

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 442 368**

51 Int. Cl.:

**A61F 9/007** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.11.2010 E 10779886 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2013 EP 2509549**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para accionador de válvula neumático dinámico**

30 Prioridad:

**10.12.2009 US 285243 P**

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

**11.02.2014**

73 Titular/es:

**ALCON RESEARCH, LTD. (100.0%)  
6201 South Freeway, Mail Code TB4-8  
Fort Worth, TX 76134-2099, US**

72 Inventor/es:

**GAO, SHAWN X. y  
HOPKINS, MARK A.**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 442 368 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

Sistemas y procedimientos para accionador de válvula neumático dinámico.

### 5 **Campo de la invención**

La presente invención pertenece generalmente a un sistema quirúrgico neumático. Más particularmente, pero no a modo de limitación, la presente invención pertenece a la generación neumática del sistema quirúrgico.

### 10 **Descripción de la técnica relacionada**

Las intervenciones vitreorretinales pueden incluir una variedad de intervenciones quirúrgicas realizadas para restablecer, preservar y mejorar la visión. Las intervenciones vitreorretinales pueden ser apropiadas para tratar muchas condiciones serias de la parte posterior del ojo. Las intervenciones vitreorretinales pueden tratar condiciones tales como degeneración macular relacionada con la edad (AMD), retinopatía diabética y hemorragia vítrea diabética, agujero macular, desprendimiento retinal, membrana epirretinal, retinitis CMV y muchas otras condiciones oftálmicas.

El vítreo es una sustancia normalmente transparente similar a gel que llena el centro del ojo. Puede constituir aproximadamente 2/3 del volumen del ojo, dándole forma y configuración antes del nacimiento. Ciertos problemas que afectan a la parte posterior del ojo pueden requerir una vitrectomía o la retirada quirúrgica del vítreo.

Puede realizarse una vitrectomía para quitar sangre y residuos del ojo, para retirar tejido cicatrizal o para aliviar la tracción en la retina. La sangre, las células inflamatorias, los residuos y el tejido cicatrizal pueden oscurecer la luz cuando pasa a través del ojo hasta la retina, dando como resultado una visión borrosa. El vítreo puede retirarse también si está tirando de la retina o arrastrándola desde su posición normal. Algunas de las condiciones del ojo más comunes que requieren vitrectomía incluyen complicaciones derivadas de la retinopatía diabética tales como desprendimiento o sangrado retinal, agujero retinal, desprendimiento retinal, fibrosis de la membrana prerretinal, sangrado dentro del ojo (hemorragia vítrea), lesiones o infecciones y ciertos problemas relacionados con una cirugía previa del ojo.

El cirujano retinal puede realizar una vitrectomía con un microscopio y unas lentes especiales diseñadas para proporcionar una imagen clara de la parte posterior del ojo. Pueden hacerse en la esclerótica varias incisiones diminutas de sólo unos pocos milímetros de longitud. El cirujano retinal puede insertar instrumentos microquirúrgicos a través de las incisiones tales como una fuente de luz de fibra óptica para iluminar dentro del ojo, un conducto de infusión para mantener la forma del ojo durante la cirugía, e instrumentos para cortar y retirar el vítreo.

En una vitrectomía, el cirujano puede crear tres incisiones diminutas en el ojo para tres instrumentos independientes. Estas incisiones pueden colocarse en la pars plana del ojo, que está localizada justo detrás del iris pero delante de la retina. Los instrumentos que pasan a través de estas incisiones pueden incluir un tubo de luz, una abertura de infusión y el dispositivo de corte de vitrectomía. El tubo de luz es el equivalente de una linterna microscópica de alta intensidad para uso dentro del ojo. La abertura de infusión puede utilizarse para sustituir fluido en el ojo y mantener la presión apropiada dentro del ojo. El vitrector o dispositivo de corte puede trabajar como una diminuta guillotina, con un bisturí microscópico oscilante para retirar el gel vítreo de una manera controlada. Esto puede impedir una tracción significativa en la retina durante la retirada del humor vítreo.

La máquina quirúrgica utilizada para realizar una vitrectomía y otras cirugías en la parte posterior del ojo es muy compleja. Típicamente, una máquina quirúrgica oftálmica de este tipo incluye una consola principal a la que se sujetan las numerosas herramientas diferentes. La consola principal puede proporcionar potencia a las herramientas anexas y controlar el funcionamiento de las mismas.

Las herramientas anexas incluyen típicamente sondas, tijeras, fórceps, iluminadores, vitrectores y conductos de infusión. Cada una de estas herramientas se sujeta típicamente a la consola quirúrgica principal. Un ordenador en la consola quirúrgica principal puede vigilar y controlar el funcionamiento de estas herramientas. Estas herramientas pueden conseguir también su potencia de la consola quirúrgica principal. Algunas de estas herramientas pueden ser alimentadas eléctricamente, mientras que otras pueden ser alimentadas neumáticamente.

A fin de proporcionar potencia neumática a las diversas herramientas, la consola quirúrgica principal puede incluir un módulo neumático o de distribución de aire. Este módulo neumático puede acondicionar y suministrar aire o gas comprimido para alimentar las herramientas. El módulo neumático puede conectarse a un cilindro que contiene gas comprimido. El módulo neumático puede proporcionar la presión de gas apropiada para hacer funcionar apropiadamente las herramientas anexas.

### 65 **Sumario de la invención**

En la invención una válvula de sistema neumático para una consola quirúrgica puede ser controlada por un

controlador configurado para ajustar un ciclo de trabajo de válvula (VCD) (utilizándose el VCD para energizar la válvula) a fin de reducir una diferencia entre una presión diferencial (por ejemplo, una presión diferencial media) en la salida de la válvula y una presión diferencial deseada (por ejemplo, una presión diferencial media deseada). En algunas realizaciones, pueden detectarse presiones diferenciales medias y éstas pueden transmitirse desde un sensor de presión, acoplado a una o más aberturas de la válvula, hasta el controlador (por ejemplo, implementando un algoritmo de controlador PID (controlador Proporcional-Integral-Derivativo)). El controlador compara la presión diferencial media medida contra la presión diferencial media deseada (por ejemplo, recibida del usuario o determinada sobre la base de la información recibida del usuario). El controlador determina a continuación el VDC modificado para reducir una diferencia entre la presión diferencial media deseada y la presión diferencial media medida. En algunas realizaciones, pueden realizarse múltiples iteraciones para reducir la diferencia entre la presión diferencial media medida y la presión diferencial media deseada.

El documento de patente US 2008/0149197 A1 describe un sistema neumático según el preámbulo de la reivindicación 1.

### Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa de la presente invención, se hace referencia a la siguiente descripción tomada en conjunción con los dibujos que se acompañan, en los que:

la figura 1 es una consola quirúrgica según una forma de realización;

la figura 2a es un diagrama de un sistema neumático con un sensor de presión diferencial según una forma de realización;

la figura 2b es un diagrama de un sistema neumático con sensores de presión independientes en cada abertura según una forma de realización;

la figura 3 ilustra un bisturí de vitrectomía según una forma de realización;

la figura 4 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para controlar una válvula neumática según una forma de realización;

la figura 5 ilustra una forma de realización de una tabla de búsqueda para correlacionar el ciclo de trabajo de abertura con la presión diferencial media según una forma de realización; y

la figura 6 ilustra una forma de realización con una válvula neumática que incluye dos o más válvulas.

Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la descripción detallada siguiente se dan a modo de ejemplo y de explicación solamente y están destinadas a proporcionar una explicación adicional de la presente invención según se reivindica.

### Descripción detallada de las formas de realización

La figura 1 ilustra una forma de realización de una consola quirúrgica 101 para una máquina quirúrgica oftálmica neumáticamente alimentada. La consola quirúrgica 101 puede estar configurada para accionar una o más herramientas neumáticas 103. Las herramientas 103 pueden incluir, por ejemplo, tijeras, vitrectores, fórceps y módulos de inyección o extracción. Pueden utilizarse también otras herramientas 103. En funcionamiento, la máquina de cirugía oftálmica neumáticamente alimentada de la figura 1 puede funcionar para ayudar a un cirujano a realizar diversas intervenciones quirúrgicas oftálmicas, tal como una vitrectomía. Un gas comprimido, tal como nitrógeno, puede proporcionar la potencia a través de la consola quirúrgica 101 necesaria para alimentar las herramientas 103. La consola quirúrgica 101 puede incluir un monitor 109 para visualizar información destinada a un usuario (el monitor puede incorporar también una pantalla táctil para recibir entradas de usuario). La consola quirúrgica 101 puede incluir también un módulo fluido 105 (por ejemplo, para soportar funciones de irrigación/aspiración) y uno o más conectores de abertura 107 para acoplamiento a las herramientas 103 (por ejemplo, acoplamiento a través de conductos neumáticos sujetos a las herramientas 103).

