

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 581**

51 Int. Cl.:

**A61B 19/00** (2006.01)

**A61B 17/00** (2006.01)

**A61F 9/007** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2010 E 10745088 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 2473144**

54 Título: **Control de salida de presión neumática por calibración de ciclo de servicio de válvula de accionamiento**

30 Prioridad:

**31.08.2009 US 238431 P**

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

**20.11.2015**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ZHOU, JIANGSHENG;  
LEUKANECH, KURT y  
TEODORESCU, DAN**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

ES 2 551 581 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

Control de salida de presión neumática por calibración de ciclo de servicio de válvula de accionamiento.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a la calibración. Más particularmente, pero no a título limitativo, la presente invención se refiere a la calibración para un sistema quirúrgico neumático.

10 **Descripción de la técnica relacionada**

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

El vítreo es una sustancia normalmente transparente similar a gel que llena el centro del ojo. Constituye 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 retirada quirúrgica del vítreo.

Puede realizarse una vitrectomía para limpiar sangre y residuos del ojo, para eliminar tejido cicatrizal o para aliviar la tracción sobre la retina. La sangre, las células inflamatorias, los residuos y el tejido cicatrizal oscurecen la luz cuando pasa a través del ojo hacia la retina, dando como resultado visión borrosa. El vítreo se retira también si está tirando de la retina o arrastrándola hacia fuera de su posición normal. Algunas de las condiciones más comunes del ojo que requieren vitrectomía incluyen complicaciones derivadas de la retinopatía diabética, tales como desprendimiento o sangrado retinal, agujero macular, desprendimiento retinal, fibrosis de membrana prerretinal, sangrado dentro del ojo (hemorragia vítrea), lesión o infección, y ciertos problemas relativos a la cirugía previa del ojo. Las vitrectomías pueden realizarse en las porciones anterior o posterior del ojo. Mientras que una vitrectomía anterior puede ser una intervención planeada realizada en ajustes tales como la retirada traumática de cataratas o la colocación de IOL (lente intraocular) secundaria, una vitrectomía anterior es muy frecuentemente una adición no planeada a una cirugía de cataratas cuando el vítreo está prolapsando inadvertidamente hacia el segmento anterior después de una rotura de la cápsula posterior.

El cirujano retinal realiza una vitrectomía con un microscopio y lentes especiales diseñadas para proporcionar una imagen clara de la parte posterior del ojo. Se hacen en la esclerótica varias incisiones diminutas de solo unos pocos milímetros de longitud. El cirujano retinal inserta 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 crea tres incisiones diminutas en el ojo para tres instrumentos independientes. Estas incisiones se colocan 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 incluyen 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 de alta intensidad microscópica para uso dentro del ojo. Se requiere la abertura de infusión para reponer el fluido en el ojo y mantener la presión apropiada dentro del ojo. El vitrector o dispositivo de corte trabaja como una guillotina diminuta con un bisturí microscópico oscilante para retirar el gel vítreo de una manera controlada. Esto impide una tracción significativa sobre la retina durante la retirada del humor vítreo.

La máquina quirúrgica utilizada para realizar una vitrectomía y otras cirugías sobre las partes anterior y/o posterior del ojo es muy compleja. Típicamente, tal máquina quirúrgica oftálmica incluye una consola principal a la que están sujetas las numerosas herramientas diferentes. La consola principal proporciona potencia a las herramientas sujetas y controla el funcionamiento de éstas. La consola principal puede utilizarse también para realizar otras intervenciones oftálmicas, tal como una facoemulsificación.

Las herramientas sujetas 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 vigila y controla el funcionamiento de estas herramientas. Estas herramientas toman también su potencia de la consola quirúrgica principal. Algunas de estas herramientas son accionadas eléctricamente, mientras que otras son accionadas neumáticamente.

A fin de proporcionar potencia neumática a las diversas herramientas, la consola quirúrgica principal tiene un módulo neumático o de distribución de aire. El módulo neumático acondiciona y suministra aire o gas comprimido para accionar las herramientas. Típicamente, el módulo neumático está conectado a una bombona que contiene gas comprimido. El módulo neumático puede proporcionar la presión de gas apropiada para hacer funcionar adecuadamente las herramientas sujetas.

El documento WO2008147429 se considera que es la técnica anterior más próxima y describe el preámbulo de la reivindicación 1 de aparato y la reivindicación 11 de procedimiento independientes.

**5 Sumario de la invención**

En diversas divulgaciones una consola quirúrgica puede incluir una válvula neumática (por ejemplo, una válvula solenoide de cuatro vías) con por lo menos dos aberturas operativas para proporcionar alternativamente gas presurizado para accionar una herramienta neumática (tal como una sonda de vitrectomía) acoplada a la consola quirúrgica. La consola quirúrgica puede incluir además un controlador operativo para controlar y ajustar los tiempos de apertura/cierre de válvula según un ciclo de servicio de válvula. La válvula puede conmutar entre aberturas (tiempo de apertura de válvula para una primera abertura y tiempo de cierre de válvula para una segunda abertura) de tal manera que un tiempo de válvula total puede ser aproximadamente igual al tiempo de apertura de válvula más el tiempo de cierre de válvula. El ciclo de servicio de válvula puede indicar un porcentaje (por ejemplo, 50%) del tiempo de válvula total para que el controlador señale a la válvula que se abra.

Debido a que las diferentes temporizaciones de apertura/cierre de válvula pueden llevar a una pérdida en la presión de funcionamiento, puede hacerse un ajuste en el ciclo de servicio de válvula de modo que la temporización de señal para las posiciones de válvula abierta y/o cerrada dé como resultado presiones de funcionamiento de apertura y cierre por encima de un umbral predeterminado. Por ejemplo, el ciclo de servicio de válvula ajustado puede ser aproximadamente igual a un ciclo de servicio de válvula previo +  $\frac{((\text{abs}(\text{presión de apertura}) - \text{abs}(\text{presión de cierre}))/2) * (\text{delta de ciclo de servicio de válvula/delta de cambio de presión diferencial})}{\text{delta de ciclo de servicio de válvula}}$ , en donde el ciclo de servicio de válvula previo es el ciclo de servicio de válvula durante ensayos, la presión de apertura y la presión de cierre son presiones diferenciales para las aberturas en tiempos de apertura y cierre respectivos durante un ciclo de la válvula, y la delta de ciclo de servicio de válvula/delta de cambio de presión diferencial es una relación de cambio de ciclo de servicio de válvula a cambio de presión diferencial resultante (por ejemplo, a la presión de apertura de válvula). Para calcular el nuevo ciclo de servicio de válvula, la presión de apertura y la presión de cierre para la abertura puede tomarse durante un punto más bajo de prestaciones para el sistema neumático (por ejemplo, cuando la diferencia de presión absoluta entre la presión de apertura y la presión de cierre es la más baja, de tal manera que  $(\text{abs}(\text{presión de apertura}) + \text{abs}(\text{presión de cierre}))$  está en un mínimo para los datos de presión medidos). Una vez determinado, el ciclo de servicio de válvula puede almacenarse en una memoria accesible por el controlador para uso futuro.

