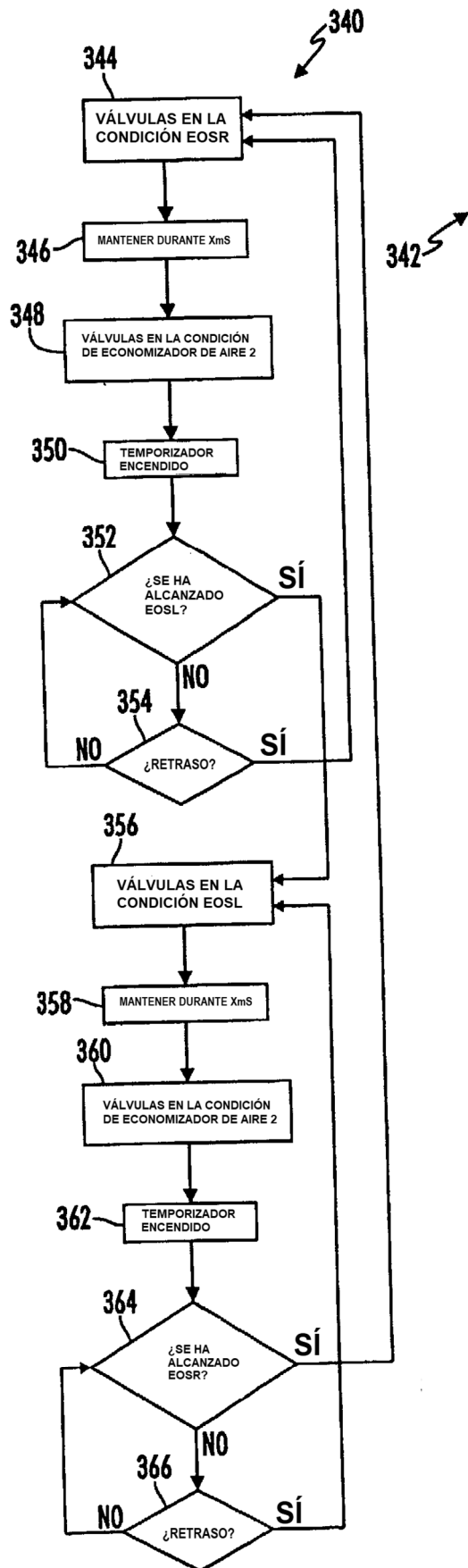


FIG. 24



174	170	166	162	210
ENCENDIDO	APAGADO	ENCENDIDO	APAGADO	APAGADO
APAGADO	APAGADO	ENCENDIDO	APAGADO	APAGADO
APAGADO	ENCENDIDO	APAGADO	ENCENDIDO	APAGADO
APAGADO	ENCENDIDO	APAGADO	APAGADO	APAGADO