La figura 2 es un esquema de un sistema neumático para una máquina de vitrectomía neumáticamente alimentada según una forma de realización. Como se ve en la figura 2, el sistema neumático puede incluir una o más válvulas neumáticas 217 que acoplan una fuente de presión 209 (por ejemplo, una fuente de presión regulada tal como un cilindro de aire o un suministro de aire por una salida de la pared) a la abertura de salida A 213 y la abertura de salida B 215 (la abertura de salida A 213 y la abertura de salida B 215 pueden acoplarse a la herramienta 103 a través de uno o más conectores de abertura 107). En algunas realizaciones, la válvula neumática 217 puede ser controlada por el controlador 205. En algunas realizaciones, la presión de la fuente de presión 209 puede regularse también por el controlador 205 o un controlador independiente (por ejemplo, interno a la consola quirúrgica 101). El controlador 205 puede regular la presión (por ejemplo, hasta el equilibrio entre presiones más bajas para reducir el

consumo de aire y presiones más altas para tasas de corte más rápidas y/o para incrementar un rango dinámico de tasas de corte disponibles). En algunas realizaciones, los componentes del sistema neumático pueden incorporarse en un colector (por ejemplo, mecanizado en un metal, tal como aluminio). El colector puede ser hermético al aire e incluir diversos racores y acoplamientos, y puede ser capaz de resistir presiones de gas relativamente altas. Los colectores pueden fabricarse como piezas individuales o pueden ser fabricados como una pieza única. En diversas realizaciones, los componentes del sistema neumático (por ejemplo, en el colector) pueden incorporarse dentro de la consola quirúrgica 101.

En algunas realizaciones, la válvula neumática 217 puede ser una válvula de cuatro vías. Se contemplan también otras configuraciones de válvula. La válvula 217 pueden incluir un solenoide que funcione para mover la válvula 217 a una de las dos posiciones (por ejemplo, véanse las figuras 2a-b) mientras es dirigida por señales de control procedentes del controlador 205. En una primera posición, la válvula neumática 217 puede permitir que pase gas presurizado a través de la válvula neumática 217 hasta la abertura de salida B 215 para proporcionar potencia neumática al bistorí de sonda 225 mientras se purga gas presurizado desde la abertura de salida A 213 a través de un silenciador 227. En una segunda posición, la válvula 217 puede proporcionar gas presurizado a la abertura de salida A 213 y descargar gas presurizado por la abertura de salida B 215. En esta posición, puede pasar gas presurizado a través de la abertura de salida A 213 para proporcionar potencia neumática a una herramienta 103 (por ejemplo, un bistorí de sonda 225). Así, cuando la válvula neumática 217 está en la primera posición, puede cargarse la primera cámara 229 de las cámaras dobles 223, mientras que puede descargarse la segunda cámara 231. Cuando la válvula neumática 217 está en la segunda posición, puede cargarse la segunda cámara 231, mientras que puede descargarse la primera cámara 229.

Como se ve en la figura 3, el bistorí de sonda 225 puede actuar como un dispositivo de corte. El bistorí de sonda 225 puede moverse en vaivén dentro de un tubo exterior 303 con una abertura de bistorí 301 (por ejemplo, el bistorí de sonda 225 puede ser movido por un diafragma 221 que oscila a su vez cuando el gas presurizado se dirige alternativamente a las aberturas de salida A y B (y hacia dentro de las respectivas cámaras de la cámara doble 223)). En algunas realizaciones, el bistorí de sonda 225 puede sujetarse a las aberturas de salida A y B a través de un tubo 219 (pueden utilizarse también tubos independientes para cada abertura). Mientras el bistorí de sonda 225 se mueve avanzando y retrocediendo, el bistorí de sonda 225 puede abrir y cerrar alternativamente la abertura de bistorí 301 con una punta afilada del bistorí de sonda 225. Cada ciclo del bistorí de sonda 225 a través del tubo exterior 303 puede cortar material tal como vítreo en la abertura de bistorí 301 cuando el bistorí de sonda 225 se está cerrando. Un ciclo de trabajo de abertura (PDC) puede indicar la cantidad de tiempo que la abertura de bistorí 301 está abierta y cerrada. Por ejemplo, un PDC de 49% puede indicar que la abertura de bistorí 301 está abierta un 49% del tiempo del ciclo (y cerrada un 51% del tiempo del ciclo – siendo el tiempo del ciclo, por ejemplo, la cantidad de tiempo entre cada apertura sucesiva de la abertura de bistorí 301).

En algunas realizaciones, el ciclo de trabajo de válvula (VDC) puede incluir la cantidad de tiempo en que la válvula neumática 217 está en las posiciones primera y segunda. En algunas formas de realización, una tasa de corte del bistorí de sonda 225 puede ser controlada por el controlador 205 a través de la válvula 217. Por ejemplo, para proporcionar una tasa de sonda de 2500 cortes por minuto, el controlador 205 puede ordenar a la válvula neumática 217 que proporcione aire presurizado alternativamente a la abertura A (segundo canal) y la abertura B (primer canal) a una tasa de aproximadamente 24 ms por ciclo. Para obtener una tasa de corte de 2500 cortes por minuto, los dos canales neumáticos pueden abrirse/cerrarse cíclicamente cada 24 ms ( $2500 \text{ cortes/minuto} \text{ o } 1 \text{ minuto}/2500 \text{ cortes} * 60 \text{ segundos}/1 \text{ minuto} = 0,024 \text{ segundos/corte} = 24 \text{ ms/corte}$ ), lo que significa que cada canal puede abrirse durante 12 ms. En algunas formas de realización, un tiempo de transición para abrir y cerrar realmente los canales puede utilizar parte del tiempo del ciclo. Por ejemplo, el segundo canal neumático (es decir, a través de la abertura A 213 de la válvula neumática 217) puede necesitar 4 ms para abrirse (mientras el primer canal neumático se está cerrando) y 2 ms para cerrarse (mientras el primer canal neumático se está abriendo), durante un tiempo de transición total de 6 ms por ciclo de 24 ms. Se contemplan también otros tiempos de transición. Debido al tiempo de transición, la válvula puede abrirse realmente sólo 8 ms (12 ms - 4 ms) hacia el segundo canal mientras se cierra con respecto al primer canal y puede cerrarse durante 10 ms (12 ms - 2 ms) con respecto al segundo canal mientras se abre hacia el primer canal. Esta diferencia de temporización de la válvula de 8 ms frente a 10 ms para proporcionar aire presurizado al segundo canal y al primer canal puede dar como resultado un diferencial de presión desequilibrado en los dos canales. En algunas formas de realización, puede ser deseable que las duraciones del tiempo de apertura de los dos canales sean aproximadamente las mismas (por ejemplo, en el caso de 2500 cortes/minuto, realmente abiertos durante aproximadamente  $(24 \text{ ms} - 6 \text{ ms})/2 = 9 \text{ ms}$ ).