En algunas formas de realización puede introducirse un ciclo de servicio de válvula en el sistema a través de una serie de ajustes de conmutación DIP. Por ejemplo, la consola quirúrgica incluir interruptores DIP y resistencias acoplados conjuntamente de tal manera que los interruptores DIP puedan configurarse para combinar una o más de las resistencias en una red de resistencias. Los interruptores DIP pueden ajustarse de tal manera que, tras aplicar un voltaje de entrada a la red de resistencias, una tensión de salida de la red de resistencias es indicativa de un ciclo de servicio de válvula. En algunas formas de realización, la consola quirúrgica puede incluir un convertidor analógico a digital que puede hacerse funcionar para convertir la tensión de salida en un valor digital que el software que se ejecuta en la consola quirúrgica puede utilizar para determinar un ciclo de servicio de válvula (por ejemplo, a través del uso de una tabla de búsqueda que asocia el valor digital con un ciclo de servicio de válvula asociado).

**45 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:

- 50 La figura 1 ilustra una consola quirúrgica,
- La figura 2 ilustra un diagrama de un sistema neumático,
- La figura 3 ilustra un controlador para las válvulas neumáticas,
- 55 La figura 4 ilustra un diagrama de una herramienta neumática,
- Las figuras 5a-6 ilustran diversas formas de realización de un interruptor DIP y una red de resistencias.
- 60 La figura 7 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para calibrar un sistema neumático según una forma de realización,
- Las figuras 8a-8b ilustran datos de presión para una válvula neumática y
- 65 La figura 9 ilustra una tabla de calibración.

Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la descripción detallada siguiente son 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**

5 La figura 1 ilustra una divulgación de una consola quirúrgica 101 para una máquina quirúrgica oftálmica neumáticamente accionada. La consola quirúrgica 101 puede funcionar para ayudar a un cirujano en la realización de diversas intervenciones quirúrgicas oftálmicas, tales como facoemulsificación y vitrectomía. La consola quirúrgica 101 puede incluir un sistema de vigilancia interno, uno o más controladores (por ejemplo, controladores 10  
proporcionales) y herramientas (que pueden incluir herramientas de facoemulsificación y/o herramientas neumáticas 103). Las herramientas neumáticas 103 pueden incluir, por ejemplo, tijeras, vitrectores, fórceps y módulos de inyección o extracción. Pueden utilizarse también otras herramientas 103. Un gas comprimido, tal como nitrógeno, puede proporcionar la potencia para las herramientas neumáticas 103. El gas comprimido puede pasar a través del sistema de vigilancia de la presión de gas, a través de uno o más colectores hasta uno o más controladores 15  
proporcionales, y a través de colectores y/o tubos hasta las herramientas 103.

La figura 2 es un esquema de un sistema neumático para una máquina de vitrectomía neumáticamente accionada. En la figura 2, el sistema neumático puede incluir una válvula de purga de bomba 205, una válvula de salida 210, unos silenciadores 225, 230, 251, 253, un colector 235 y unas aberturas de salida A y B para respectivos canales 20  
neumáticos destinados a accionar una herramienta neumática 103 (por ejemplo, véase la figura 4).

En algunas divulgaciones, la válvula de purga de bomba 205 puede ser una válvula de cuatro vías. La válvula 205 puede incluir un solenoide que funcione para mover la válvula hasta una de por lo menos dos posiciones. En una posición, un gas presurizado puede pasar a través de la válvula de purga de bomba 205 y salir del silenciador 230. 25  
En otra posición, la válvula de purga de bomba 205 puede permitir que el gas presurizado pase a través de la válvula de purga de bomba 205 para proporcionar potencia a la herramienta 103. La válvula de purga de bomba 205 puede controlarse por un controlador (por ejemplo, un controlador 300, como se ve en la figura 3).

En una forma de realización, la válvula de salida 210 puede ser una válvula de cuatro vías. La válvula 210 puede incluir un solenoide que funcione para mover la válvula hasta una de por lo menos dos posiciones. En una posición, la válvula 210 puede proporcionar gas presurizado a la abertura de salida A y purgar gas presurizado desde la 30  
abertura de salida B (es decir, la posición "cerrada"). En esta posición, el gas presurizado puede pasar a través de la válvula de salida 210 hasta la abertura de salida A, en donde el gas presurizado proporciona potencia neumática a la herramienta 103. El gas presurizado puede pasar también a través de la válvula de salida 210 y el silenciador 225, en donde se escapa a la atmósfera. En otra posición (es decir, en la posición "abierta"), la válvula de salida 210 permite que pase gas presurizado a la abertura de salida B a través de la válvula 265, en donde el gas presurizado proporciona potencia neumática a la herramienta 103. El gas presurizado puede pasar también a través de la válvula de salida 210 hasta el silenciador 225, en donde se escapa a la atmósfera. La válvula de salida 210 puede ser controlada también por el controlador 300. En algunas formas de realización, el controlador 300 puede indicar a la 40  
válvula solenoide que se cierre durante la posición cerrada (un solenoide puede actuar para mover la válvula a fin de desviar aire a través de la abertura A) y, tras interrumpir la señal (o enviar una señal de apertura), un resorte (u otro mecanismo de accionamiento) puede devolver la válvula a la posición abierta (en la que la válvula está en una posición adecuada para desviar aire hacia la abertura B). Durante un ciclo de servicio de válvula del 50%, el controlador puede aplicar la señal de cierre durante aproximadamente la misma cantidad de tiempo en que se 45  
interrumpe la señal (la posición abierta) o se aplica una señal de apertura.

En algunas divulgaciones, el conjunto de colector 235 puede haberse mecanizado a partir de un metal, tal como aluminio, o a partir de plástico. Se contemplan también otros materiales. El conjunto de colector 235 puede ser hermético al aire, puede contener diversos racores y acoplamientos y puede diseñarse para resistir presiones de gas 50  
relativamente altas. El conjunto de colector 235 puede fabricarse como una colección de piezas individuales o puede fabricarse como una pieza única. Por ejemplo, el conjunto de colector 235 puede mecanizarse a partir de una sola pieza de aluminio. Los silenciadores 225, 230, 251 y 253 pueden suprimir el ruido hecho al escaparse el gas.

La figura 3 ilustra un esquema de un controlador 300 y de válvulas 205, 210, 261, 263 y 265 para una máquina de vitrectomía neumáticamente accionada. En algunas divulgaciones, el controlador 300 puede enviar señales de control a las válvulas 205, 210, 261, 263 y 265 a través de interfaces que acoplan las válvulas al controlador. Las interfaces pueden incluir conductores eléctricos, tales como cables, buses, trazas, etc. El controlador 300 puede ser un circuito integrado capaz de realizar funciones lógicas. El controlador 300 puede incluir un paquete de circuito 55  
integrado con patillas de accionamiento, entrada y salida. En diversas divulgaciones, el controlador 300 puede ser un controlador de válvula o un controlador de dispositivo dianizado. En tal caso, el controlador 300 puede realizar funciones de control específicas dianizadas en un dispositivo específico, tal como una válvula. En algunas divulgaciones, el controlador 300 puede ser un microprocesador. El controlador 300 puede ser programable de modo que pueda funcionar para controlar las válvulas y otros componentes de la máquina. En algunas divulgaciones, el controlador 300 puede ser un controlador de usos especiales configurado para controlar diferentes válvulas que 60  
realizan diferentes funciones. 65