FIG. 25

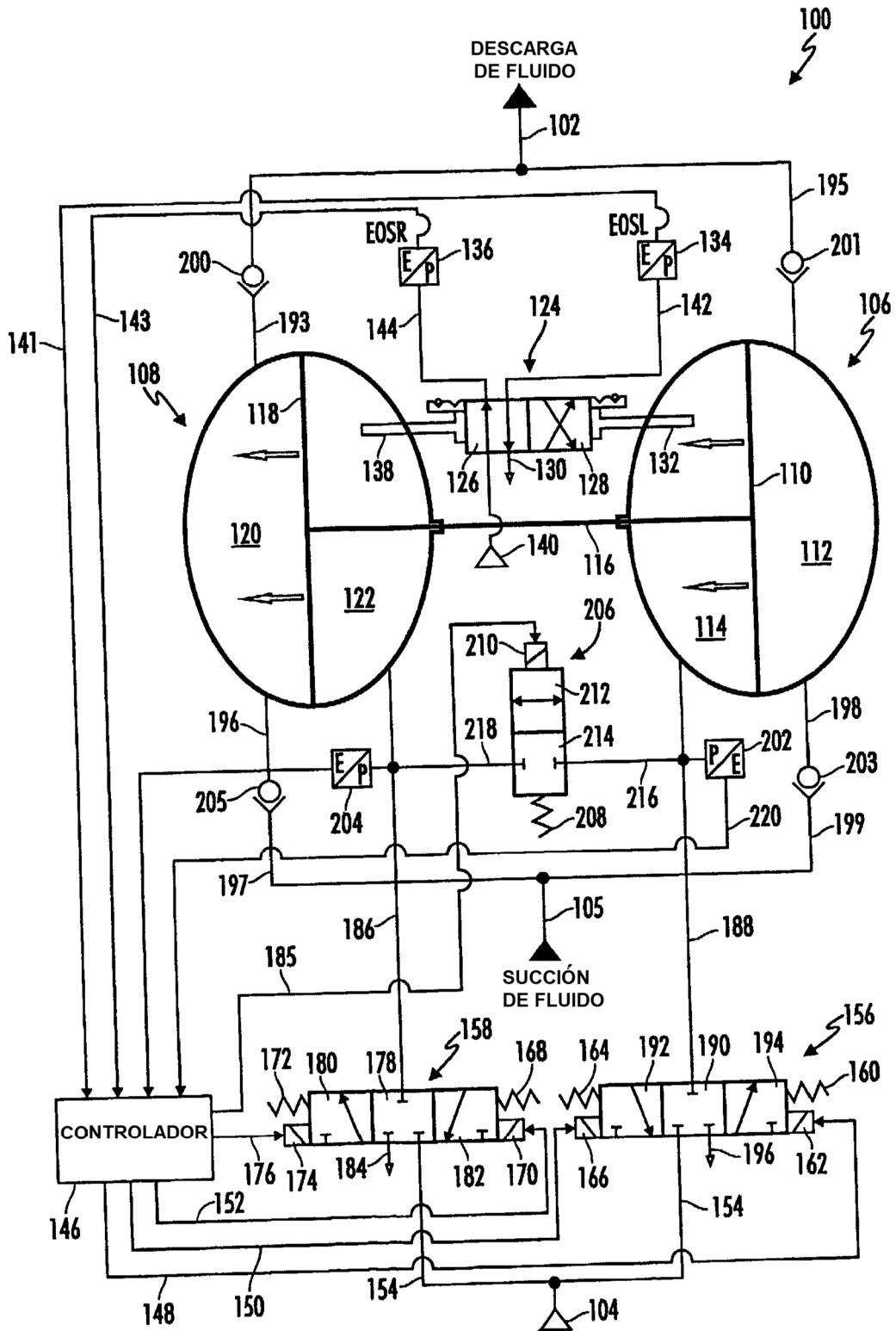


FIG. 26

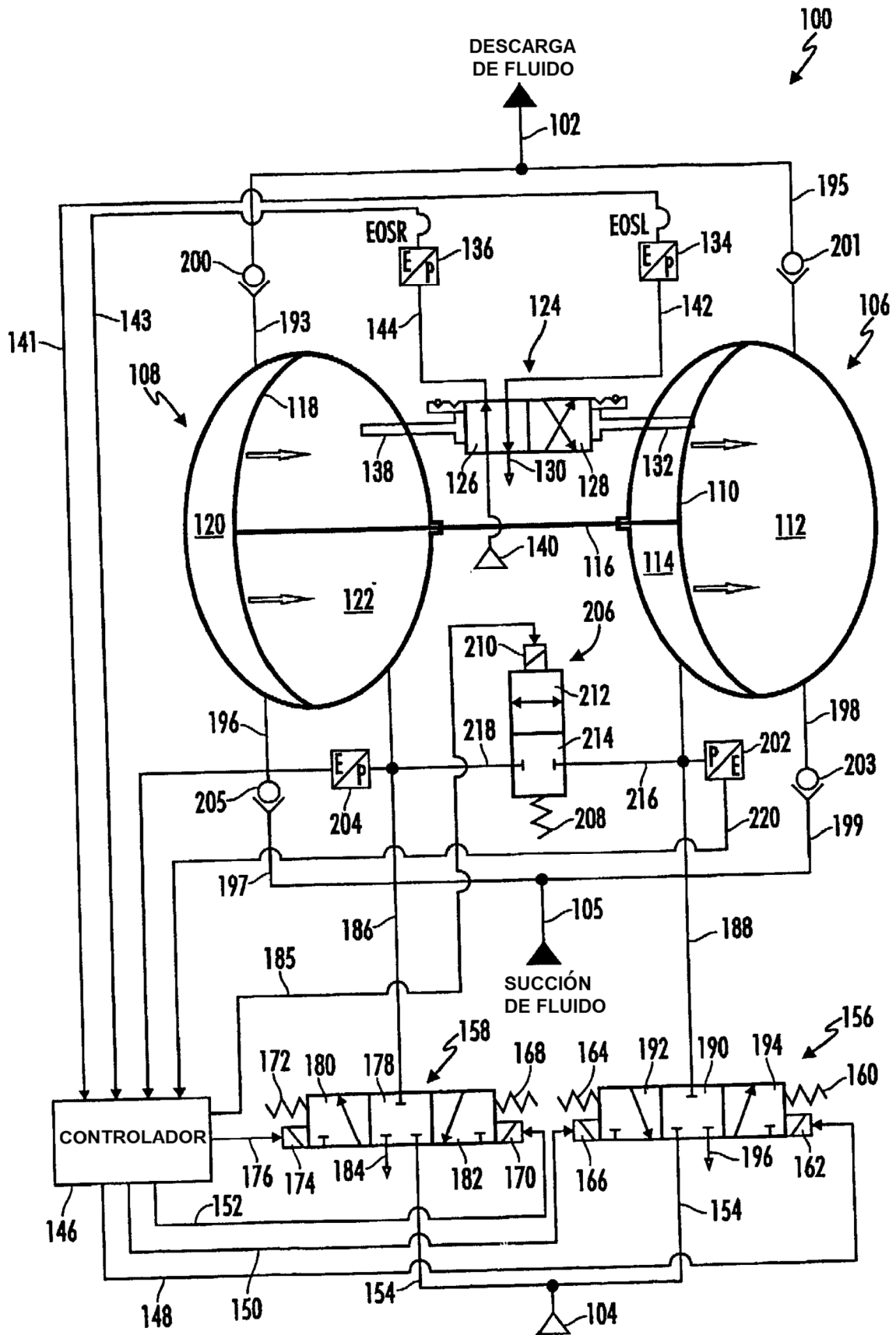


FIG. 27

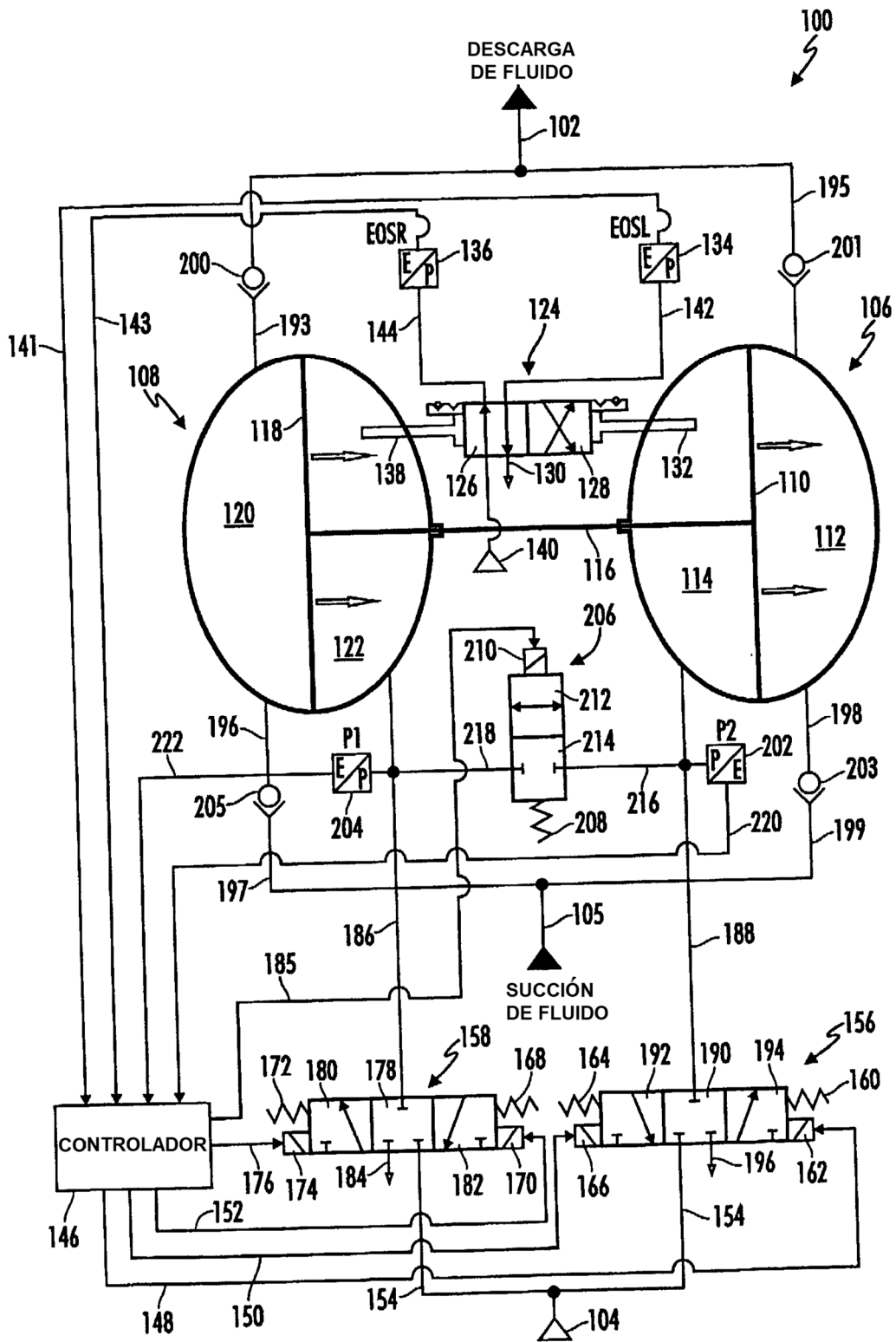


FIG. 28