Si las temporizaciones de transición de apertura/cierre fueran constantes para todas las válvulas neumáticas 217, entonces el controlador 205 podría programarse previamente con un ciclo de trabajo de válvula fijo para lograr duraciones de tiempo de apertura reales aproximadamente iguales para ambos canales sobre la base de una válvula neumática estándar 217. Por ejemplo, el tiempo de apertura nominal puede ajustarse a 13 ms para el segundo canal y 11 ms para el primer canal. Así, para este ejemplo, excluyendo el tiempo de transición, el tiempo de apertura real del segundo canal puede ser de  $13 \text{ ms} - 4 \text{ ms} = 9 \text{ ms}$  y el tiempo de apertura real del primer canal puede ser de  $11 \text{ ms} - 2 \text{ ms} = 9 \text{ ms}$  (similar al segundo canal). Sin embargo, debido a que el tiempo de transición puede variar entre diversas válvulas neumáticas 217 (por ejemplo, debido a varianzas de fabricación, restricciones de flujo, temperatura, envejecimiento, etc. de la válvula neumática 217), un ciclo de trabajo de válvula fijo puede no

contrarrestar con éxito el desequilibrio. Por ejemplo, una válvula diferente puede emplear 3 ms (en lugar de 4 ms) para abrir el segundo canal (mientras el primer canal neumático se está cerrando) y 2 ms para cerrar el segundo canal (mientras el primer canal neumático se está abriendo). Si el mismo ciclo de trabajo de válvula (por ejemplo, 13 ms de tiempo de apertura nominal para el segundo canal y 11 ms de tiempo de apertura nominal para el primer canal) se aplicó a este segundo ejemplo de válvula, el tiempo de apertura real para el segundo canal neumático de la segunda válvula sería de  $13 \text{ ms} - 3 \text{ ms} = 10 \text{ ms}$  y el tiempo de apertura real para el primer canal sería de  $11 \text{ ms} - 2 \text{ ms} = 9 \text{ ms}$ . Por tanto, el ciclo de trabajo de válvula que funcionó para el ejemplo de válvula previo da como resultado que el segundo canal neumático permanezca realmente abierto 1 ms o un 11% más tiempo que el primer canal neumático para el segundo ejemplo de válvula. La diferencia puede dar como resultado un equilibrio de potencia desigual entre los dos canales neumáticos que puede dar como resultado menos prestaciones deseables. Análogamente, un ciclo de trabajo de válvula fijo puede no contrarrestar con éxito el desequilibrio provocado por las variaciones de restricción de flujo/resistencia al flujo en los dos canales de una consola a otra.

En algunas formas de realización, los efectos de la variación de válvula pueden compensarse dinámicamente vigilando la forma de onda de presión (por ejemplo, las presiones diferenciales medias 207 detectadas en el tiempo de funcionamiento de la válvula por el sensor de presión 211 (figura 2a) o calculadas por el controlador que utiliza la información de presión de los sensores de presión 212a,b (figura 2b)) en la salida de la válvula 217. La información de presión puede incluir, por ejemplo, formas de onda de presión detectadas en los sensores de presión 212a,b o lecturas de presión media de los sensores de presión 212a,b (es posible también otra información de presión). Los sensores de presión 211, 212a,b pueden incluir un transductor de presión capaz de leer la presión de un gas comprimido y de enviar al controlador 205 una señal eléctrica que contenga información sobre la presión del gas comprimido. La forma de onda de presión (que puede ser indicativa del VDC real) puede vigilarse (por ejemplo, vigilarse periódica o continuamente) durante el tiempo de funcionamiento. Las presiones diferenciales medias 207 pueden utilizarse por el controlador 205 para compensar las variaciones de válvula modificando el VDC de la válvula a fin de reducir una diferencia entre las presiones diferenciales reales y una presión diferencial deseada. Así, en algunas formas de realización, un enfoque de bucle cerrado puede incluir la vigilancia de un promedio de una presión diferencial en la salida de la válvula neumática 217 (presión diferencial entre la abertura A 213 y la abertura B 215) y el uso del diferencial medio 207 para determinar la información específica de válvula para uso en el control del VDC. En algunas formas de realización, la presión diferencial media 207 sobre un periodo de ciclo (1/tasa de corte) puede relacionarse directamente con el VDC y puede utilizarse por el controlador 205 para ajustar dinámicamente el VDC de la señal de control enviada a la válvula neumática 217. En algunas formas de realización, puede no calcularse una presión diferencial real, sino que, por el contrario, el controlador puede comparar la información de presión procedente de los sensores de presión 212a,b para ajustar dinámicamente el VDC. Por ejemplo, una comparación de las formas de onda de presión (o presiones medias) de la abertura A y la abertura B puede indicar una diferencia que puede contrarrestarse ajustando el VDC. Son posibles también otros ajustes de VDC.

Inicialmente, una presión diferencial deseada (entre la abertura A y la abertura B) puede determinarse sobre la base de una entrada de usuario (por ejemplo, recibirse a través de una interfaz de usuario de la consola quirúrgica) o un fallo de sistema almacenado en una memoria en la consola quirúrgica 101 antes del funcionamiento de la válvula. Durante el funcionamiento de válvula, el controlador 205 puede modificar el ciclo de trabajo de válvula de la válvula 217 sobre la base de una presión diferencial real detectada/calculada. Por ejemplo, el sensor de presión 211 puede detectar una diferencia de presión entre la abertura A 213 y la abertura B 215 y enviar una señal indicativa de la diferencia de presión al controlador 205. En algunas formas de realización, el sensor de presión 211 puede calcular la presión diferencial media 207 sobre la base de una forma de onda de presión diferencial detectada o el sensor de presión 211 puede transmitir la forma de onda de presión diferencial detectada al controlador 205 y el controlador 205 puede determinar la presión diferencial media 207. En algunas formas de realización, la presión diferencial media 207 puede enviarse al controlador 205 como una señal que el controlador 205 puede interpretar para derivar la presión (o, por ejemplo, utilizarla para derivar otros valores relacionados con la presión). Aunque en la figura 2a se muestra un sensor de presión 211, en algunas formas de realización (por ejemplo, como se ve en la figura 2b), cada una de las aberturas A 213 y B 215 puede tener un sensor de presión independiente (sensores de presión 212a,b) que puede comunicar con el controlador 205. En algunas formas de realización, el controlador puede recibir información de presión de los sensores de presión 212a,b, calcular una forma de onda diferencial entre las dos aberturas y determinar a continuación una presión diferencial media de la forma de onda diferencial. Como otro ejemplo, el controlador puede determinar el decalaje de cada forma de onda de salida de sensor de presión a utilizar para controlar el ciclo de trabajo de válvula de la válvula 217 (por ejemplo, el controlador puede comparar la información de presión procedente de los sensores de presión 212a,b para determinar una diferencia media entre las dos presiones de abertura). Estas presiones diferenciales/diferencias de presión medias pueden utilizarse para determinar la manera de ajustar dinámicamente el VDC.

En algunas formas de realización, el controlador 205 puede determinar intervalos de tiempo (correspondientes a un ciclo de trabajo de válvula modificado) para indicar que la válvula 217 está en las posiciones primera y segunda a fin de conseguir la presión diferencial media deseada entre la abertura A y la abertura B. Aplicando un ciclo de trabajo de válvula ajustado a los tiempos de ciclo para los canales neumáticos, los canales neumáticos pueden ser accionados durante el tiempo de ciclo total a los tiempos de apertura reales específicos. Como se observa anteriormente, un ciclo de trabajo de válvula del 50% puede corresponder a la aplicación de una señal (es decir,

para energizar la válvula llevándola a la primera posición) durante aproximadamente la misma cantidad de tiempo que cuando no se aplica la señal (es decir, para desenergizar la válvula llevándola a la segunda posición). Un ajuste del 1% puede dar como resultado un ciclo de trabajo de válvula del 51% que corresponde a la aplicación de una señal para energizar (es decir, llevar a la primera posición) la válvula durante aproximadamente el 51% del tiempo de ciclo total (y durante el 49% del tiempo total no se aplica ninguna señal (para poner la válvula en la segunda posición)). El ciclo de trabajo de válvula más largo del 51% puede compensar así, por ejemplo, una válvula que necesite más tiempo para moverse a la primera posición que para moverse a la segunda posición y/o una consola que tenga una restricción de flujo/resistencia al flujo más altas en el canal que se conecta a la primera posición de la válvula. En algunas formas de realización, el ciclo de trabajo de válvula puede ajustarse también para diversas características de consola (por ejemplo, para compensar los diferentes tiempos de transición de diversas válvulas y variaciones de restricción de flujo/resistencia al flujo de diversas consolas).