La figura 4 ilustra una herramienta 103 (tal como un vitrector) que puede sujetarse a las aberturas de salida A y B para actuar como dispositivo de corte. El bisturí 403 puede moverse por un cilindro que se mueve a su vez por gas presurizado. El cilindro puede oscilar cuando el gas presurizado se dirige alternativamente a las aberturas de salida A y B. Tal dispositivo de vitrectomía puede diseñarse para funcionar a diversas tasas de corte (por ejemplo, 1000 cortes por minuto, 2500 cortes por minuto, 5000 cortes por minuto, etc.). Se contemplan también otras tasas de corte. La abertura A y la abertura B pueden proporcionar canales neumáticos independientes (y una presión diferencial entre los dos canales) para accionar una herramienta 103. Pueden generarse impulsos de presión alternos por una válvula solenoide de cuatro vías (por ejemplo, una válvula de control 210 del bisturí de vitrectomía) que produce ciclos de salida de presión entre los dos canales. Como se ve en la figura 4, el diferencial de presión puede mover en vaivén un diafragma 401 dentro de la herramienta 103 (por ejemplo, una sonda) para mover el bisturí de sonda vinculado 403 en la herramienta 103. Una desviación de presión en los dos canales neumático (por ejemplo, dando como resultado un diferencial de presión más alto en la posición de apertura o cierre de la válvula) puede afectar a la función y/o prestaciones de la herramienta 103. Debido a diversos factores (por ejemplo, variaciones de válvula a válvula y variaciones de restricción de flujo/resistencia al flujo en los dos canales de consola a consola), los diferenciales de presión pueden variar entre diferentes válvulas 210 en diferentes consolas 101, dando como resultado que sea difícil proporcionar un diferencial de presión de funcionamiento consistente. Para controlar los diferenciales de presión de las salidas de los dos canales neumáticos puede utilizarse un software para controlar la temporización de apertura/cierre de la válvula solenoide 210 (conocido también como el ciclo de servicio de la válvula). El ciclo de servicio de válvula puede ajustarse por calibración para equilibrar mejor la presión diferencial durante ambas posiciones de apertura/cierre de la válvula. Ajustando el ciclo de servicio de la válvula, el tiempo para suministrar aire presurizado a cada canal neumático en un ciclo de apertura/cierre de válvula puede alargarse o acortarse a fin de conseguir una presión diferencial más consistente en todo el ciclo de la válvula para un funcionamiento de herramienta más suave.

Por ejemplo, a una tasa de sonda de 2500 cortes por minuto, la válvula 210 puede proporcionar aire presurizado alternativamente a la abertura A y a la abertura B 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 realizar ciclos de conexión/desconexión cada 24 ms ( $2500 \text{ cortes/min} \text{ o } 1 \text{ min}/2500 \text{ cortes} * 60 \text{ segundos}/1 \text{ min} = 0,024 \text{ segundos/corte} = 24 \text{ ms/corte}$ ), con lo que puede abrirse durante 12 ms hacia cada canal. Un tiempo de transición para abrir y cerrar realmente los canales puede utilizar parte del tiempo del ciclo. Por ejemplo, el canal neumático 1 (es decir, a través de la abertura A de la válvula de control 210) puede emplear 4 ms para la apertura (mientras se esté cerrando el canal neumático 2) y 2 ms para el cierre (mientras se está abriendo el canal neumático 2) durante un tiempo de transición total de 6 ms por cada ciclo de 24 ms. Se contemplan también otros tiempos de transición. Debido al tiempo de transición, la válvula puede abrirse realmente sólo 8 ms ( $12 \text{ ms} - 4 \text{ ms}$ ) hacia el canal 1 mientras se cierra hacia el canal 2, y puede cerrarse durante 10 ms ( $12 \text{ ms} - 2 \text{ ms}$ ) hacia el canal 1 mientras se abre hacia el canal 2. Esta diferencia de temporización de válvula de 8 ms frente a 10 ms al proporcionar aire presurizado al canal 1 y al canal 2 puede dar como resultado un diferencial de presión desequilibrado en los dos canales. En algunas divulgaciones, puede ser deseable que las duraciones de tiempo de apertura de los dos canales sean aproximadamente las mismas (por ejemplo, en el caso de 2500 cortes/minuto, estos se abren en realidad durante aproximadamente  $(24 \text{ ms} - 6 \text{ ms})/2 = 9 \text{ ms}$ ). Si las temporizaciones de transición son constantes para todas las válvulas 210, entonces el control de software puede ajustar el ciclo de servicio de la válvula para conseguir duraciones de tiempo de apertura reales aproximadamente iguales para ambos canales. En este ejemplo, el software puede ajustar el tiempo de apertura nominal a 13 ms para el canal 1 y a 11 ms para el canal 2. Así, para este ejemplo, excluyendo el tiempo de transición, el tiempo de apertura real del canal 1 puede ser de  $13 \text{ ms} - 4 \text{ ms} = 9 \text{ ms}$  y el tiempo de apertura real del canal 2 puede ser de  $11 \text{ ms} - 2 \text{ ms} = 9 \text{ ms}$  (similar al canal 1). Sin embargo, debido a que el tiempo de transición puede variar entre diversas válvulas 210 (por ejemplo, debido a varianzas de fabricación en la válvula 210), un decalaje de temporización 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 canal 1 (mientras se está cerrando el canal neumático 2) y 2 ms para cerrar el canal 1 (mientras se está abriendo el canal neumático 2). Aplicando el mismo ciclo de servicio de la válvula de control por software (por ejemplo, un tiempo de apertura nominal de 13 ms para el canal 1 y un tiempo de apertura nominal de 11 ms para el canal 2), el tiempo de apertura real para el canal neumático 1 puede ser de  $13 \text{ ms} - 3 \text{ ms} = 10 \text{ ms}$  y el tiempo de apertura real para el canal 2 puede ser de  $11 \text{ ms} - 2 \text{ ms} = 9 \text{ ms}$ . Por tanto, en este ejemplo, el canal neumático 1 puede permanecer realmente abierto 1 ms o un 11% más que el canal neumático 2. La diferencia puede dar como resultado un equilibrio de potencia desigual entre los dos canales neumáticos, lo que puede traducirse en una tasa/potencia de corte efectiva menor. Análogamente, un decalaje de temporización fijo puede no contrarrestar con éxito el desequilibrio provocado por las variaciones de restricción de flujo/resistencia al flujo en los dos canales de consola a consola.

En algunas formas de realización, puede ajustarse un ciclo de servicio de válvula para las válvulas individuales y/o las bases de consola (por ejemplo, para compensar los diferentes tiempos de transición de diversas válvulas y las variaciones de restricción de flujo/resistencia al flujo de diversas consolas). Aplicando un ciclo de servicio de válvula ajustado a los tiempos de ciclo para los canales neumáticos, estos canales neumáticos pueden accionarse durante el tiempo de ciclo total a fin de tener tiempos de apertura reales aproximadamente iguales. Como se hace notar anteriormente, un ciclo de servicio de válvula del 50% puede corresponder a la aplicación de una señal para cerrar la válvula durante aproximadamente la misma cantidad de tiempo que cuando no se aplica la señal (correspondiente a la posición de apertura). Un ajuste de 1% puede dar como resultado un ciclo de servicio de válvula del 51%, que

5 corresponde a la aplicación de una señal para cerrar la válvula durante aproximadamente un 51% del tiempo de ciclo total (y un 49% del tiempo total sin señal (o una señal de apertura) se aplica para abrir la válvula). El ciclo de servicio de válvula más largo del 51% puede compensar así, por ejemplo, una válvula que tarde más en abrirse que en cerrarse y/o una consola que tenga una restricción de flujo/resistencia al flujo más altas en el canal que se conecta a la posición de cierre de la válvula.