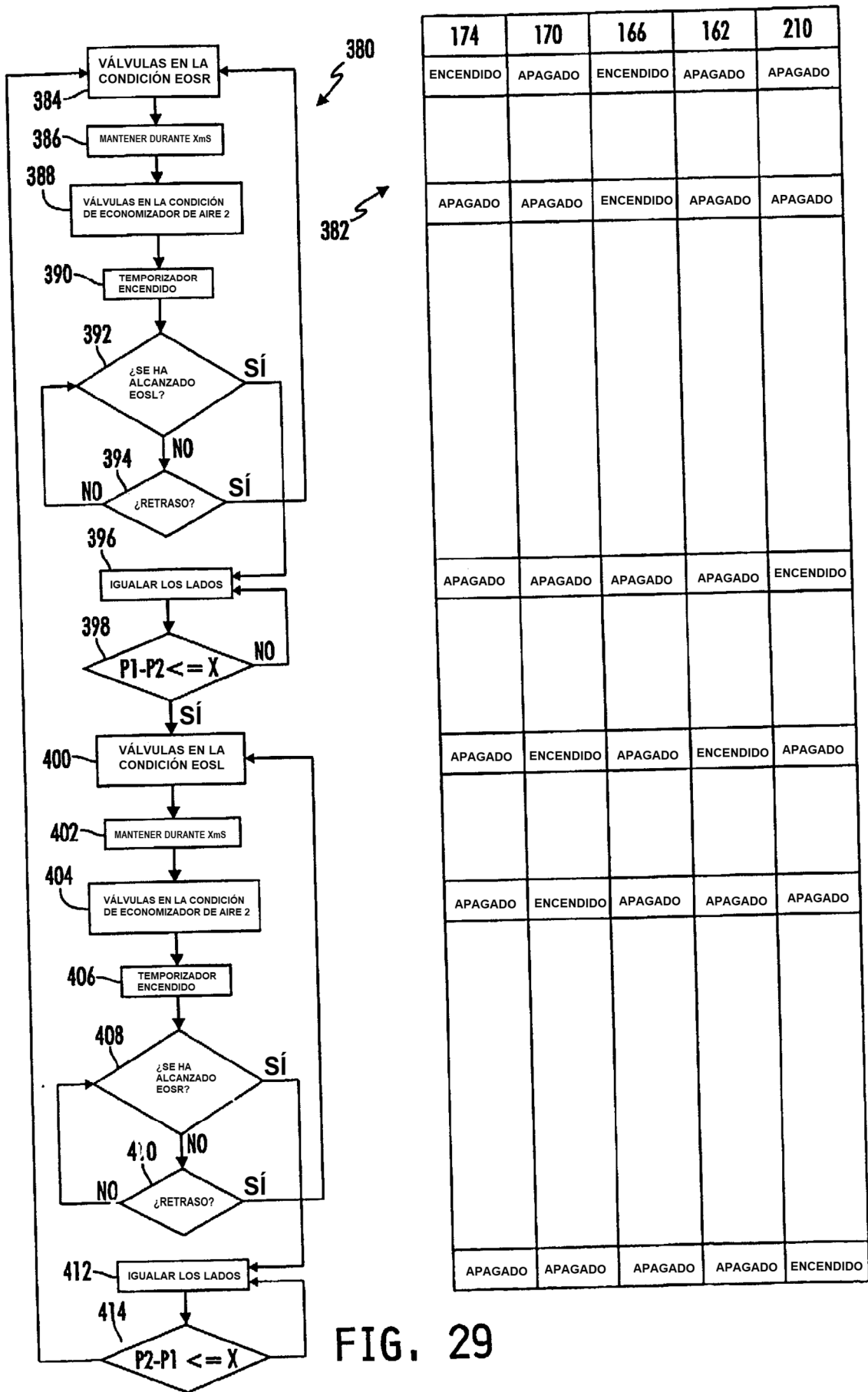


FIG. 29

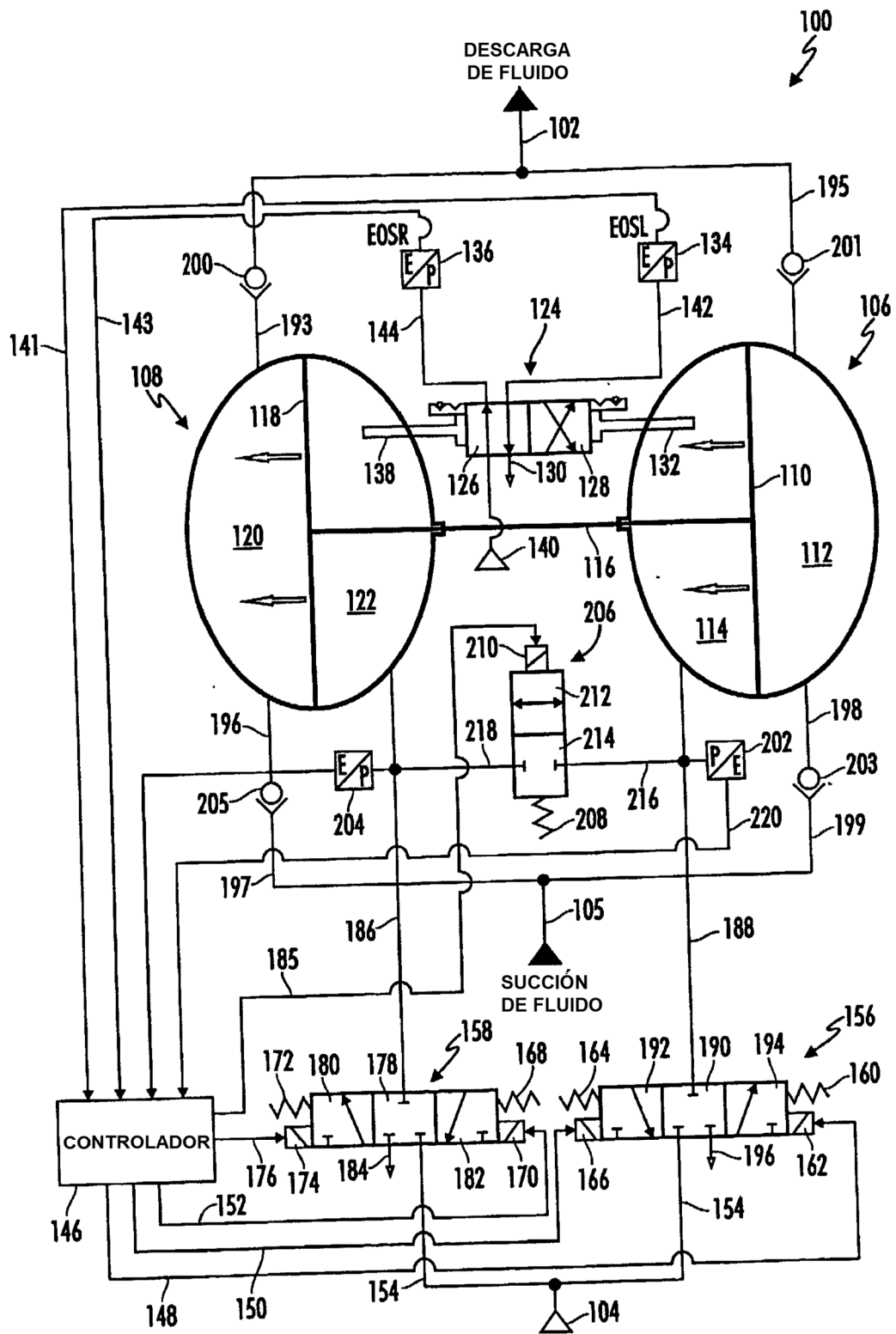


FIG. 30

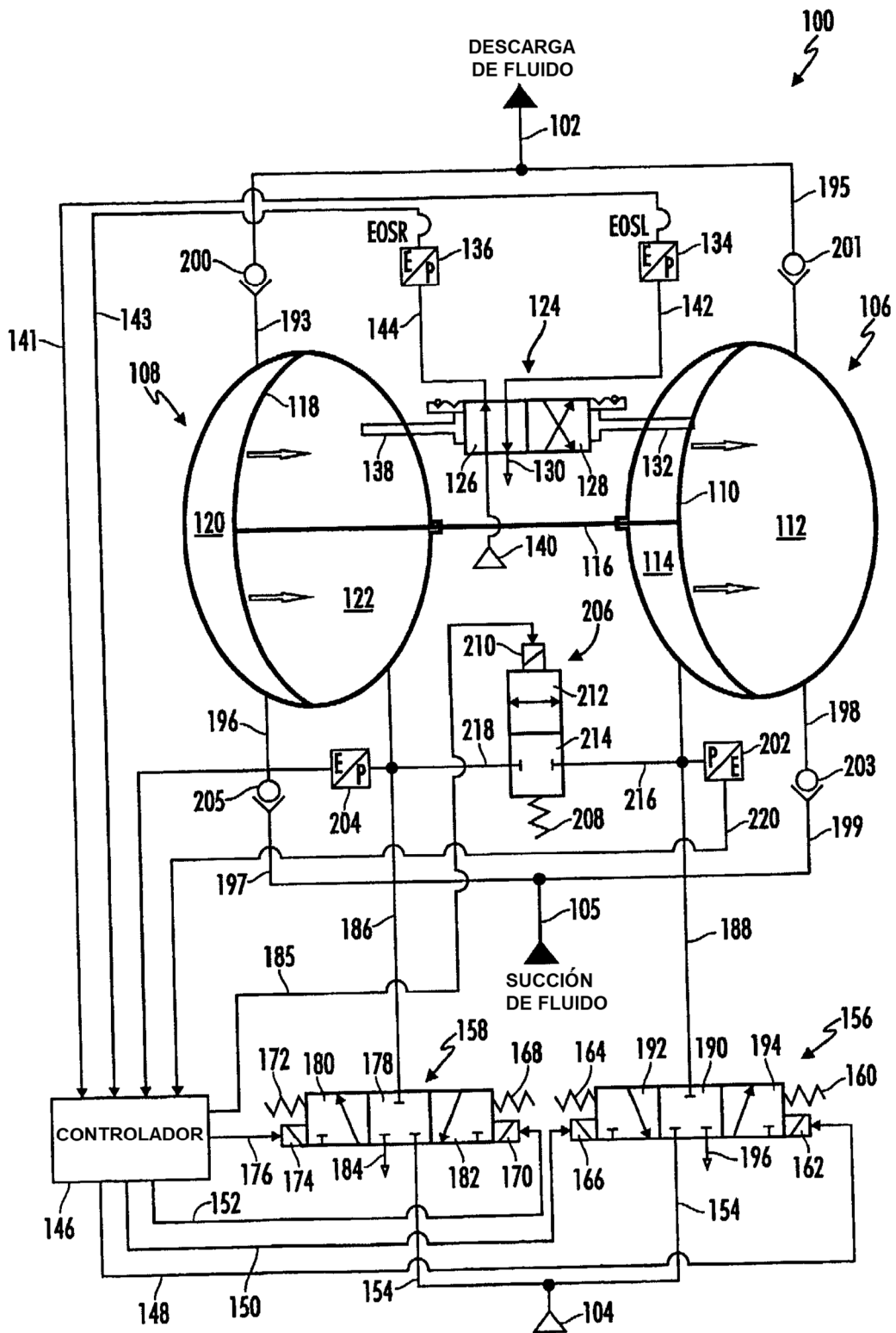


FIG. 31