En diversas formas de realización, el controlador 205 puede configurarse para recibir señales procedentes del sensor de presión 211 (o sensores de presión 212a,b) a través de una interfaz electrónica (por ejemplo, conductores eléctricos tales como cables, buses, trazas o similares). El controlador 205 puede configurarse también para enviar señales de salida a través de una interfaz electrónica a la válvula neumática 217. Estas señales de salida pueden permitir que el controlador 205 controle el funcionamiento de la válvula neumática 217. El controlador 205 puede incluir un circuito integrado capaz de realizar funciones lógicas. De esta manera, el controlador 205 puede tener la forma de un paquete de circuito integrado estándar con espigas de potencia, entrada y salida. En diversas formas de realización, el controlador 205 puede incluir un controlador de válvula o un controlador de dispositivo dianizado. En algunas formas de realización, el controlador 205 puede realizar funciones de control específicas dianizadas a un dispositivo específico, tal como una válvula. En algunas formas de realización, el controlador 205 puede ser un microprocesador. En tal caso, el controlador 205 puede ser programable de modo que pueda funcionar para controlar las válvulas así como otros componentes de la consola 101. En algunas formas de realización, el controlador 205 no es un microprocesador programable, sino que, por el contrario, es un controlador para fines especiales configurado para controlar diferentes válvulas que realizan diferentes funciones.

La figura 4 ilustra un diagrama de flujo de una forma de realización de un procedimiento para controlar dinámicamente la válvula neumática 217. Los elementos proporcionados en el diagrama de flujo son ilustrativos solamente. Pueden omitirse diversos elementos proporcionados, pueden añadirse elementos adicionales y/o pueden realizarse diversos elementos en un orden diferente al proporcionado a continuación.

En 401, un usuario puede seleccionar una tasa de corte deseada y/o un PDC deseado (por ejemplo, sobre la base de necesidades quirúrgicas). Por ejemplo, el usuario puede introducir una tasa de corte de 2500 cortes por minutos a un PDC de 50%.

En 403, el PDC deseado puede traducirse en una presión diferencial media deseada (u otras diferencias/métricas de presión relacionadas con la presión diferencial entre las aberturas A y B). En algunas formas de realización, el PDC deseado puede traducirse en una presión diferencial media deseada sobre la base de una tabla de búsqueda preestablecida (por ejemplo, véase la figura 5), ecuación, etc. En algunas formas de realización, el usuario puede introducir la presión diferencial media deseada en una interfaz sobre el monitor 103. En algunas formas de realización, el PDC y la presión diferencial media deseada puede proporcionarse como un valor por defecto (por ejemplo, 50% de PDC, 0 psi (libras por pulgada cuadrada) de presión diferencial media deseada). La presión diferencial media puede referirse a una presión diferencial media entre la abertura A y la abertura B (tomada como un promedio sobre el tiempo de la forma de onda de presión diferencial entre la abertura A y la abertura B) o la diferencia entre la presión media de la abertura A y la presión media de la abertura B. Por ejemplo, el PDC y las presiones diferenciales medias correspondientes pueden determinarse experimentalmente, a través de prueba y error, etc., para una válvula. En algunas formas de realización, pueden utilizarse otras características para determinar una presión diferencial media deseada (por ejemplo, tipo de herramienta anexa, etc.).

En 405, la válvula neumática 217 puede ser controlada por el controlador 205 para hacer funcionar la herramienta 103. En algunas formas de realización, el controlador 205 puede controlar inicialmente la válvula 217 utilizando un ciclo de trabajo de válvula por defecto (por ejemplo, 50%). En algunas formas de realización, el controlador 205 puede recibir una presión diferencial media deseada desde un traductor de decalaje 203 (por ejemplo, un circuito electrónico configurado para convertir una señal electrónica recibida indicativa del PDC deseado 201 en una presión diferencial media deseada correspondiente sobre la base de una tabla de búsqueda interna (por ejemplo, véase la figura 5)). En algunas formas de realización, el controlador 205 puede recibir otras características de prestaciones deseadas además de o en lugar de la presión diferencial media deseada (por ejemplo, el controlador puede recibir una diferencia deseada entre las formas de onda de presión media de la abertura A y la abertura B o puede recibir un decalaje deseado de la presión de la abertura A y la presión de la abertura B con respecto a una presión media deseada para las dos aberturas).

En 407, pueden transmitirse presiones diferenciales medias 207 desde el sensor de presión 211 hasta el controlador 205 (o calcularse por el controlador 205 utilizando información de presión procedente de los sensores de presión 212a,b). Por ejemplo, las presiones diferenciales medias 207 pueden transmitirse por el sensor de presión 211 cada 100 milisegundos (o la información de presión (por ejemplo, decalajes de presión) puede transmitirse por sensores

de presión 212a,b y la presión diferencial media 207 puede calcularse por el controlador 205). Se contemplan también otros intervalos de tiempo (por ejemplo, cada 5 segundos). En algunas formas de realización, el sensor de presión 211 puede calcular la presión diferencial media sobre la base de una forma de onda de presión diferencial detectada o el sensor de presión 211 puede transmitir la forma de onda de presión diferencial detectada (que puede incluir una o más presiones diferenciales entre la abertura A y la abertura B) al controlador 205 y el controlador 205 puede determinar la presión diferencial media 207. En algunas formas de realización, los sensores de presión 212a,b acoplados a las aberturas A y B pueden transmitir información de presión detectada (por ejemplo, decalaje de presión, forma de onda de presión, etc.) al controlador 205 y el controlador 205 puede determinar la presión diferencial media para las aberturas (o puede comparar las formas de onda de presión sin calcular realmente la presión diferencial media).

En 409, el controlador 205 puede comparar la presión diferencial media medida 207 (por ejemplo, recibida de los sensores de presión o calculada utilizando información procedente de los sensores de presión) contra la presión diferencial media deseada (por ejemplo, calculada/determinada a partir de la información recibida del usuario o un ajuste por defecto) y determinar un VDC modificado. El controlador 205 puede determinar un VDC modificado para reducir una diferencia entre la presión diferencial media deseada y la presión diferencial media medida. Por ejemplo, si la presión en la abertura A es tomada como presión positiva y la presión en la abertura B es tomada como presión negativa, entonces, para una válvula ideal, la presión diferencial media medida puede ser de 0 psi. En este ejemplo, si, por el contrario, la presión diferencial media medida es positiva (por ejemplo, +2 psi), la presión diferencial media medida puede indicar que la abertura A está permaneciendo realmente abierta más tiempo que la abertura B durante un ciclo dado (dando como resultado que la abertura A se cargue a una presión más alta cuando se abre que la presión a la que se cargue la abertura B cuando se abra). Si la presión diferencial media deseada se ajustó a 0 psi, el VDC (que puede indicar el porcentaje del tiempo que señala el controlador 205 para que purgue la abertura A) puede incrementarse por el controlador 205 (por ejemplo, de 50% a 51%). En algunas formas de realización, el controlador 205 puede incrementar o reducir el VDC según una relación proporcionada por defecto o por el usuario. En algunas formas de realización, la cantidad para ajustar el VDC en respuesta a la diferencia entre la presión diferencial media deseada y la presión diferencial medida puede determinarse experimentalmente para la válvula 217. Por ejemplo, puede determinarse experimentalmente incrementar el VDC en 1% para cada diferencia de +1,2 psi entre la presión diferencial media medida y la presión diferencial media deseada (se contemplan también otras relaciones). Esta información puede almacenarse en forma de ecuación o de tabla accesible al controlador 205. Como otro ejemplo, el controlador 205 puede incrementar el VDC en un incremento proporcionado por el usuario (tal como 0,5%) si la presión diferencial media es positiva y reducir el VDC en el incremento proporcionado por el usuario si la presión diferencial media es negativa. En algunas formas de realización, el controlador 205 puede no ajustar el VDC si la presión diferencial media medida está dentro de un rango por defecto o proporcionado por el usuario (por ejemplo, sin ajuste si la presión diferencial media está dentro de 1 psi de la presión diferencial media deseada). En algunas formas de realización, el usuario puede introducir diversas entradas para el uso del controlador (por ejemplo, una entrada en la pantalla táctil del monitor 109). Por ejemplo, el usuario puede introducir una relación de -1% de VDC para cada diferencia de +1,2 psi entre la presión diferencial media medida y la presión diferencial media deseada. En algunas formas de realización, el controlador puede no calcular realmente presiones diferenciales, sino que, por el contrario, puede comparar formas de onda de presión de las aberturas A y B (por ejemplo, como se determina por los sensores de presión 212a,b) una con otra o con formas de onda deseadas para determinar la manera de ajustar el VDC. Por ejemplo, si la forma de onda de presión para la abertura A es, en promedio, 2 psi mayor que una forma de onda de presión deseada (por ejemplo, cuando se almacena en el sistema), el VDC puede ajustarse sin tener que calcular realmente la presión diferencial. Se contemplan también otras técnicas de ajuste de VDC.