10 En algunas formas de realización, un valor de ciclo de servicio de válvula para la válvula 210 puede almacenarse en una memoria 303 en la consola 101 o la herramienta 103. La memoria 303 puede incluir un interruptor DIP (un interruptor de paquete en línea doble), una resistencia variable, un potenciómetro digital, o una EEPROM (memoria de solo lectura programable eléctricamente borrable). En algunas divulgaciones, el ciclo de servicio de válvula puede determinarse por tanteo y puede programarse o escribirse en la memoria 303 (por ejemplo, durante la fabricación) o puede recibirse, por ejemplo, por la interacción del usuario con la consola 101 (por ejemplo, como un valor introducido en una interfaz de usuario gráfica 107 de la consola 101). El ciclo de servicio de válvula puede utilizarse entonces por la consola quirúrgica 101 (por ejemplo, el controlador 300 en la consola quirúrgica 101) para controlar los tiempos de apertura/cierre de la válvula 210.

20 Como se ve en las figuras 5a-6, uno o más interruptores DIP S1, S2, S3, etc. pueden conectarse a una red de resistencias (cada una de las cuales puede tener una resistencia diferente). Las figuras 5a y 5c ilustran revelaciones con 5 interruptores DIP y las figuras 5b y 6 ilustran formas de realización con 6 interruptores DIP. La figura 5d ilustra una divulgación con n interruptores DIP. Cada interruptor DIP puede programarse con un 1 o 0 (interruptor conectado o desconectado) para permitir corriente a través de su correspondiente resistencia o para bloquear la corriente procedente de su resistencia correspondiente. La red de resistencias y los interruptores DIP pueden tener una resistencia total que se base en los ajustes de los interruptores DIP. Por ejemplo, con 6 interruptores DIP (cada uno con una resistencia correspondiente), la red de resistencias puede configurarse para tener una resistencia seleccionada de  $2^6=64$  resistencias posibles. Por tanto, las combinaciones de los ajustes de los interruptores DIP pueden producir diferentes valores resistentes de la red de resistencias. Por ejemplo, encima de cada resistencia en las figuras 5a-6 hay múltiplos de resistencia a modo de ejemplo (por ejemplo, en kilohmns) (son posibles también otras resistencias). Como se ve en la figura 5a, ejemplos de resistencias de red pueden ser 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 o 20 sobre la base de los ajustes de los 5 interruptores DIP (en la configuración mostrada, 32 combinaciones de interruptores DIP pueden producir 20 valores de resistencia de red en incrementos de 1 junto con 12 duplicados). Son posibles también otras configuraciones (por ejemplo, diferentes valores de resistencia, diferentes ubicaciones de interruptores DIP, etc.). En la figura 5b, 64 combinaciones de interruptores DIP pueden producir 40 valores de resistencia de red incrementos de 0,5 junto con 24 duplicados (por ejemplo, valores de resistencia de red o 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5, 5, 5,5, 6, 6,5, 7, 7,5, 8, 8,5, 9, 9,5, 10, 10,5, 11, 11,5, 12, 12,5, 13, 13,5, 14, 14,5, 15, 15,5, 16, 16,5, 17, 17,5, 18, 18,5, 19, 19,5, 20 y 20,5). Como se ve en la figura 5c, una red de resistencias de 5 interruptores DIP puede incluir 32 combinaciones de interruptores DIP para producir 32 valores de resistencia de red en incrementos de 1 sin duplicados (por ejemplo, valores de resistencia de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 y 32). Como se ve en la figura 5d, una red de resistencias de n interruptores DIP puede incluir  $2^n$  combinaciones de interruptores DIP para producir  $2^n$  valores de resistencia de red en incrementos de R sin duplicados (por ejemplo, los valores de resistencia son R, 2R, 3R, 4R, 5R, ...,  $2^n R$ ). Un voltaje conocido (por ejemplo, 5 voltios) puede aplicarse a la red resistente (por ejemplo, por la fuente de voltaje 501) y un voltaje resultante puede convertirse en una cuenta digital 511 por un convertidor analógico/digital 509. El software que se ejecuta en la consola quirúrgica puede utilizar la cuenta digital 511 para determinar un ciclo de servicio de válvula correspondiente. Por ejemplo, puede realizarse una búsqueda de tabla en la cuenta digital a fin de determinar un valor de ciclo de servicio de válvula correspondiente. En algunas divulgaciones, una tabla de calibración 901 (por ejemplo, véase la figura 9) puede almacenarse en la consola con cuentas digitales y correspondientes valores de ciclo de servicio de válvula.

50 Como se hace notar anteriormente, los interruptores DIP (por ejemplo, en el grupo de interruptores DIP 503) pueden programarse en diversas posiciones de conexión/desconexión (1/0) para combinar resistencias seleccionadas en la red de resistencias 505. La red de resistencias puede actuar como un divisor de voltaje para producir un segundo voltaje como resultado del primer voltaje aplicado a la red. El ADC 509 puede convertir el segundo voltaje en una cuenta digital 511. Por ejemplo, un voltaje 2 puede dar como resultado una cuenta digital de 447 (por ejemplo, correspondiente a un voltaje de 2,183 voltios). El software que se ejecuta en la consola quirúrgica puede utilizar la cuenta digital de 447 para determinar un ciclo de servicio de válvula correspondiente (en este caso, 49,5%). Por ejemplo, como se ve en la figura 9, puede accederse a una tabla de búsqueda para determinar un ciclo de servicio de válvula correspondiente a la cuenta digital. En algunas formas de realización, el ciclo de servicio de válvula puede determinarse y almacenarse en una memoria escribible (por ejemplo, una EEPROM). Durante usos posteriores de las consolas quirúrgicas puede leerse la EEPROM en lugar de determinar el ciclo de servicio de válvula por el uso de los interruptores DIP. El empleo de la EEPROM para usos posteriores puede permitir una determinación más rápida del ciclo de servicio de la válvula. El uso de la EEPROM puede impedir también falsos valores asociados con los interruptores DIP inadvertidamente conmutados o golpeados o ajustados por personal no autorizado. En algunas formas de realización puede leerse en la EEPROM un nuevo ciclo de servicio de válvula cuando la consola quirúrgica recibe una indicación de que se está determinando un nuevo valor (por ejemplo, un usuario puede introducir una contraseña en la interfaz de usuario para autenticar al usuario y ajustar la consola para recibir un nuevo ciclo de servicio de válvula o un usuario puede ajustar un interruptor o presionar un botón cerca de los

interruptores DIP indicando a la consola quirúrgica que detecte y almacene un nuevo ciclo de servicio de válvula en la EEPROM (por ejemplo, según se determine por los interruptores DIP).

5 La figura 7 ilustra un procedimiento para determinar un ciclo de servicio de válvula para calibrar la válvula 210. 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.