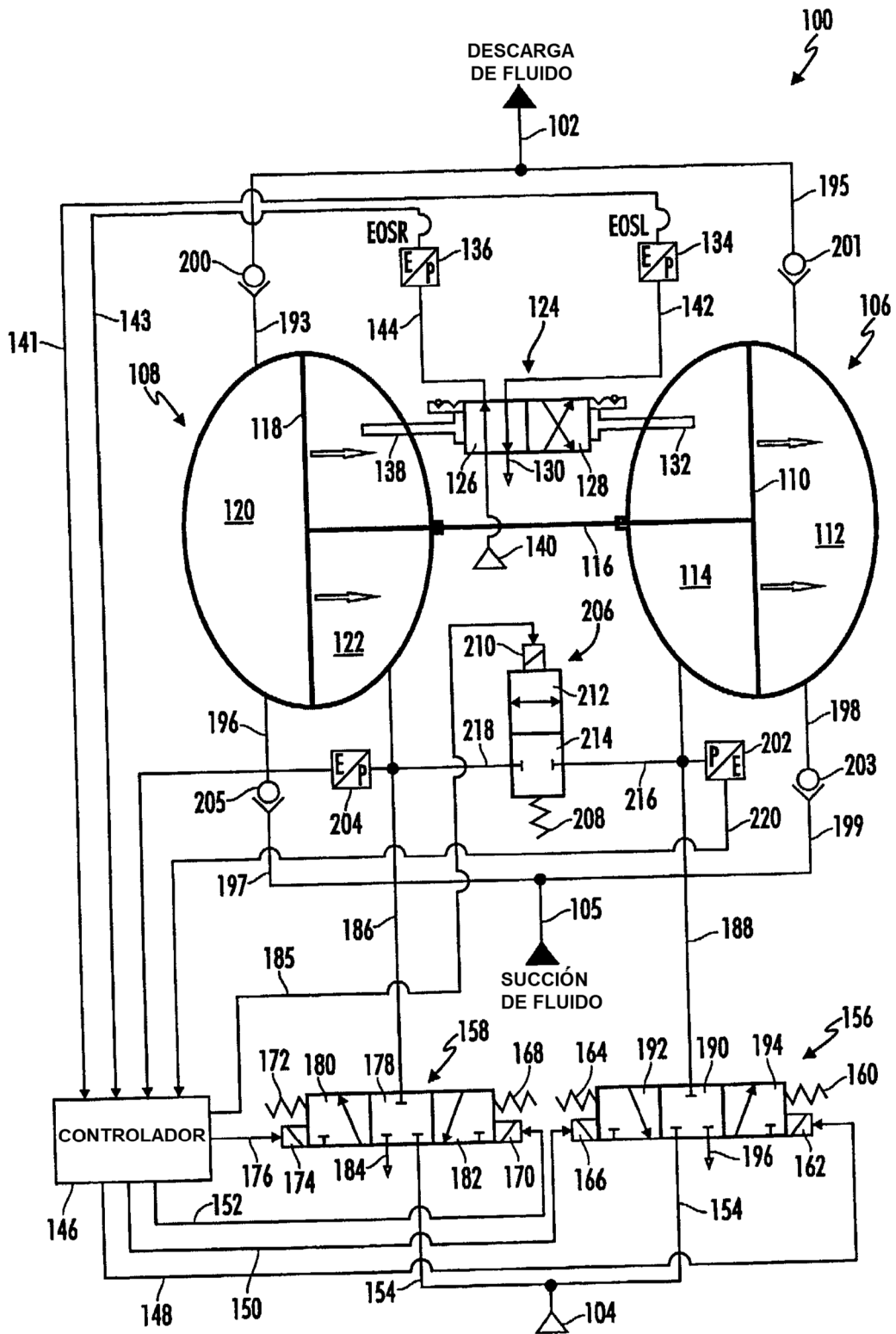


FIG. 32

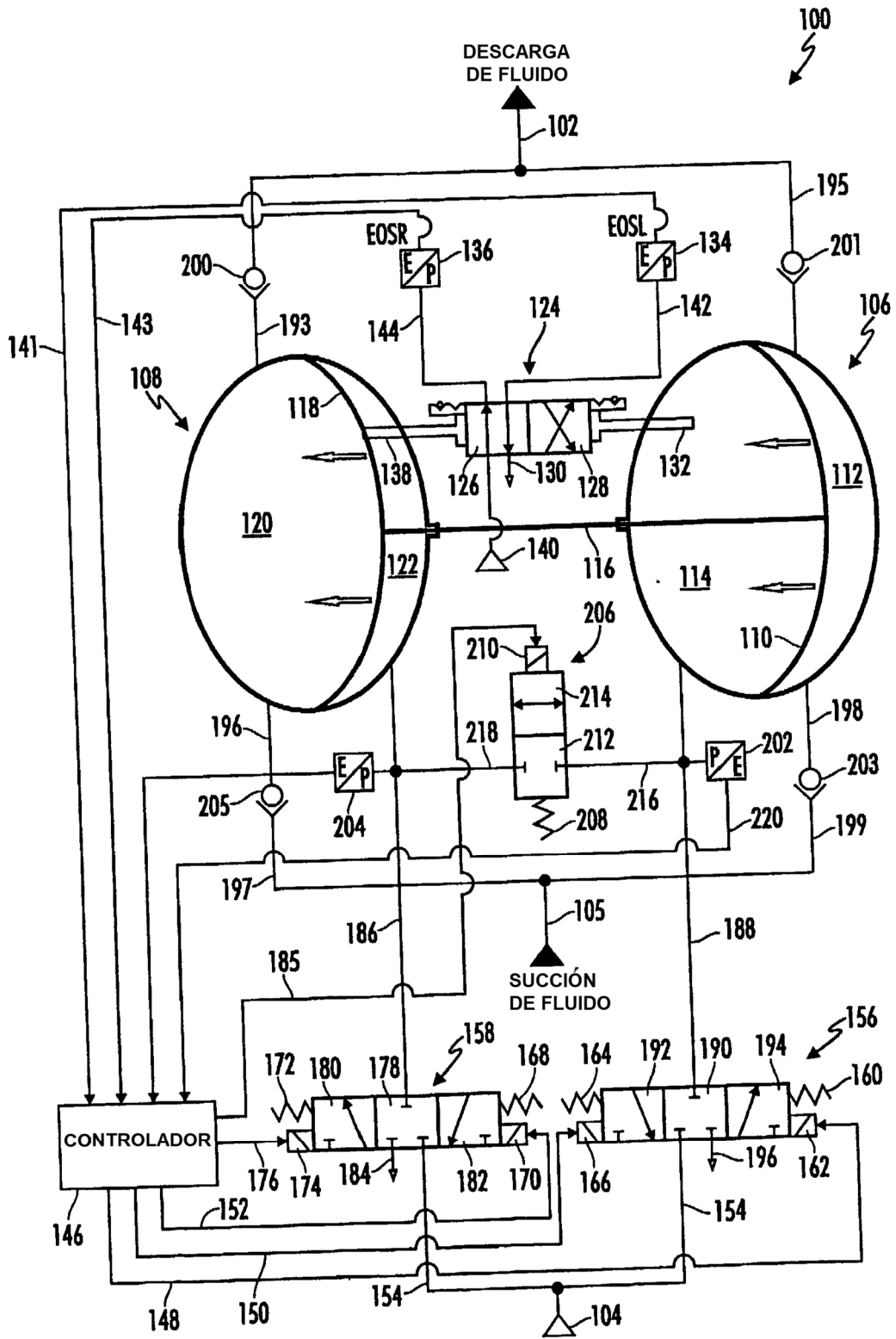


FIG. 33

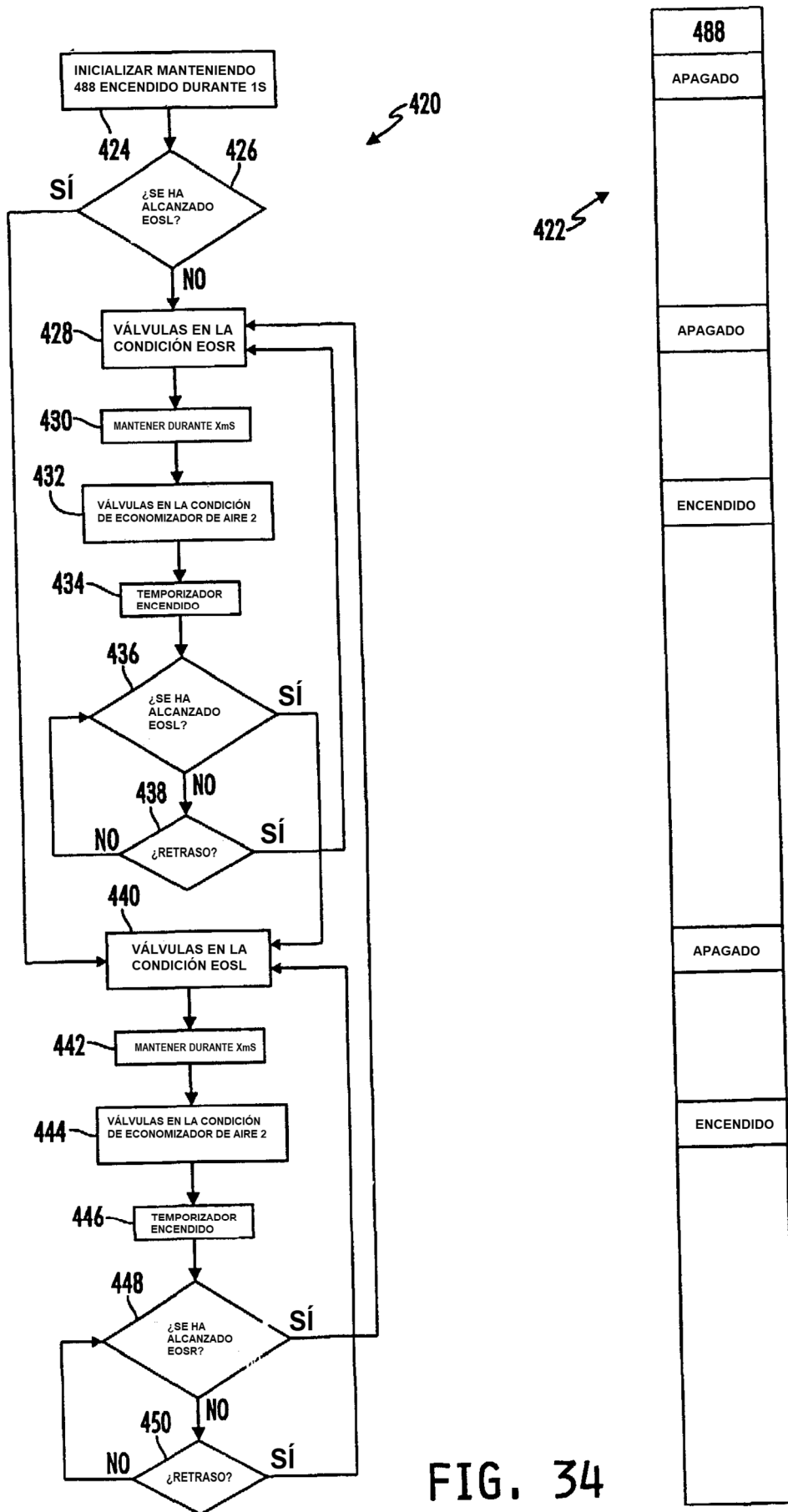


FIG. 34