En 411, el controlador 205 puede utilizar el VDC modificado para energizar la válvula neumática 217 (por ejemplo, para temporizar el conmutador entre las posiciones primera/segunda).

En 413, el controlador 205 puede iterar entre comparar la presión diferencial media medida 207 contra la presión diferencial media deseada (o variables/métrica de presión diferencial relacionadas) y determinar un nuevo VDC modificado para minimizar una diferencia entre la presión diferencial media medida 207 y la presión diferencial media deseada. Por ejemplo, el controlador 205 puede implementar un algoritmo de controlador PID (Proporcional-Integral-Derivativo) para ajustar el ciclo de trabajo de válvula hacia arriba o hacia abajo, recibir una nueva presión diferencial media detectada (o recibir nueva información de presión para utilizar en el cálculo de la presión diferencial media), ajustar el ciclo de trabajo de válvula correspondientemente hacia arriba o hacia abajo sobre la base de la dirección de la nueva presión diferencial media cuando se compara con la presión diferencial media previa, recibir/calcular una nueva presión diferencial media en respuesta al ciclo de trabajo de válvula modificado, etc., hasta que se reduzca la diferencia entre la presión diferencial media y la presión diferencial deseada (por ejemplo, dentro de un rango proporcionado por el usuario).

En algunas formas de realización, el sistema de gestión neumático puede incluir uno o más procesadores. El procesador puede incluir dispositivos de procesamiento únicos o una pluralidad de dispositivos de procesamiento. Tal dispositivo de procesamiento puede ser un microprocesador, un controlador (por ejemplo, el controlador 205) (que puede ser un microcontrolador), un procesador de señal digital, un microordenador, una unidad de procesamiento central, una matriz de puertas programables en campo, un dispositivo lógico programable, una

5 máquina de estado, una circuitería lógica, una circuitería de control, una circuitería analógica, una circuitería digital y/o cualquier dispositivo que manipule señales (analógicas y/o digitales) sobre la base de instrucciones operativas. Una memoria acoplada a los procesadores y/o incrustada en ellos puede ser un único dispositivo de memoria o una pluralidad de dispositivos de memoria. Tal dispositivo de memoria puede ser una memoria de solo lectura, una memoria de acceso aleatorio, una memoria volátil, una memoria no volátil, una memoria estática, una memoria dinámica, una memoria flash, una memoria caché y/o cualquier dispositivo que almacene información digital. Nótese que cuando los procesadores implementan una o más de sus funciones a través de una máquina de estado, una circuitería analógica, una circuitería digital y/o una circuitería lógica, la memoria que almacena las correspondientes instrucciones operativas puede incrustarse dentro o ser externa a la circuitería que comprende la máquina de estado, la circuitería analógica, la circuitería digital y/o la circuitería lógica. La memoria puede almacenar y el procesador puede ejecutar instrucciones operativas correspondientes a por lo menos algunos de los elementos ilustrados y descritos en asociación con las figuras.

15 Como se muestra en la figura 6, aunque se describen aquí varias formas de realización con respecto a una válvula neumática de cuatro vías, debe entenderse que estas formas de realización son también aplicables a dos o más válvulas que se controlen de una manera coordinada para proporcionar gas presurizado a la herramienta 103. Por ejemplo, la "primera abertura" y la "segunda abertura" descritas con respecto a una válvula neumática de cuatro vías pueden acoplarse mejor a dos o más válvulas independientes (es decir, la "primera abertura" acoplada a una primera válvula y la "segunda abertura" acoplada a una segunda válvula). La primera válvula y la segunda válvula pueden ser controladas conjuntamente para proporcionar gas presurizado alternativamente a la primera abertura y la segunda abertura. En algunas formas de realización, un sensor de presión puede acoplarse tanto a la primera abertura como a la segunda abertura para determinar una presión diferencial (o cada abertura puede acoplarse a un sensor de presión independiente y las presiones independientes pueden utilizarse para determinar la presión media). El ciclo de trabajo de válvula puede utilizarse entonces en relación con las dos o más válvulas para ajustar los tiempos de apertura y cierre del canal de sus respectivas aberturas (controlando las válvulas independientes según los tiempos de apertura/cierre indicados por el ciclo de trabajo de válvula).