10 En 701, unas aberturas neumáticas de una válvula 210 a calibrar pueden acoplarse a uno o más sensores de presión para determinar la presión de cada abertura (o una presión diferencia entre las aberturas) durante el funcionamiento de la válvula 210. Por ejemplo, unos sensores de presión independientes pueden acoplarse a cada abertura (A y B) o un sensor de presión diferencial puede acoplarse a ambas aberturas A y B. Si se utilizan sensores de presión independientes en cada abertura, puede calcularse una presión diferencial utilizando los datos de presión de cada abertura. Como se ve en la figura 1, la herramienta 103 puede ser una caja de transductor de presión con  
15 uno o más sensores de presión que se acoplan a las aberturas A y/o B a través de las aberturas 105. La válvula 210 puede probarse mientras se encuentra acoplada a la consola quirúrgica (por ejemplo, los sensores de presión pueden acoplarse a las aberturas neumáticas de salida 105 de la consola quirúrgica 101). Puede establecerse un ajuste de cortes por minuto para la válvula (por ejemplo, 2500 cortes por minuto).

20 En 703, el ciclo de servicio de válvula del sistema neumático puede ajustarse a un valor por defecto (por ejemplo, los interruptores DIP de calibración pueden ajustarse al 50% del ciclo de servicio de válvula, lo que puede dar como resultado que no haya un decalaje aplicado a la temporización de válvula de apertura/cierre). Los ajustes de los interruptores DIP pueden hacerse utilizando una tabla de calibración 901 que relaciona los ajustes de los interruptores DIP con los ciclos de servicio de válvula.

25 En 705, el sistema neumático (incluyendo la válvula 210) puede hacerse funcionar durante una cantidad dada de tiempo (por ejemplo, 10 segundos). Durante el funcionamiento del sistema neumático, los datos de presión para el ciclo de trabajo pueden detectarse por medio de los sensores de presión. Puede pisarse un pedal de interruptor de pie para activar el sistema neumático. En algunas formas de realización, el sistema neumático puede hacerse  
30 funcionar durante un tiempo extenso (por ejemplo, de 1 a 2 horas), especialmente si el sistema neumático y/o la consola son nuevos. El funcionamiento extenso antes de la calibración puede permitir que el sistema y/o la consola establezcan las variaciones de válvula iniciales debido a la fabricación, puntos de fricción y otros puntos de interacción de componentes (por ejemplo, la fricción inicial en piezas nuevas puede aminorarse cuando la pieza nueva interactúa con las otras partes para el periodo extenso). El sistema neumático puede interrumpirse después  
35 del ciclo de trabajo inicial y hacerse funcionar entonces de nuevo durante otra cantidad ajustada de tiempo (por ejemplo, 5 a 10 segundos) antes de tomar los datos de presión. Puede aplicarse un tiempo de espera (por ejemplo, 5 a 10 segundos) entre ciclos de trabajo del sistema neumático.

40 En 707, pueden determinarse los diferenciales de presión y el rango de presión entre las posiciones de apertura/cierre. La figura 8a ilustra un gráfico de un posible diferencial de presión frente a tiempo para un sistema neumático. Como se ve en la figura 8a, en el tiempo de intervalo de ciclo (T) los diferenciales de presión pueden ser de +10 (68,95 kPa) y -13 (-89,63 kPa) psi (libras por pulgada cuadrada) en las posiciones de apertura/cierre (dando como resultado un rango de presión 801 de aproximadamente 23 psi). El punto más bajo de prestaciones puede ser el tiempo de intervalo de ciclo en que la diferencia de presión diferencial entre la presión de apertura y la presión de  
45 cierre es la más baja, es decir, el punto en que  $(\text{abs}(\text{presión de apertura}) + \text{abs}(\text{presión de cierre}))$  está en un mínimo para los datos de presión. En el caso mostrado en la figura 8a, hay una caída evidente en las presiones para las posiciones abierta y cerrada en el tiempo de intervalo de ciclo (T).

50 En 709, puede determinarse un ciclo de servicio de válvula para compensar la desviación de presión. En los datos de presión mostrados en la figura 8a, en el tiempo de intervalo de ciclo (T) la desviación de presión parece ser de aproximadamente 3 (20,68 kPa) psi (asociada con la lectura de -13 (-89,63 kPa) psi sobre la lectura de +10 (68,95 kPa)). Puede determinarse un ciclo de servicio de válvula que daría como resultado aproximadamente un centrado del diferencial de presión (por ejemplo, orientado a obtener valores de presión de apertura/cierre de aproximadamente +11,5 psi (78,29 kPa) y -11,5 psi (-78,29 kPa) en el tiempo de intervalo de ciclo (T)). La  
55 determinación del ciclo de servicio de válvula para centrar los diferenciales de presión en el punto más bajo de prestaciones del sistema neumático puede asegurar que el sistema neumático tenga suficiente presión para funcionar en ambas posiciones abierta y cerrada en su punto más bajo de prestaciones (el ciclo de servicio de válvula puede dar como resultado también prestaciones mejoradas en los otros puntos de funcionamiento del sistema neumático). Aunque varios ejemplos determinan aquí un ciclo de servicio de válvula alrededor del punto más bajo de prestaciones, puede determinarse también un ciclo de servicio de válvula utilizando otros puntos en los  
60 datos de presión. La determinación de un ciclo de servicio de válvula puede calcularse como sigue:

Nuevo ciclo de servicio de válvula = Ciclo de servicio de válvula previo +  $((\text{abs}(\text{presión de apertura}) - \text{abs}(\text{presión de cierre}))/2) * (\text{delta de ciclo de servicio de válvula}/\text{delta de cambio de presión diferencial})$

65 en donde la presión de apertura y la presión de cierre se toman en un tiempo más bajo de prestaciones para el

sistema neumático (por ejemplo, el tiempo T en el ejemplo actual) y en donde abs() representa el valor absoluto. En algunas divulgaciones, la relación de ciclo de servicio de válvula a ajuste diferencial de presión puede determinarse matemáticamente o por tanteo. Por ejemplo, la relación puede ser de 1% (delta de ciclo de servicio de válvula) a 0,86 psi (delta de cambio de presión diferencial).

5 En el ejemplo actual:  
 Nuevo ciclo de servicio de válvula = 50% + (((13 psi (89,63 kPa) - 10 psi (68,95 kPa)/2) \* (1%/0,86 psi (5,93 kPa)

10 Nuevo ciclo de servicio de válvula = 50% + (1,5 psi (10,34 kPa) \* (1%/0,86 (5,93 kPa) psi))

Nuevo ciclo de servicio de válvula = 50% + 1,744% = 51,744%

15 Así, la presión en el lado de cierre (actualmente +10 psi (68,95 kPa)) puede incrementarse a 11,5 psi (79,29 kPa) con el nuevo ciclo de servicio de válvula de 51,744 % (10 psi + 1,744% \* (0,86 psi (5,93 kPa)/1%) = 11,5 psi (79,29 kPa) y el lado de apertura puede desplazarse a -11,5 psi (-79,29 kPa(-13 psi (-89,63 kPa)+1,744% \* (0,86 psi (5,93 kPa)/1% ) = -11,5 psi (-79,29 kPa)). En algunas formas de realización, el ciclo de servicio de válvula puede redondearse a un incremento muy próximo (por ejemplo, redondearse a 51,5% si se redondea a incrementos muy próximos de 0,5%).

20 En 711, el sistema neumático puede programarse con el nuevo ciclo de servicio de válvula. Por ejemplo, los interruptores DIP (que pueden ser interruptores físicamente accesibles con conexión/desconexión o con opciones 1/0) pueden ajustarse en una secuencia de conexión/desconexión que producirá un voltaje correspondiente al ciclo de servicio de válvula determinado. En algunas formas de realización, el nuevo ciclo de servicio de válvula puede calcularse por la consola quirúrgica y/o introducirse en una interfaz de usuario gráfica de la consola quirúrgica.