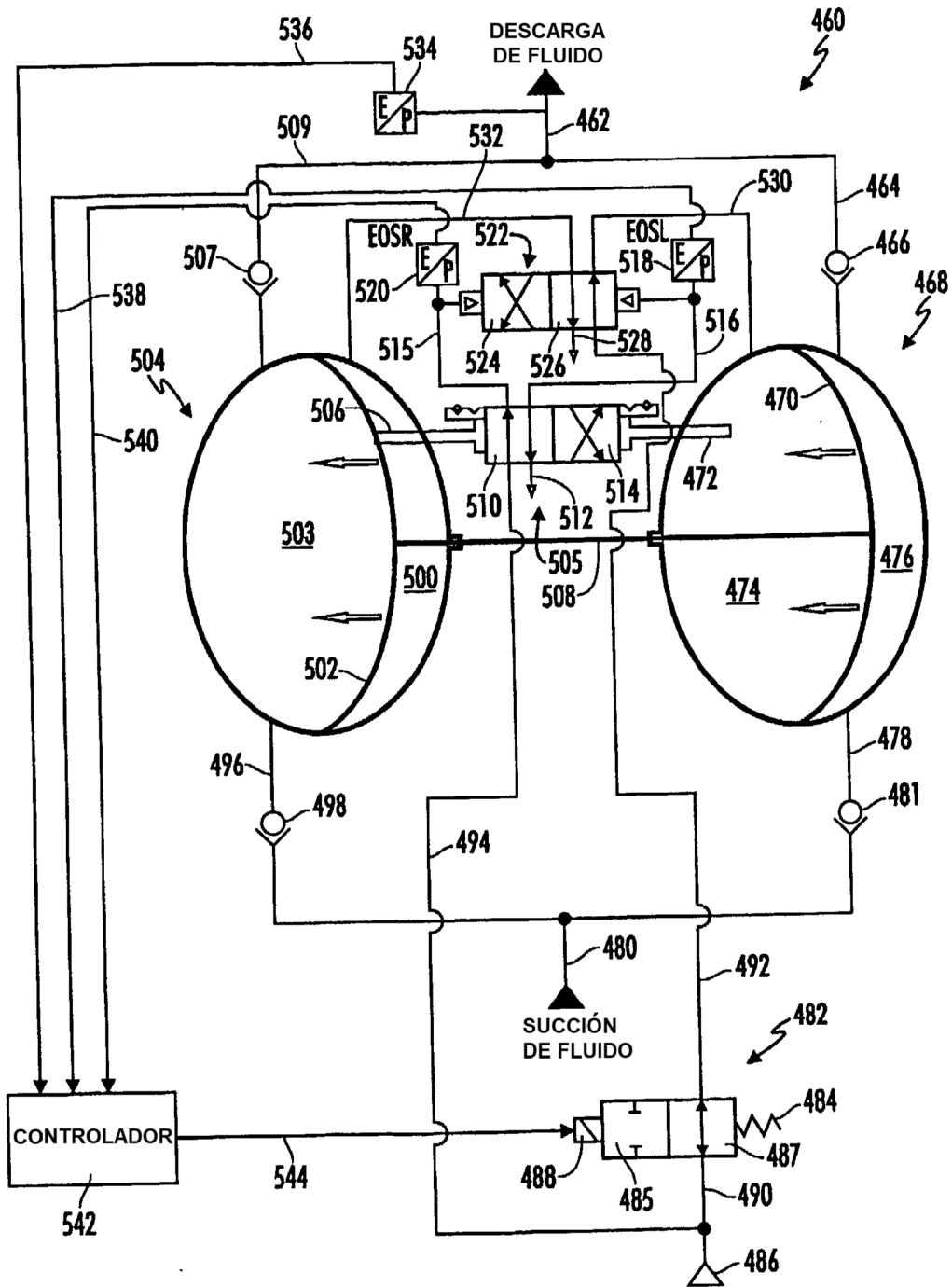


FIG. 35

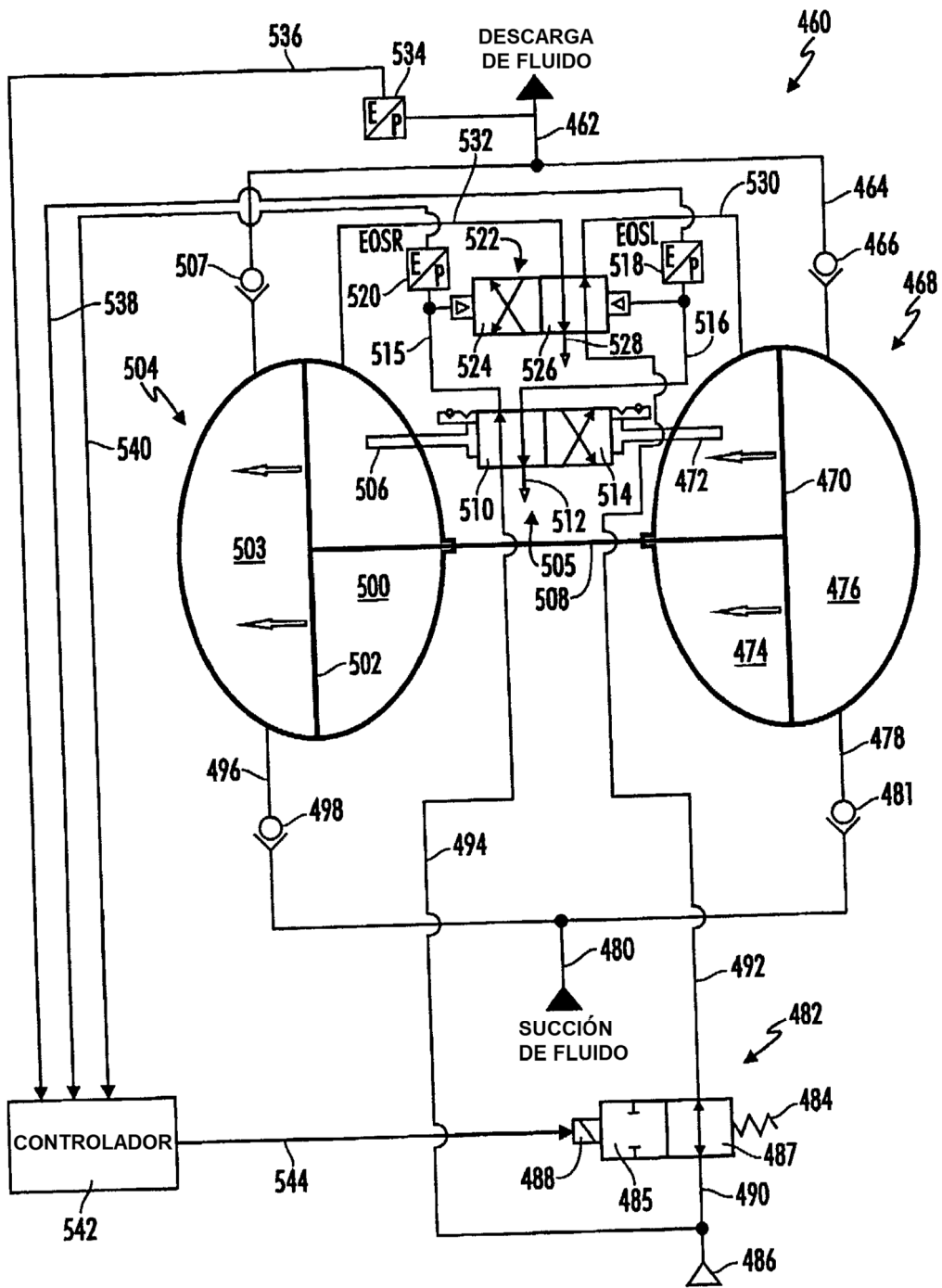


FIG. 36

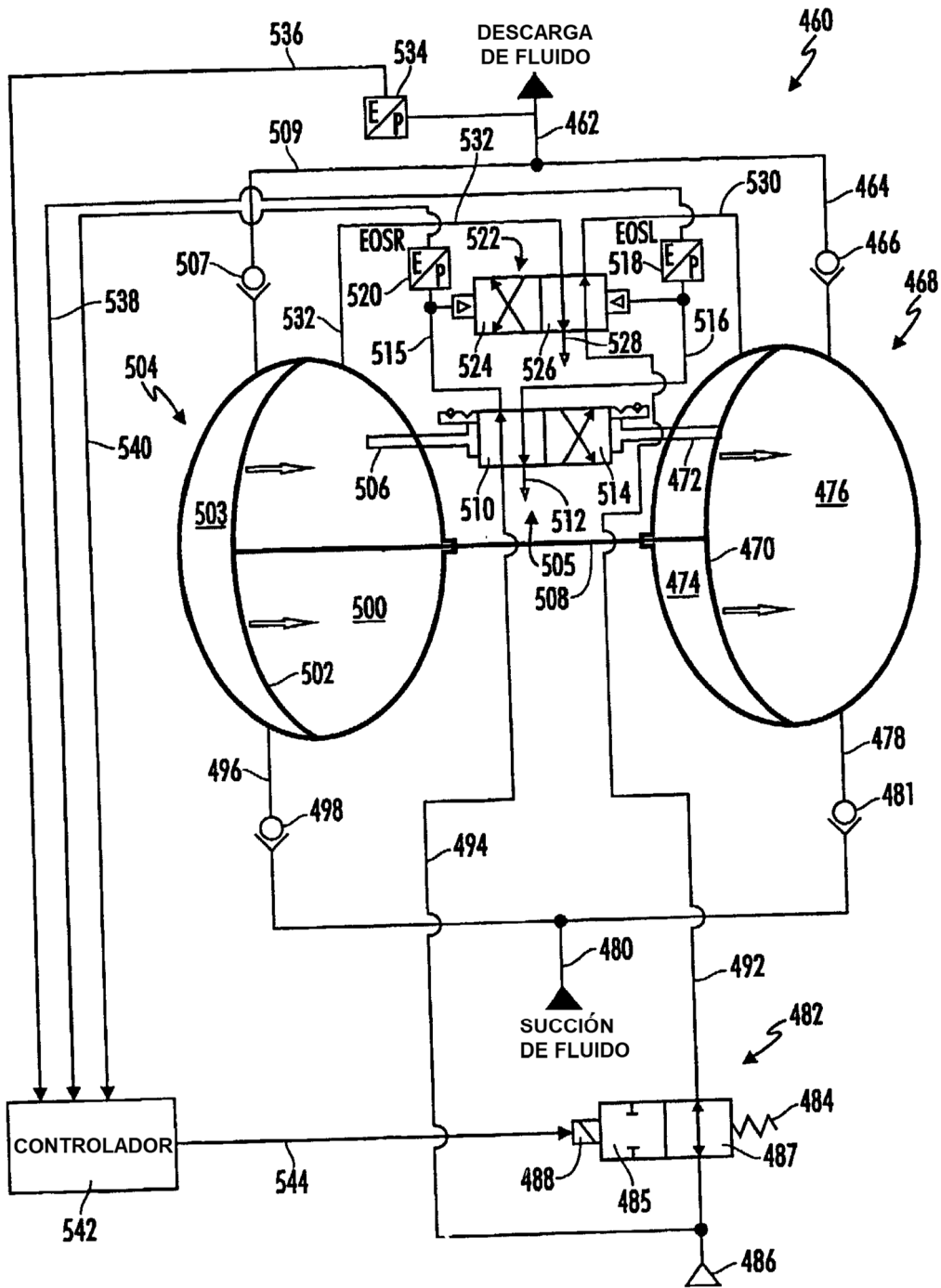


FIG. 37

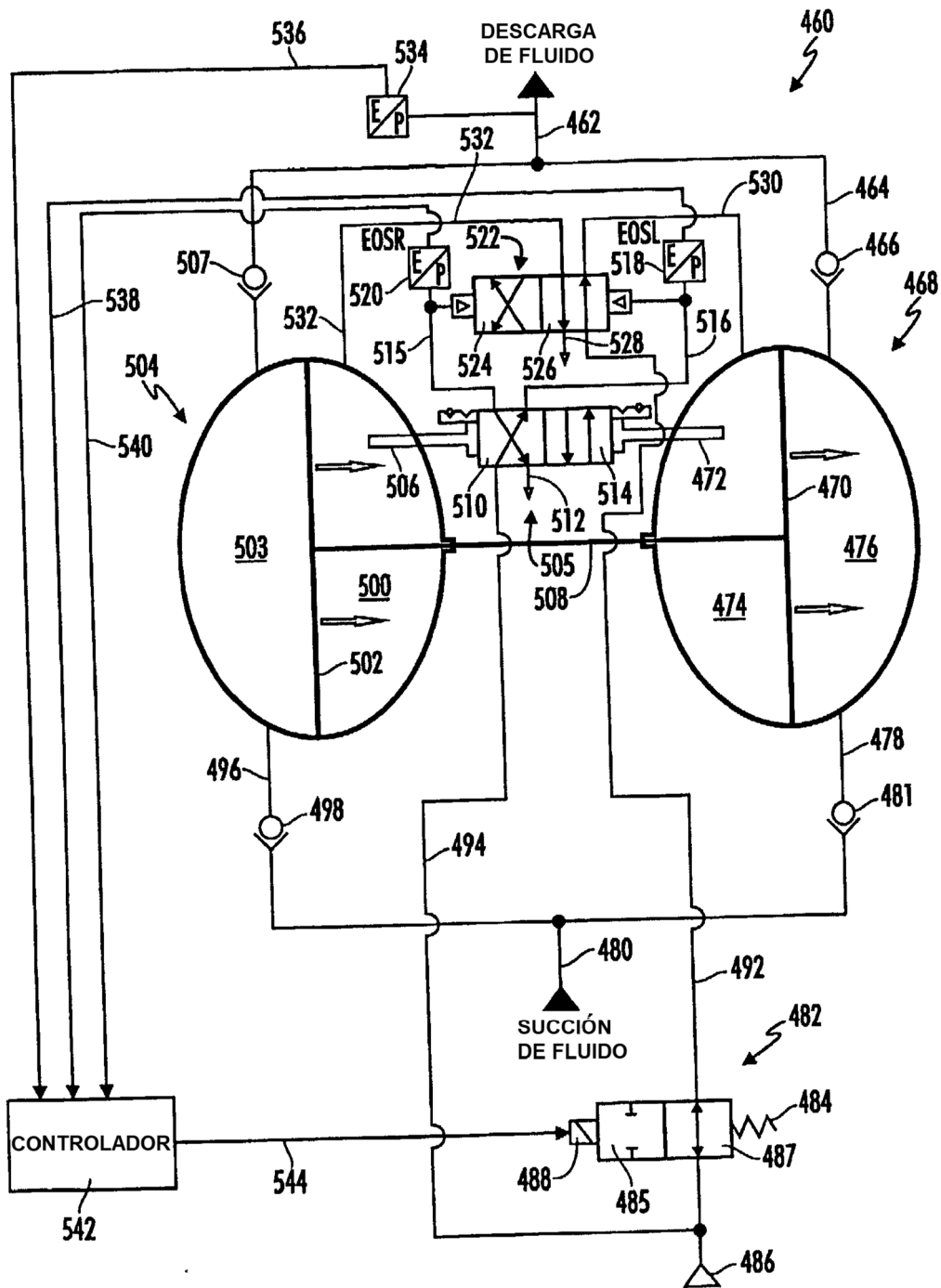