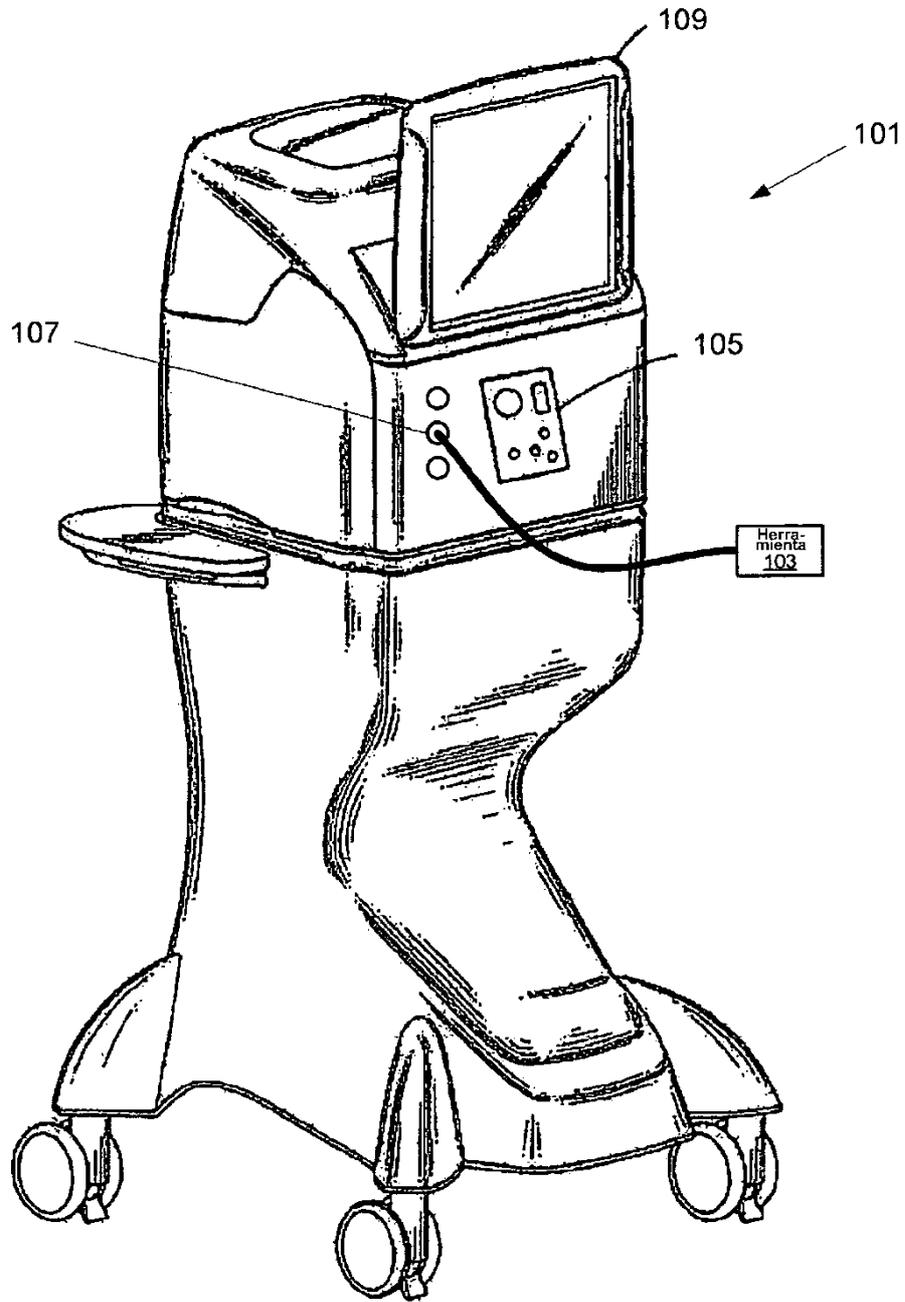
25 La invención se expone en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Consola quirúrgica (101) para una máquina quirúrgica alimentada neumáticamente, que comprende:
  - 5 una válvula neumática (217);
  - por lo menos una primera abertura (213) y una segunda abertura (215) acopladas a la válvula, estando la válvula configurada para proporcionar gas presurizado alternativamente a cada una de entre la primera y segunda aberturas;
  - 10 por lo menos un sensor de presión (211, 212a, 212b) acoplado por lo menos a una de entre la primera y segunda aberturas; y
  - 15 un controlador (205) acoplado a la válvula y al sensor o sensores de presión, pudiendo el controlador hacerse funcionar para controlar los tiempos de apertura y cierre del canal de la válvula según un ciclo de trabajo de válvula;
 caracterizada porque
  - 20 el controlador está configurado para recibir datos de presión de dicho por lo menos un sensor de presión para determinar un diferencial de presión entre la primera y segunda aberturas;
  - el controlador está configurado para modificar el ciclo de trabajo de válvula sobre la base de los datos de presión recibidos, determinando un ciclo de trabajo de válvula modificado (409) para reducir una diferencia entre la presión diferencial determinada y una presión diferencial media deseada.
  - 25
- 30 2. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, en la que el controlador (205) está configurado para recibir datos de presión de dicho por lo menos un sensor de presión (211) para ser utilizados para determinar una presión diferencial medida entre la primera abertura (213) y la segunda abertura (215), y en la que el controlador está configurado para modificar el ciclo de trabajo de válvula sobre la base de una diferencia entre la presión diferencial medida y una presión diferencial media deseada.
- 35 3. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, en la que la válvula neumática (217) comprende dos o más válvulas conjuntamente controladas para proporcionar gas presurizado alternativamente a la primera abertura (213) y a la segunda abertura (215), y en la que el control de los tiempos de apertura y cierre del canal de la válvula según el ciclo de trabajo de válvula comprende el control de los tiempos de apertura y cierre del canal de válvula de las dos o más válvulas según el ciclo de trabajo de válvula.
- 40 4. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, en la que un tiempo de apertura de válvula corresponde a un tiempo para abrir una primera abertura (213) y en la que un tiempo de cierre de válvula corresponde a un tiempo para cerrar la primera abertura, coincidiendo el cierre de la primera abertura con la apertura de una segunda abertura (215), de tal manera que el aire presurizado sea dirigido por la válvula a través de la primera abertura o la segunda abertura.
- 45 5. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, en la que dicho por lo menos un sensor de presión (212a, 212b) comprende un sensor de presión diferencial acoplado a la primera abertura (213) y a la segunda abertura (215) para determinar una presión diferencial entre la primera abertura y la segunda abertura.
- 50 6. Consola quirúrgica según la reivindicación 2, en la que el controlador (205) determina una presión diferencial media medida entre la primera abertura (213) y la segunda abertura (215) y utiliza la presión diferencial media medida para modificar el ciclo de trabajo de válvula por lo menos dos veces durante un intervalo de funcionamiento continuo de la válvula.
- 55 7. Consola quirúrgica según la reivindicación 6, en la que un ciclo de trabajo de abertura deseado es recibido de un usuario a través de una interfaz de usuario de la consola quirúrgica y en la que el ciclo de trabajo de abertura se traduce en una presión diferencial media a través de un circuito traductor de decalaje (203).
- 60 8. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, en la que dicho por lo menos un sensor de presión (212a, 212b) comprende un primer sensor de presión acoplado a la primera abertura (213) y un segundo sensor de presión acoplado a la segunda abertura (215), y en la que el controlador (205) está configurado para comparar la información de presión del primer sensor de presión y el segundo sensor de presión para modificar el ciclo de trabajo de válvula.
- 65 9. Consola quirúrgica según la reivindicación 2, en la que la presión diferencial medida comprende una presión diferencial media medida.

10. Consola quirúrgica según la reivindicación 9, en la que la válvula (217) está configurada para accionar una herramienta neumática (103) y en la que la consola quirúrgica (101) comprende además una herramienta neumática acoplada a la consola quirúrgica, siendo la herramienta neumática un bisturí de vitrectomía (225).
- 5 11. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, en la que un tiempo de válvula total es igual aproximadamente al tiempo de apertura de válvula más el tiempo de cierre de válvula para un ciclo de válvula, y en la que el ciclo de trabajo de válvula es un porcentaje del tiempo de válvula total para que el controlador indique a la válvula que dirija el gas a través de la primera abertura (213).
- 10 12. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, en la que el controlador (205) regula la presión aplicada a la válvula (217) para equilibrar entre las presiones inferiores para reducir el consumo de aire y las presiones superiores para tasas de corte más rápidas e incrementar un rango dinámico de tasas de corte disponibles.
- 15 13. Procedimiento de ajuste de una válvula (217) de un sistema neumático quirúrgico para una máquina quirúrgica alimentada neumáticamente, que comprende:
- hacer funcionar un sistema neumático que comprende una válvula neumática configurada para operar cíclicamente entre una primera posición y una segunda posición (405), siendo el gas presurizado dirigido a una primera abertura, cuando la válvula está en la primera posición y siendo el gas presurizado dirigido a una segunda abertura, cuando la válvula está en la segunda posición;
- 20 recibir información de presión de por lo menos un sensor de presión acoplado a por lo menos una de entre la primera y segunda aberturas;
- 25 utilizar la información de presión recibida para determinar (407) una presión diferencial entre la primera y segunda aberturas;
- determinar un ciclo de trabajo de válvula modificado (409) para reducir una diferencia entre la presión diferencial determinada y una presión diferencial media deseada; y
- 30 ajustar los tiempos de apertura/cierre de válvula (411) según el ciclo de trabajo de válvula modificado.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que la válvula neumática (217) comprende dos o más válvulas controladas conjuntamente para proporcionar gas presurizado alternativamente a la primera abertura y a la segunda abertura, en el que la primera posición comprende la abertura de una primera válvula de las dos o más válvulas y en el que la segunda posición comprende abrir una segunda válvula de las dos o más válvulas.
- 35 15. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que dicho por lo menos un sensor de presión (211) comprende un sensor de presión diferencial acoplado a la primera abertura (213) y a la segunda abertura (215) para determinar una presión diferencial entre la primera abertura y la segunda abertura.
- 40 16. Procedimiento según la reivindicación 13, que comprende además determinar una presión diferencial entre la primera abertura (213) y la segunda abertura (215) y utilizar la presión diferencial para modificar el ciclo de trabajo de válvula por lo menos dos veces durante un intervalo de funcionamiento continuo de la válvula.
- 45 17. Procedimiento según la reivindicación 13, que comprende además:
- recibir la presión diferencial media deseada de un usuario (401);
- 50 recibir un ciclo de trabajo de abertura deseado del usuario a través de una interfaz de usuario de la consola quirúrgica (401); y
- traducir el ciclo de trabajo de abertura (403) en una presión diferencial media a través de un traductor de decalaje (203).
- 55 18. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que la recepción de la información de presión de por lo menos un sensor de presión comprende recibir información de presión de un primer sensor de presión acoplado a la primera abertura (213) y recibir información de presión de un segundo sensor de presión acoplado a la segunda abertura (215).
- 60 19. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que un tiempo de válvula total es igual aproximadamente al tiempo de apertura de válvula más el tiempo de cierre de válvula para un ciclo de válvula, y en el que el ciclo de trabajo de válvula es un porcentaje del tiempo de válvula total para que el controlador indique a la válvula que dirija el gas a través de la primera abertura (213).
- 65 20. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que la presión diferencial determinada es una presión diferencial

media determinada y en el que la determinación de la presión diferencial comprende determinar la presión diferencial media entre la primera abertura (213) y la segunda abertura (215) durante un periodo de tiempo.