25 En 713, el sistema neumático puede hacerse funcionar de nuevo (por ejemplo, 5 a 10 segundos). Durante el funcionamiento del sistema neumático, los datos de presión para el ciclo de trabajo pueden detectarse por medio de los sensores de presión. En algunas divulgaciones, el sistema neumático puede interrumpirse después del ciclo de trabajo inicial y trabajar después nuevamente durante otra cantidad ajustada de tiempo (por ejemplo, 5 a 10 segundos) antes de tomar los datos de presión. En algunas divulgaciones, puede aplicarse un tiempo de espera (por ejemplo, 5 a 10 segundos) entre ciclos de trabajo del sistema neumático.

30 En 715, pueden determinarse de nuevo los diferenciales de presión y el rango de presión entre las posiciones de válvula de apertura/cierre. La figura 8b ilustra un posible gráfico de datos de presión después de aplicar el nuevo ciclo de servicio de válvula. Como se ve en la figura 8b, el diferencial de presión puede centrarse ahora aproximadamente alrededor de 0 psi (0 kPa) de tal manera que el diferencial de presión en la posición cerrada es de aproximadamente 11,5 psi (79,29 kPa) en el punto más bajo de prestaciones para la posición cerrada y aproximadamente -11,5 psi (-79,29 kPa) para el punto más bajo de prestaciones en la posición abierta.

35 En 717, los diferenciales de presión, el rango de presión y/o la desviación de presión pueden compararse con límites aceptables. En algunas divulgaciones, los diferenciales de presión (por ejemplo, en el caso corregido los diferenciales son de aproximadamente +11,5 psi (79,29 kPa) y -11,5 psi (-79,29 kPa), como se ve en la figura 8b) pueden compararse con un umbral predeterminado de funcionamiento (por ejemplo, los valores absolutos de los diferenciales pueden compararse con un umbral de aproximadamente 10 psi (68,95 kPa)). En el caso corregido mostrado en la figura 8b, las presiones diferenciales (valores absolutos para fines de comparación) son mayores que el umbral de 10 psi (68,95 kPa). En algunas formas de realización, una desviación de presión (la diferencia de presión entre los dos canales) puede determinarse también y compararse con un límite aceptable predeterminado. Por ejemplo, la desviación de presión puede ser igual a abs(presión de cierre) - abs(presión de apertura). Después de la calibración, puede utilizarse un límite de desviación de presión aceptable predeterminado de 1 psi (6,90 kPa) (puede utilizarse también otra desviación de presión dependiendo de la calibración del sistema neumático). Como otro ejemplo, el rango de presión total (abs(presión de apertura) + abs(presión de cierre)) puede compararse con un límite aceptable predeterminado (por ejemplo, un rango mínimo de 21,6 psi (148,93 kPa)). En algunas divulgaciones, el rango de presión total en un punto más bajo de prestaciones para el sistema neumático puede compararse con un rango de presión total aceptable para determinar si el sistema neumático tiene una fuga o restricción. Por ejemplo, si el rango de presión total es < 21,6 psi (148,93 kPa), puede haber una fuga o restricción en el sistema. Puede utilizarse también otro rango de presión total (diferentes configuraciones del sistema neumático pueden funcionar a diferentes presiones y rangos de presión). Si el rango de presión total en el punto más bajo de prestaciones no cumple el límite aceptable mínimo, puede sustituirse la válvula y/o puede comprobarse el sistema neumático. 60 Asimismo, si los bordes de la forma de onda de presión no son lisos, sino que son ondulados o tienen cambios, o no se expanden en ambos lados después de los puntos de prestaciones mínimo, la válvula puede necesitar ser sustituida.

65 En 719, si el rango de presión total o la desviación de presión están fuera del rango aceptable, se puede utilizar un nuevo ciclo de servicio de válvula. En algunas divulgaciones, puede recalcularse el nuevo ciclo de servicio de válvula. Por ejemplo:



Nuevo ciclo de servicio de válvula = Ciclo de servicio de válvula previo + (((abs(presión de apertura) – (abs(presión de cierre))/2) \* (delta de ciclo de servicio de válvula/delta de cambio de presión))

5 en donde la presión de apertura y la presión de cierre pueden ser presiones diferenciales en un tiempo de prestaciones más bajo para el sistema neumático. En algunas divulgaciones, en lugar de utilizar la ecuación, puede intentarse un ciclo de servicio de válvula que sea un incremento por encima o por debajo del ciclo de servicio de válvula previo. Si la presión de cierre previa necesita incrementarse (para reducir la desviación de presión hacia la posición abierta), el ciclo de servicio de válvula puede incrementarse al siguiente incremento (por ejemplo, de 51% a 51,5%), o viceversa. En algunas formas de realización, el nuevo ciclo de servicio de válvula puede determinarse por la consola quirúrgica y/o introducirse en una interfaz de usuario gráfica de la consola quirúrgica. En algunas formas de realización, los interruptores DIP pueden ajustarse para que correspondan a un nuevo ciclo de servicio de válvula determinado. El nuevo ciclo de servicio de válvula puede ser probado a continuación (por ejemplo, ejecutando los elementos 713 a 719).

15 En 721, si la válvula se ha probado más de un número establecido de veces (por ejemplo, dos veces) y el rango de presión total o la desviación de presión está todavía fuera del rango aceptable, puede instalarse una válvula/módulo diferente. En algunas divulgaciones, pueden realizarse rondas adicionales de determinación de un nuevo ciclo de servicio de válvula (o los interruptores DIP pueden moverse para que correspondan a otro ciclo de servicio de válvula por encima o por debajo del ciclo previo).

20 En 723, si el rango de presión total y la desviación de presión de 717 están dentro de los rangos aceptables, puede concluirse el procedimiento de calibración. La consola quirúrgica puede utilizar el ciclo de servicio de válvula determinado. En algunas formas de realización, los interruptores DIP y la red de resistencias pueden enviar el ciclo de servicio de válvula deseado (a través de un voltaje característico) a la consola del sistema durante el funcionamiento. Por ejemplo, un voltaje de la red de resistencias puede convertirse en una cuenta digital por un convertidor analógico/digital 509. La cuenta digital puede procesarse por un software que se ejecuta en la consola quirúrgica y un ciclo de servicio de válvula correspondiente puede determinarse y utilizarse para modificar las prestaciones de la válvula. En algunas divulgaciones, el proceso de calibración puede realizarse múltiples veces para asegurar la repetibilidad de los resultados de calibración con el ciclo de servicio de válvula determinado.

25 En algunas formas de realización, el sistema de vitrectomía puede incluir uno o más procesadores (por ejemplo, un controlador 300). El controlador 300 puede incluir dispositivos de procesamiento únicos o una pluralidad de dispositivos de procesamiento. Tal dispositivo de procesamiento puede ser un microprocesador, un controlador (que puede ser un microcontrolador), un procesador de señal digital, un microordenador, una unidad de procesamiento central, una agrupación ordenada de puertas programable de campo, un dispositivo lógico programable, una 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) basándose en instrucciones operativas. La memoria acoplada y/o incrustada en los procesadores puede ser un dispositivo de memoria único o una pluralidad de dispositivos de memoria. Dicho 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. Se hace notar 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 de, 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, por ejemplo, la figura 7.