FIG. 38

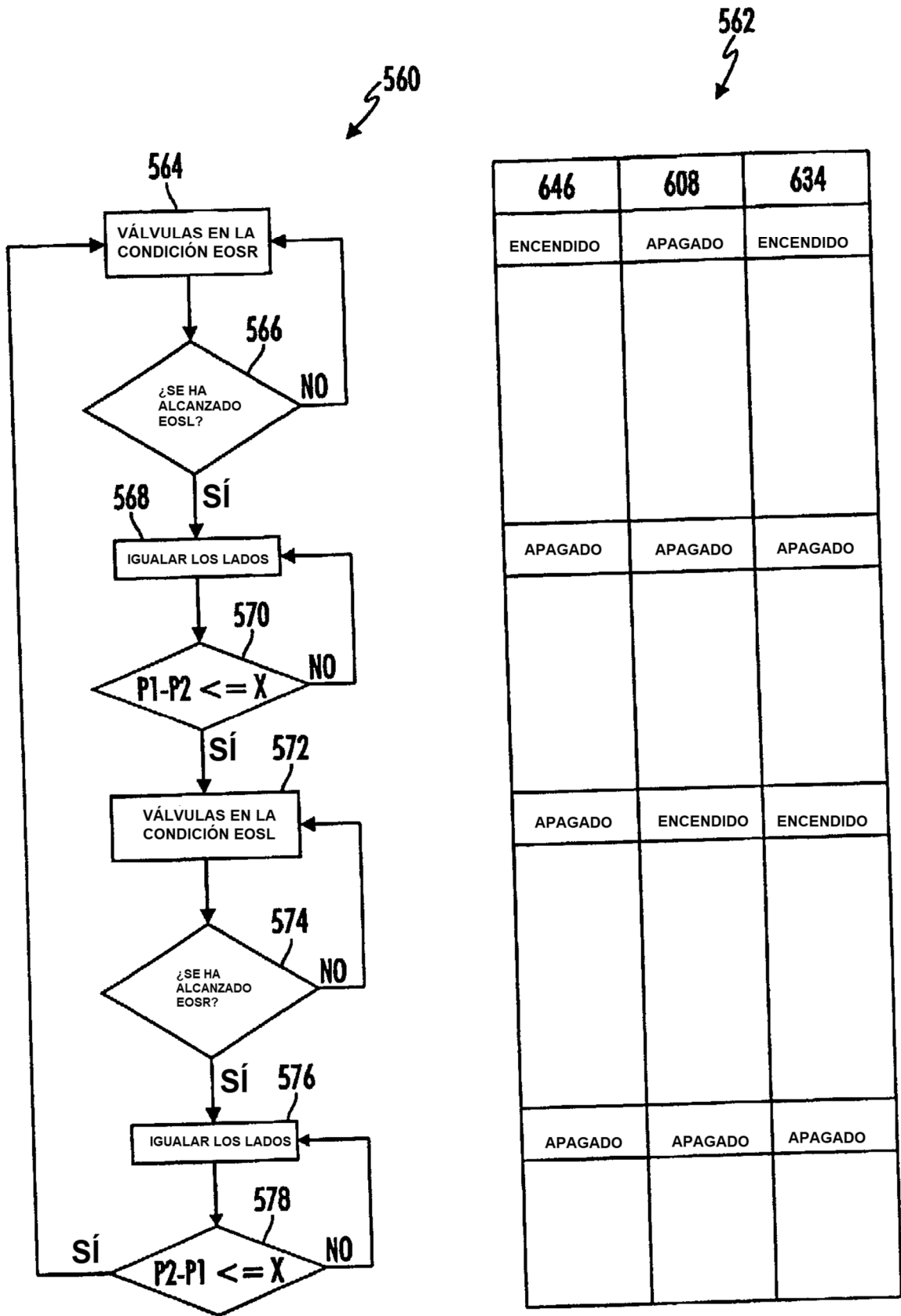


FIG. 39

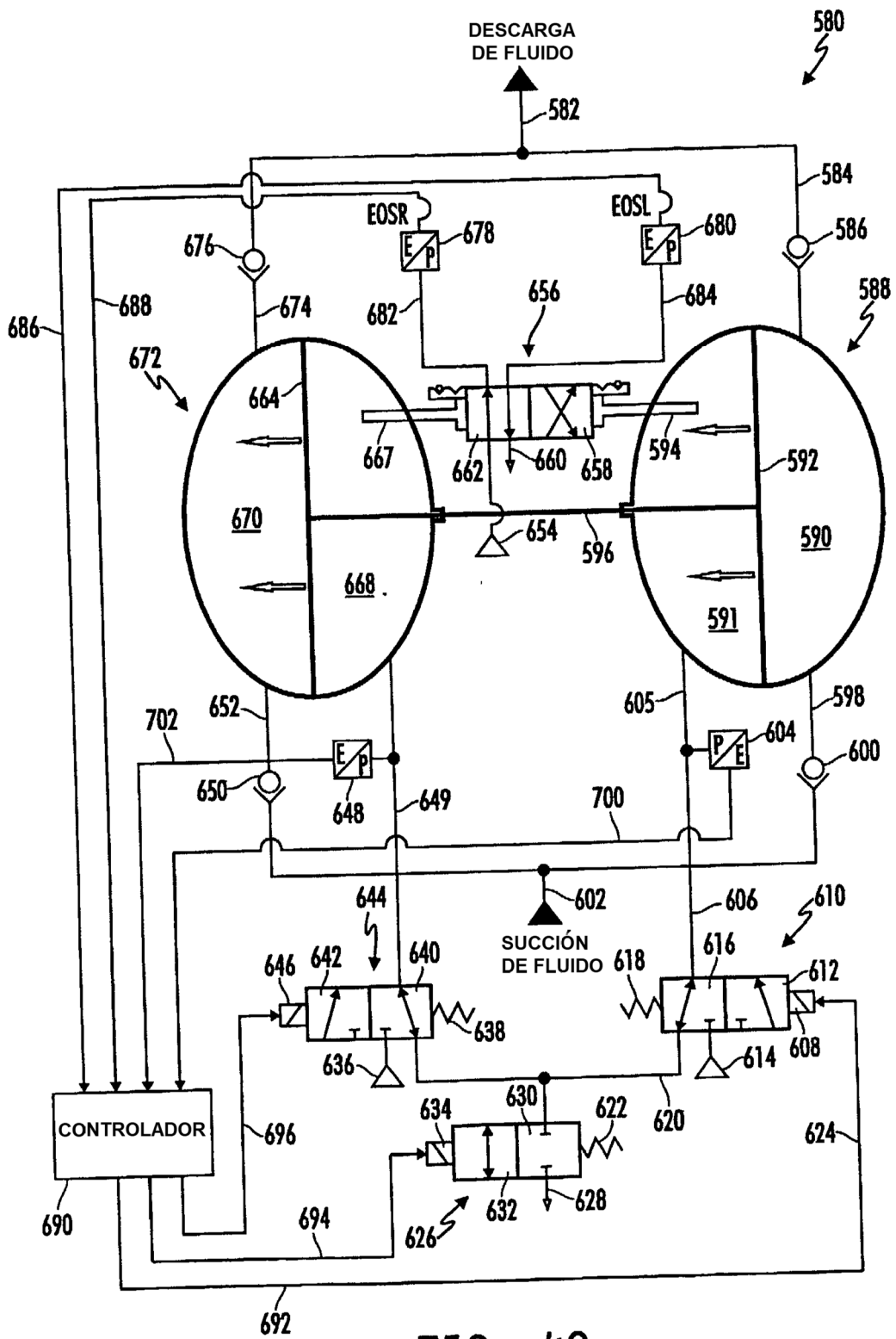


FIG. 40

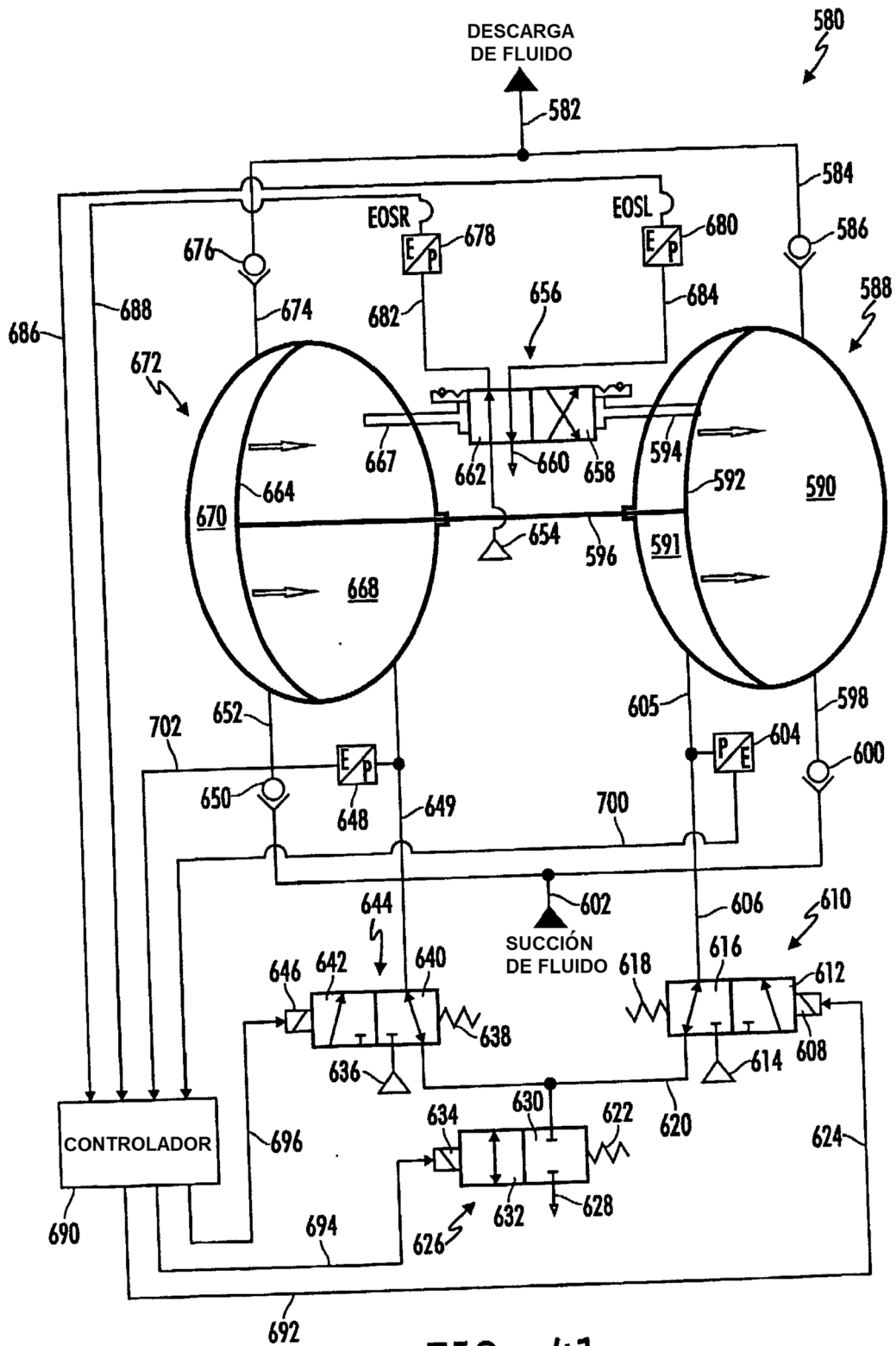