**FIG. 1**

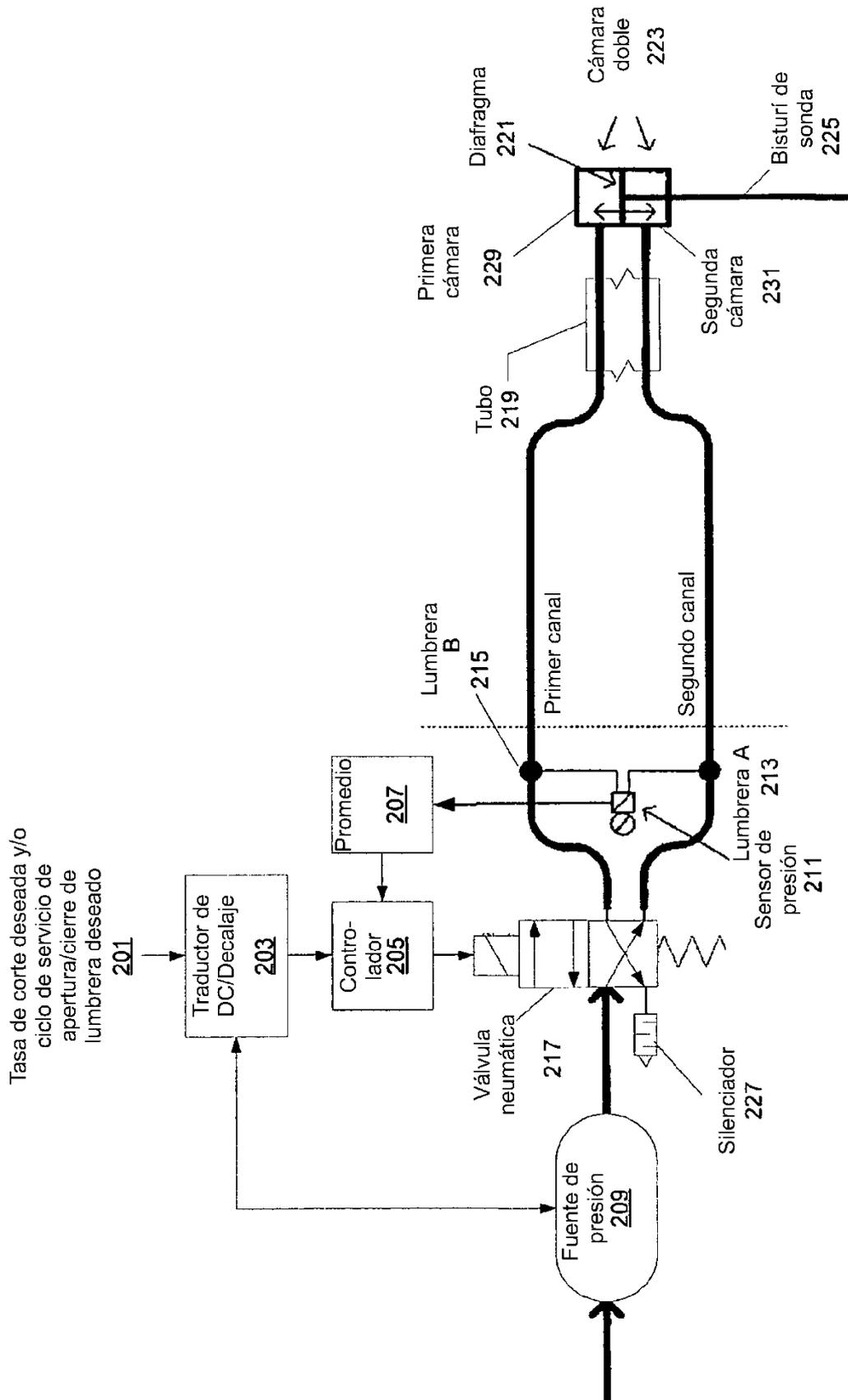


FIG. 2a

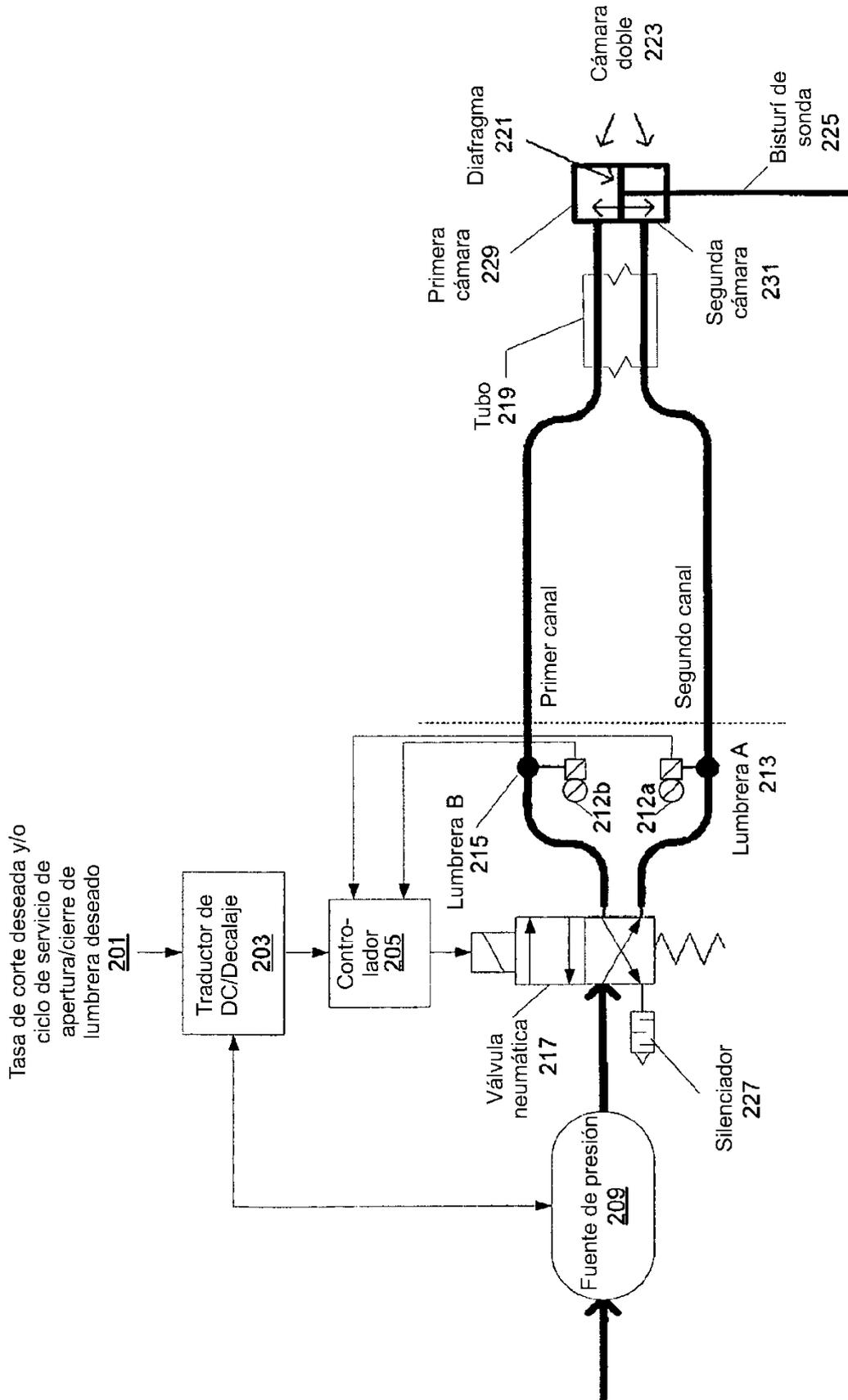
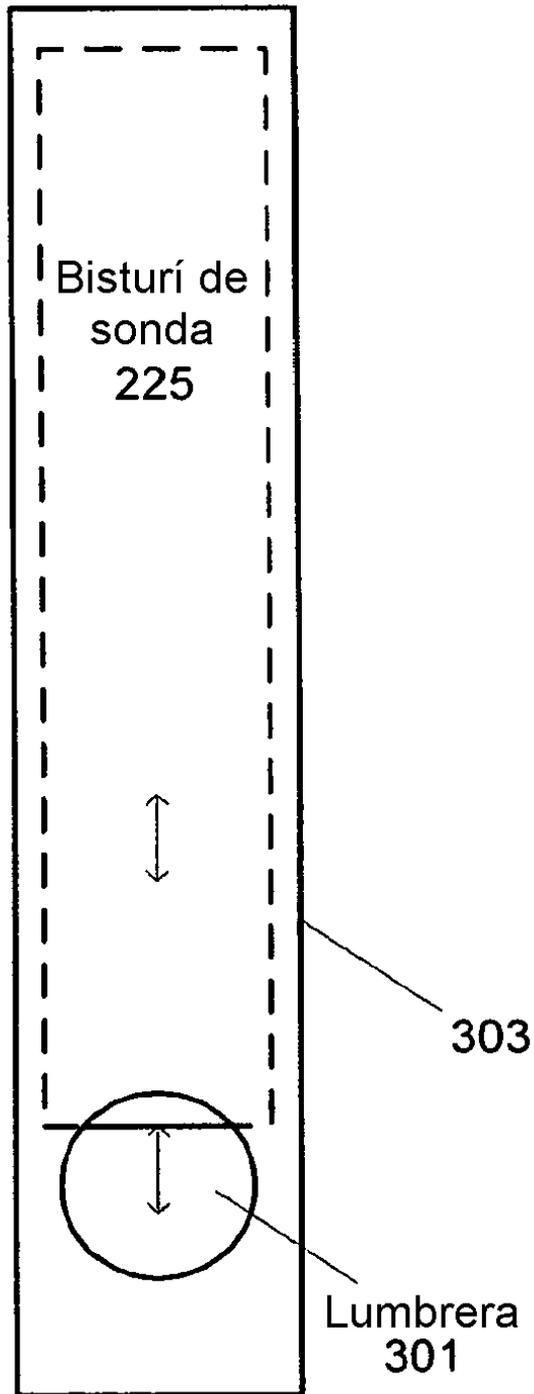
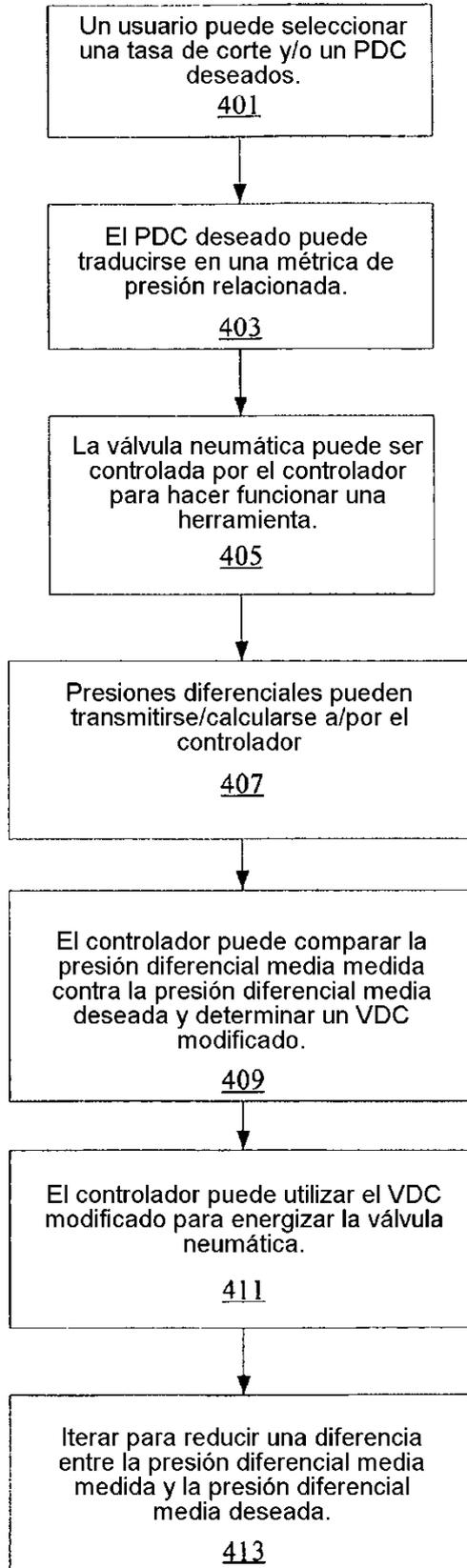