50

**REIVINDICACIONES**

1. Consola quirúrgica (101), que comprende:

- 5 una válvula (205, 210);
- por lo menos una primera abertura (A) y una segunda abertura (B) acopladas a la válvula, estando la válvula configurada para proporcionar gas presurizado alternativamente a cada una de entre la primera abertura y la segunda abertura para accionar una herramienta neumática (103) acoplada a la consola quirúrgica;
- 10 por lo menos un sensor de presión adaptado para medir los datos de presión de funcionamiento de la primera y segunda aberturas;
- 15 un controlador (300) acoplado a la válvula, pudiendo el controlador hacerse funcionar para controlar los tiempos de apertura y cierre de la válvula, correspondiendo un tiempo de apertura de válvula a un tiempo para abrir una primera abertura y correspondiendo un tiempo de cierre de válvula a un tiempo para cerrar la primera abertura, coincidiendo el cierre de la primera abertura con la apertura de una segunda abertura de tal manera que el aire presurizado esté siendo dirigido por la válvula a través de la primera abertura o de la segunda abertura;
- 20 estando el controlador configurado para ajustar los tiempos de apertura/cierre de válvula según un ciclo de servicio de válvula; caracterizada por que
- el ajuste de ciclo de servicio de válvula se determina analizando los datos de presión de funcionamiento para las posiciones de válvula abierta y cerrada de tal manera que el ciclo de servicio de válvula con el ajuste centre un diferencial de presión entre la primera abertura y la segunda abertura alrededor de cero.
- 25

2. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, en la que la válvula (205) es una válvula solenoide de cuatro vías.

30 3. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, que además comprende una herramienta neumática (103) acoplada a la consola quirúrgica (101), siendo la herramienta neumática un bisturí de vitrectomía.

4. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, en la que el ciclo de servicio de válvula se almacena en una memoria (303) accesible por el controlador (300).

35 5. 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 servicio de válvula es un porcentaje del tiempo de válvula total para el controlador (300) para indicar a la válvula que dirija el gas a través de la primera abertura.

40 6. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, en la que el ajuste del ciclo de servicio de válvula se determina utilizando datos de presión durante las pruebas de la consola quirúrgica, en la que el ciclo de servicio de válvula es aproximadamente igual a un ciclo de servicio de válvula previo +  $\frac{((\text{abs}(\text{presión de apertura}) - \text{abs}(\text{presión de cierre}))/2) * (\text{delta de ciclo de servicio de válvula/delta de cambio de presión diferencial})}{\text{delta de ciclo de servicio de válvula durante las pruebas}}$ , siendo el ciclo de servicio de válvula previo el ciclo de servicio de válvula durante las pruebas, siendo la presión de apertura y la presión de cierre presiones diferenciales de la abertura de un ciclo de la válvula, y siendo la delta de ciclo de servicio de válvula/delta de cambio de presión diferencial una relación de cambio de ciclo de servicio de válvula con respecto al cambio de presión diferencial resultante.

45

50 7. Consola quirúrgica según la reivindicación 6, en la que la presión de apertura y la presión de cierre para la abertura se toman en el punto más bajo de prestaciones para el sistema neumático.

8. Consola quirúrgica según la reivindicación 7, en la que el punto más bajo de prestaciones es el punto, en el que la diferencia de presión diferencial absoluta entre la presión de apertura y la presión de cierre es la más baja de tal manera que  $(\text{abs}(\text{presión de apertura}) + \text{abs}(\text{presión de cierre}))$  esté en un mínimo para los datos de presión medidos.

55

9. Consola quirúrgica según la reivindicación 1, que además comprende una pluralidad de interruptores DIP (503) y una pluralidad de resistencias (505), siendo los interruptores DIP configurables para combinar una o más de entre la pluralidad de resistencias en una red de resistencias de tal manera que, tras la aplicación de un voltaje de entrada a la red de resistencias, un voltaje de salida de la red de resistencias sea indicativo de un ciclo de servicio de válvula.

60

10. Consola quirúrgica según la reivindicación 9, que además comprende un convertidor analógico a digital (509) para convertir el voltaje de salida en un valor digital, pudiendo un software que se ejecuta en la consola digital hacerse funcionar para determinar un ciclo de servicio de válvula que corresponde a la cuenta digital a través de una tabla de búsqueda.

65

11. Procedimiento para calibrar un sistema neumático quirúrgico, que comprende:

5 hacer funcionar un sistema neumático (705) que comprende una válvula neumática (210) configurada para realizar ciclos entre una posición abierta y una posición cerrada, en el que un gas presurizado es dirigido a una primera abertura (A) cuando la válvula está en la posición abierta y en el que el gas presurizado es dirigido a una segunda abertura (B) cuando la válvula está en la posición cerrada;

10 medir las presiones (707) proporcionadas por la válvula neumática, caracterizado por que los datos de presión medidos comprenden una presión diferencial abierta correspondiente a una presión diferencial entre la primera abertura y la segunda abertura durante la posición abierta y una presión diferencial cerrada correspondiente a una presión diferencial entre la primera abertura y la segunda abertura durante la posición cerrada; y un software ejecutado en una consola quirúrgica calcula un nuevo ciclo de servicio de válvula (719), siendo el nuevo ciclo de servicio de válvula aproximadamente igual a un ciclo de servicio de válvula previo + (((abs(presión de apertura) - abs(presión de cierre))/2 \* (delta de ciclo de servicio de válvula/delta de cambio de diferencial de presión)), siendo el ciclo de servicio de válvula previo el ciclo de servicio de válvula durante el funcionamiento del sistema neumático mientras se miden las presiones, siendo la presión de apertura y la presión de cierre las presiones diferenciales medidas para la abertura durante una posición abierta y una posición cerrada correspondientes de un ciclo de la válvula, y

20 en el que delta de ciclo de servicio de válvula/delta de cambio diferencial de presión es una relación de cambio de ciclo de servicio de válvula con respecto al cambio de presión diferencial resultante.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la presión de apertura y la presión de cierre para la abertura se toman durante el punto más bajo de prestaciones durante las presiones medidas para el sistema neumático.

25 13. Procedimiento según la reivindicación 11, que además comprende la utilización del nuevo ciclo de servicio de válvula para modificar la temporización de posición de apertura de válvula.

30 14. Procedimiento según la reivindicación 13, que además comprende:

hacer funcionar (705) el sistema neumático y medir las presiones entregadas por la válvula neumática;

35 calcular un rango de presión total, siendo el rango de presión total aproximadamente igual a la suma de los valores absolutos de la presión de apertura y la presión de cierre; y

determinar (717) si el rango de presión total es mayor que un límite de rango de presión total predeterminado.