FIG. 41

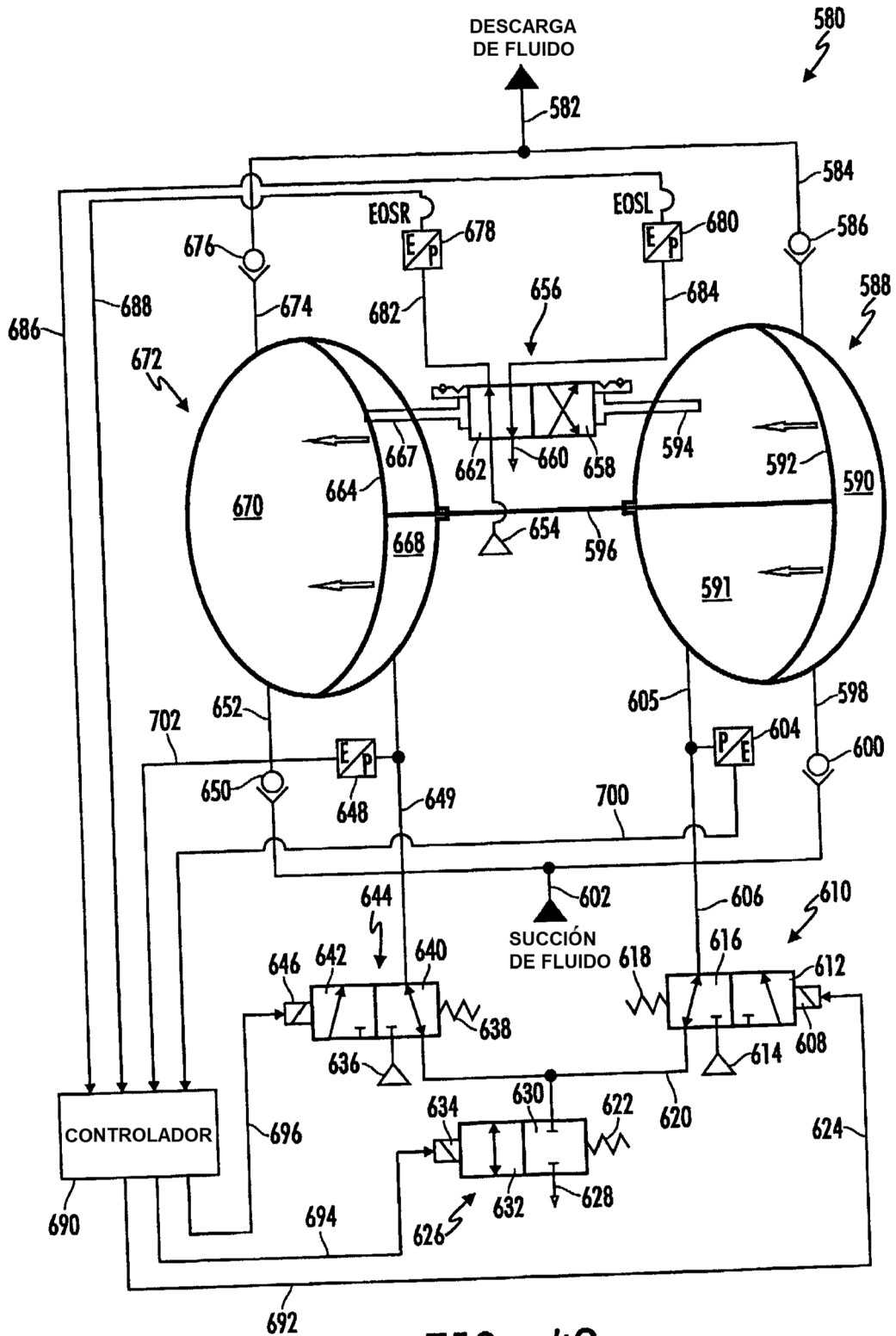


FIG. 42

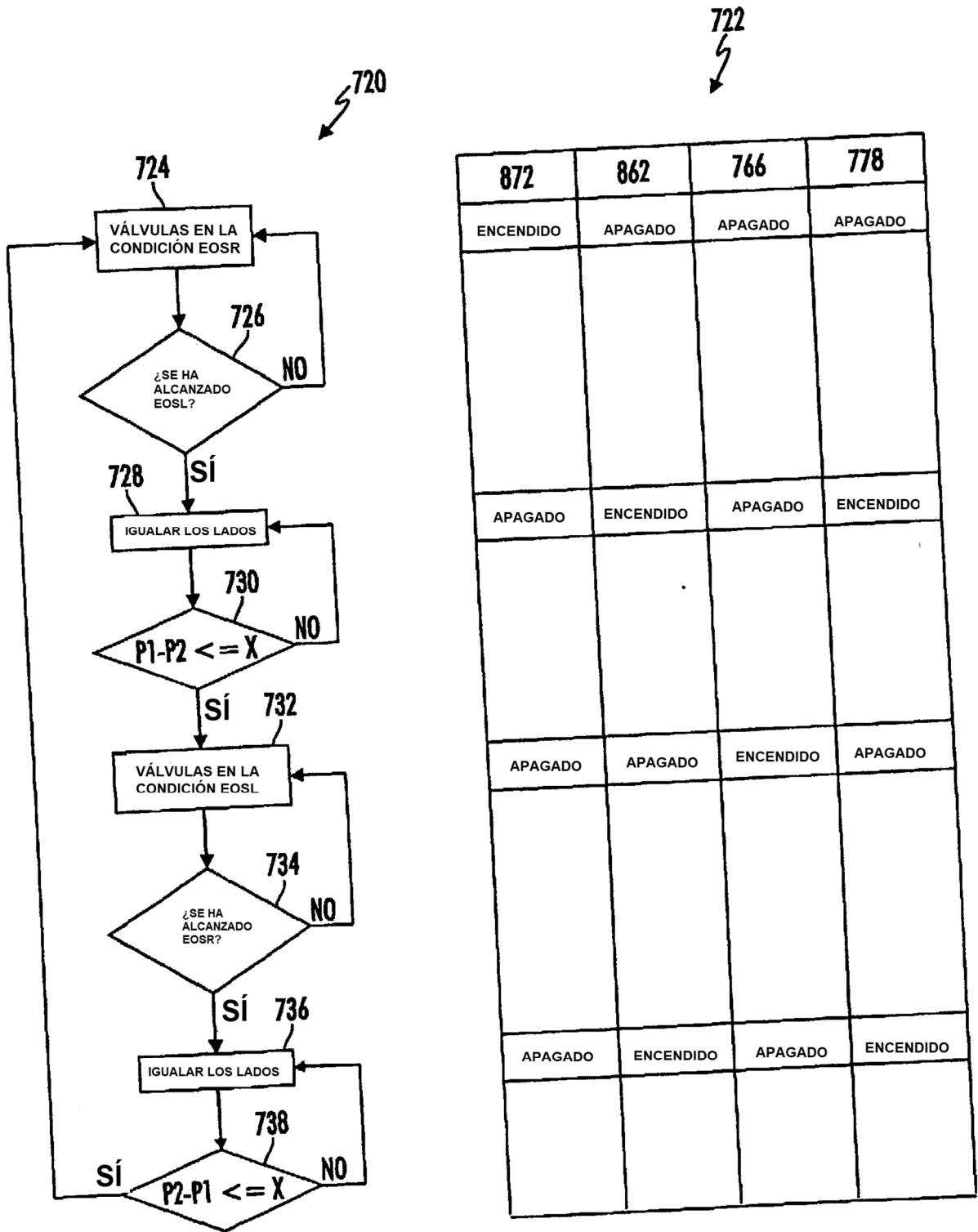


FIG. 43

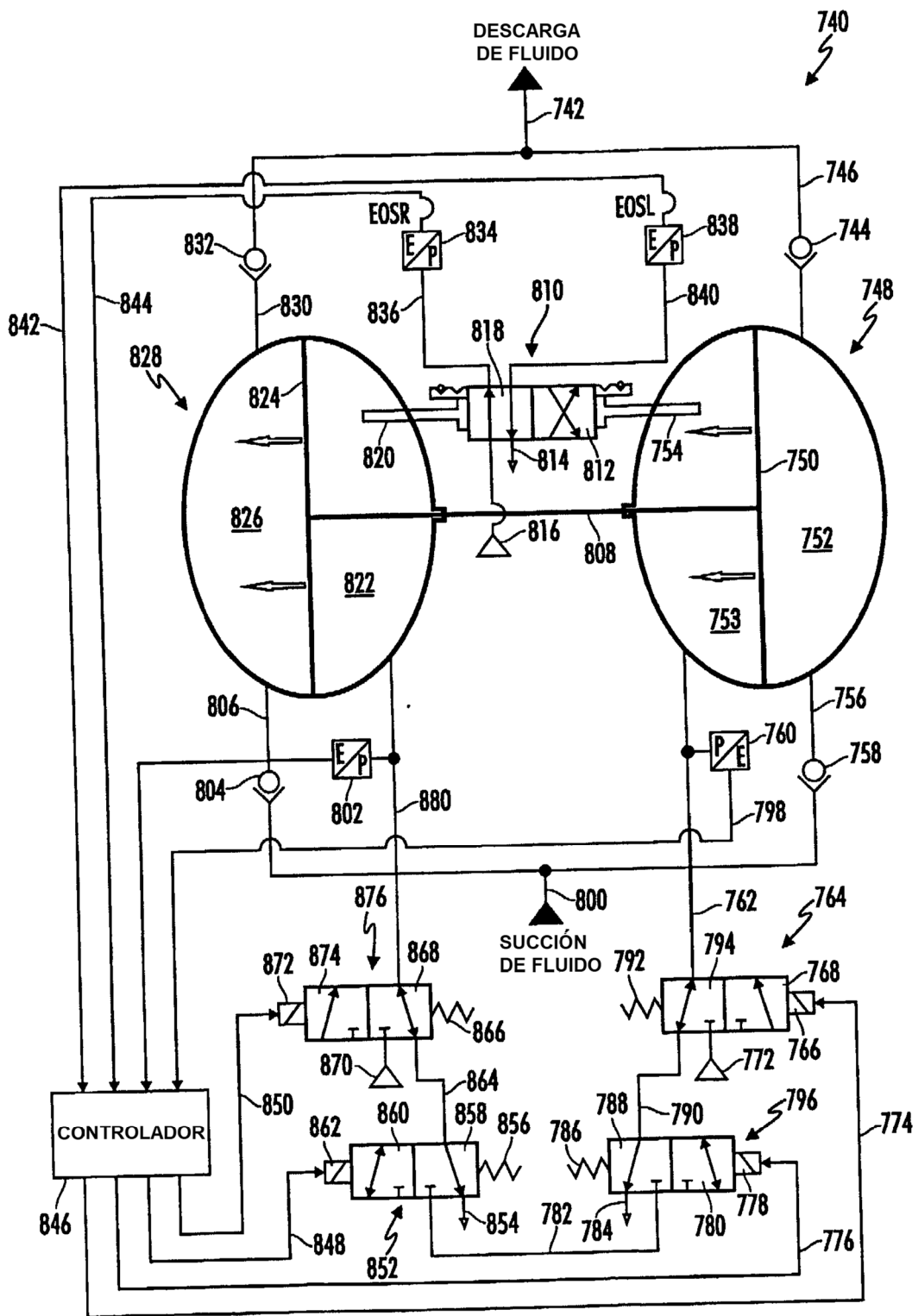