FIG. 2b



**FIG. 3**



**FIG. 4**

Ciclo de servicio de lumbrera	Presión diferencial media
70%	8,0 psi
65%	5,8 psi
60%	3,5 psi
55%	1,3 psi
50%	-1,0 psi
45%	-3,3 psi
40%	-5,5 psi
35%	-7,8 psi
30%	-10,0 psi

**FIG. 5**

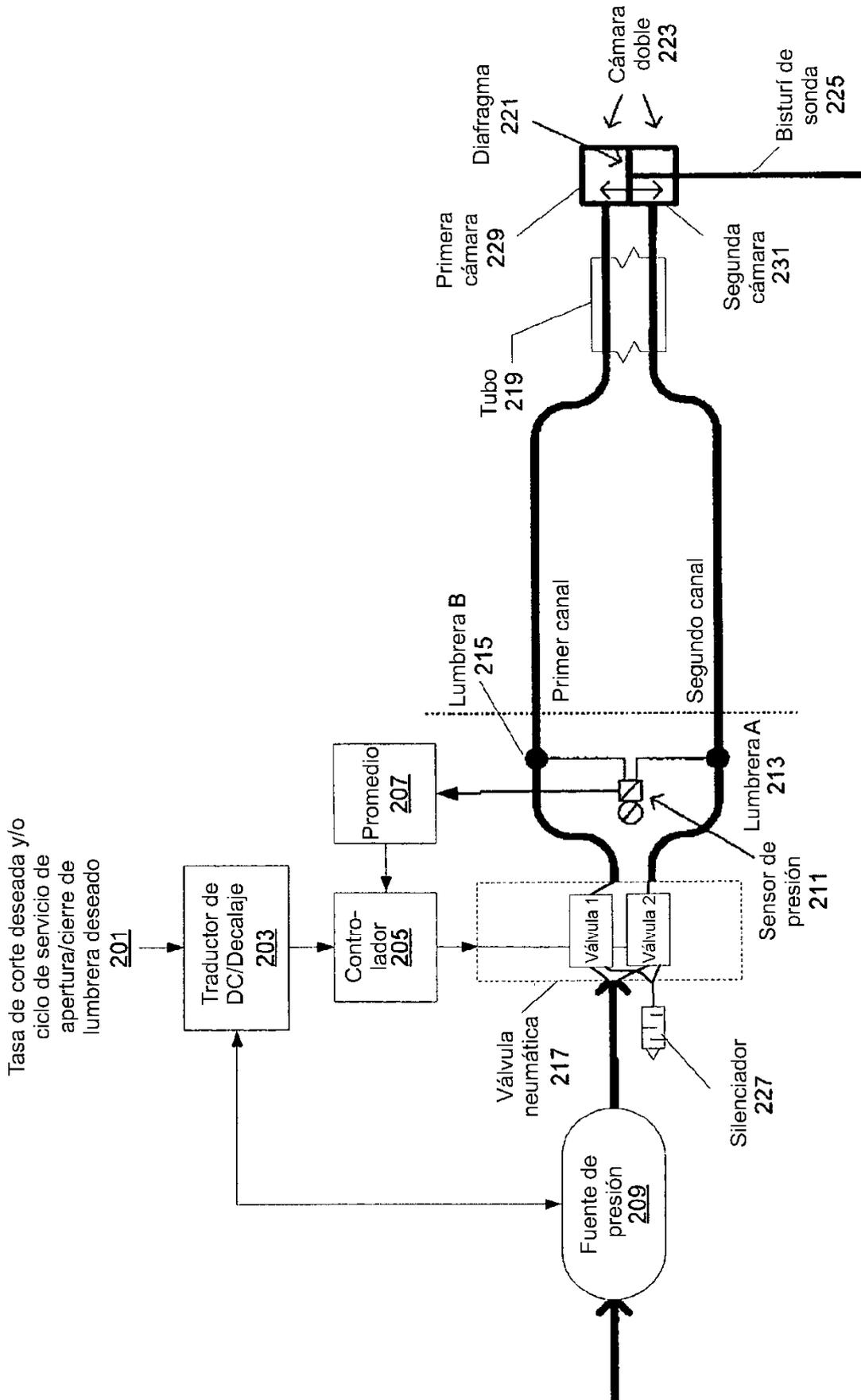


FIG. 6