FIG. 44

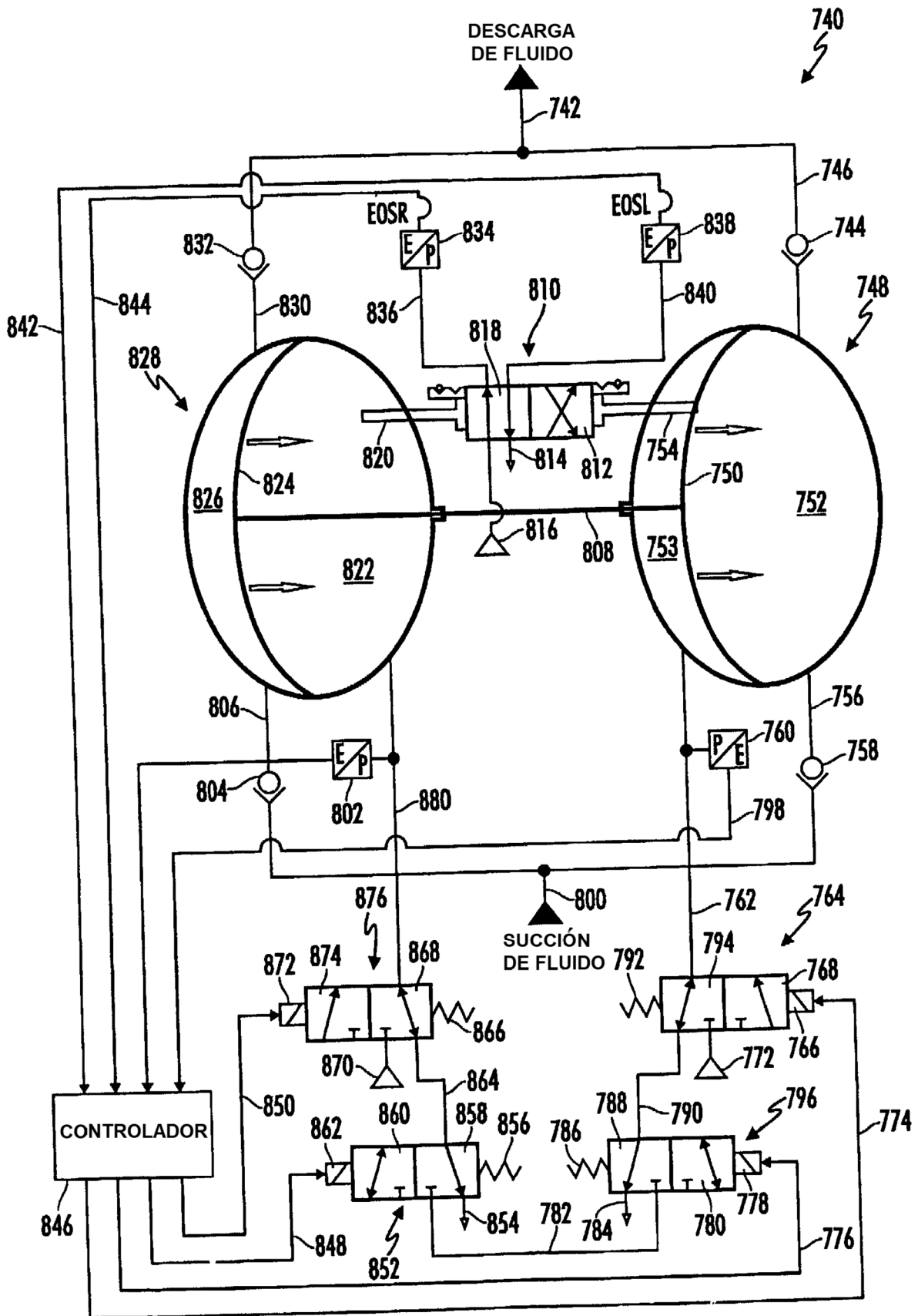


FIG. 45

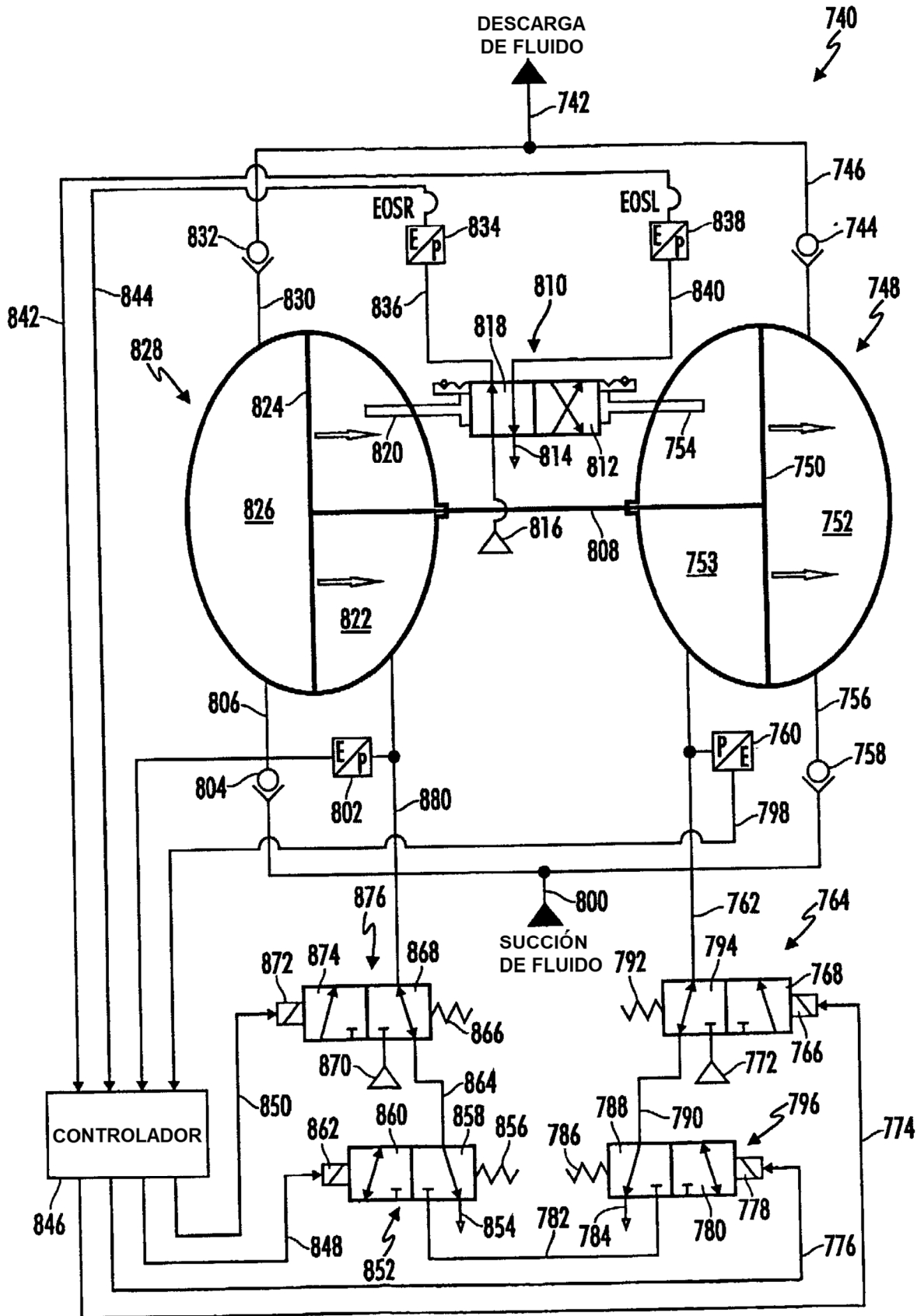


FIG. 46

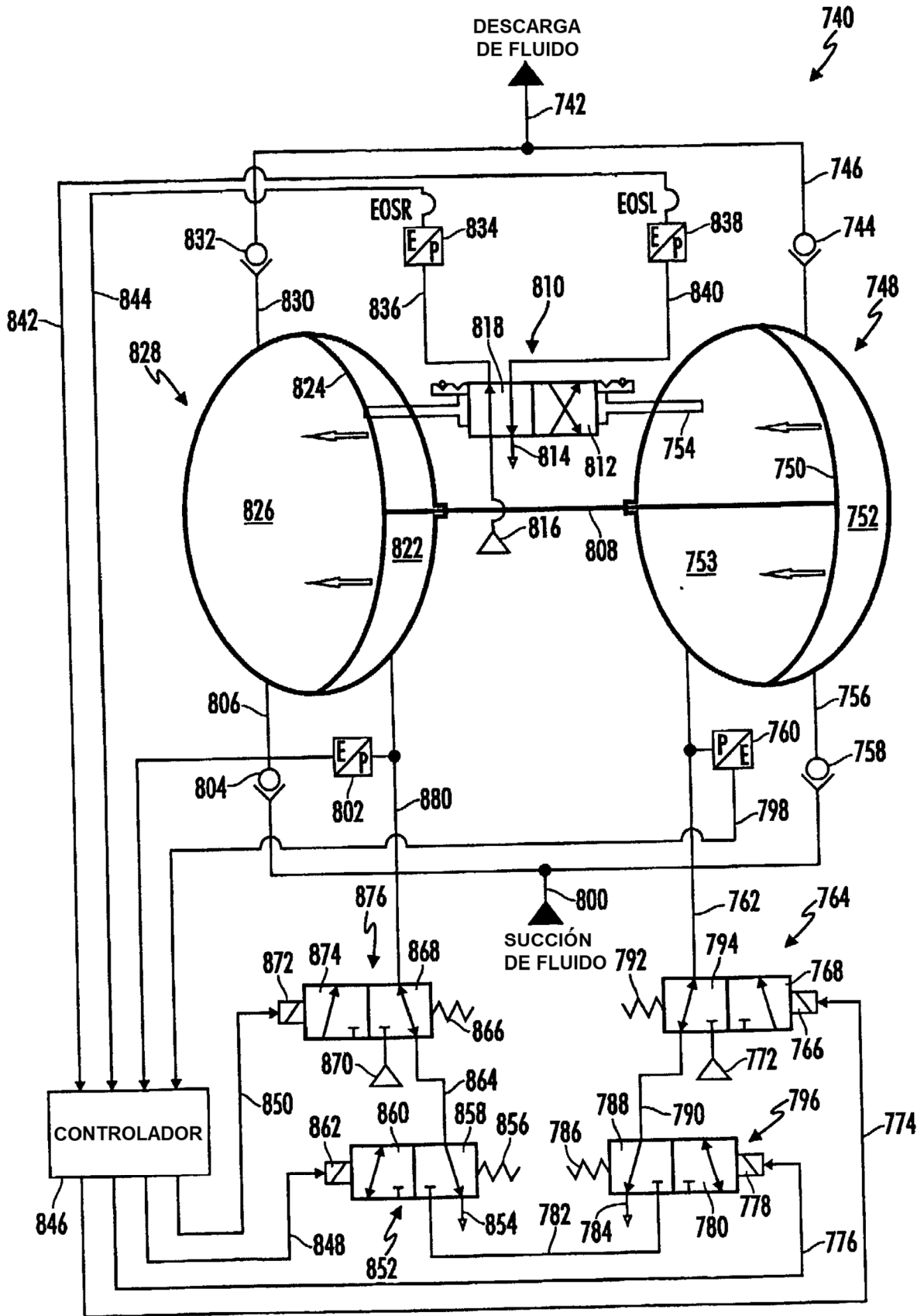


FIG. 47