15. Procedimiento según la reivindicación 13, que además comprende:

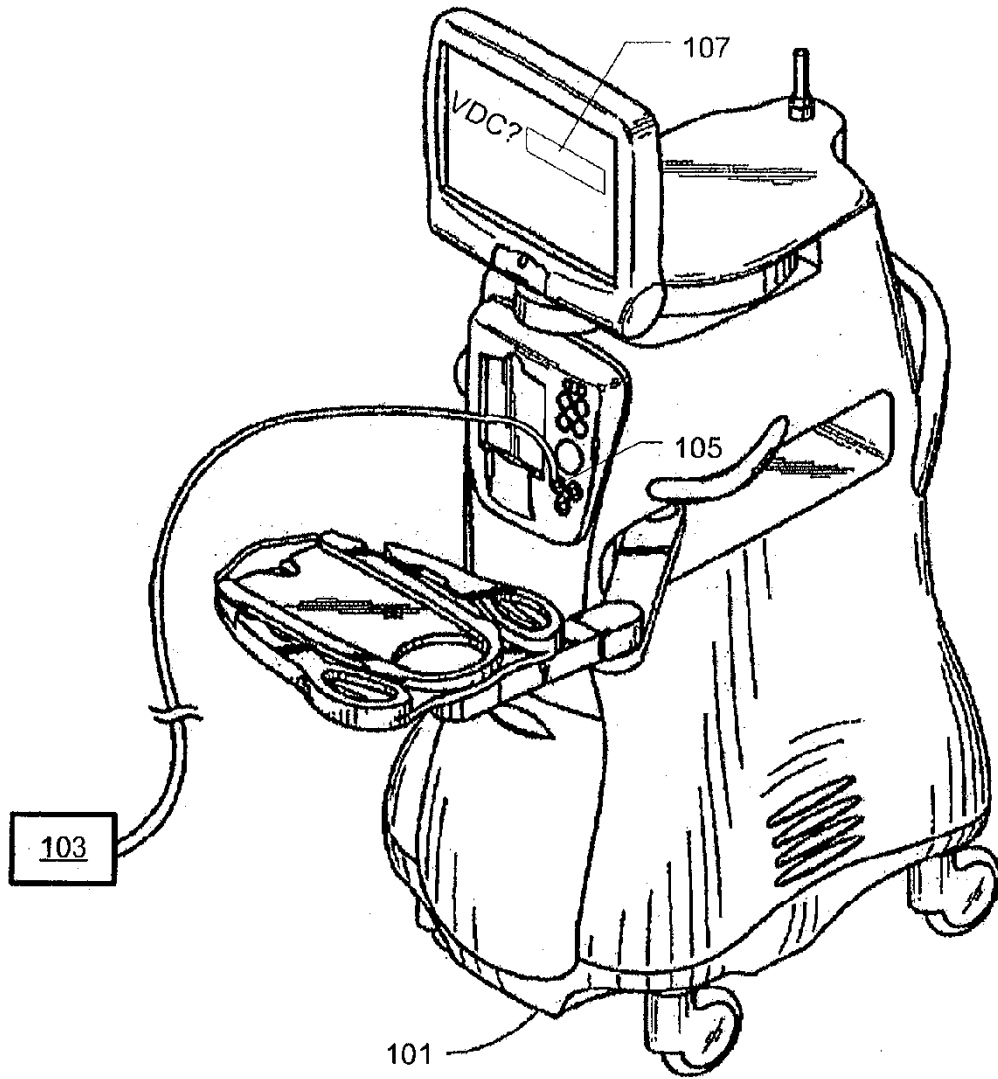
40 hacer funcionar (705) el sistema neumático y medir las presiones entregadas por la válvula neumática;

calcular una desviación de presión, siendo la desviación de presión aproximadamente igual a abs(presión de cierre) - abs(presión de apertura);

45 determinar si la desviación de presión es menor que un límite de desviación de presión predeterminado.

16. Procedimiento según la reivindicación 15, en el que la presión de apertura y la presión de cierre son las presiones diferenciales en el punto más bajo de prestaciones durante la medición de presión.

50 17. Procedimiento según la reivindicación 16, en el que el punto más bajo de prestaciones es el punto, en el que la diferencia de presión entre la presión de apertura y la presión de cierre es la más baja de tal manera que (abs(presión de apertura) + abs(presión de cierre)) esté en un mínimo para los datos de presión medidos.



**FIG. 1**

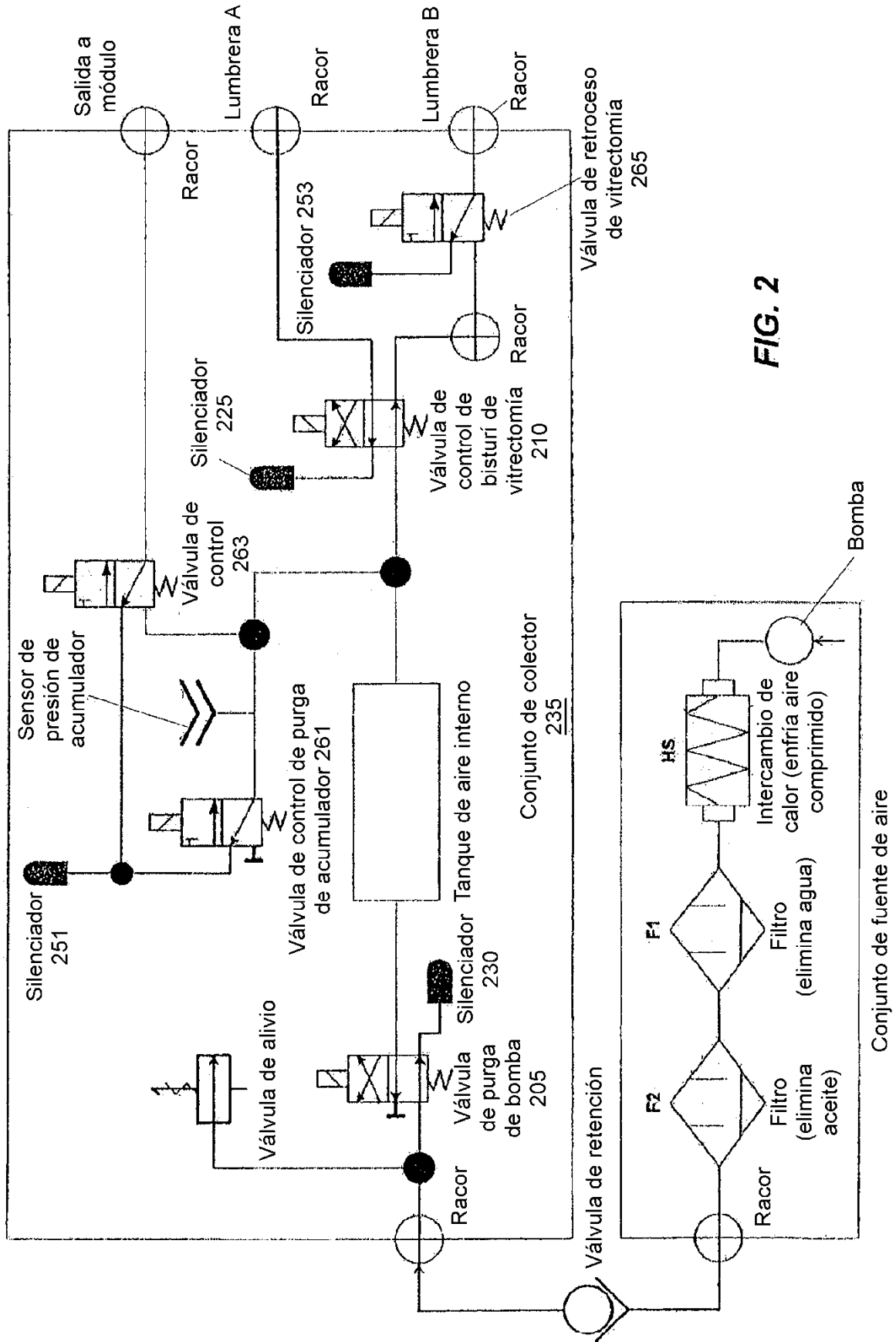
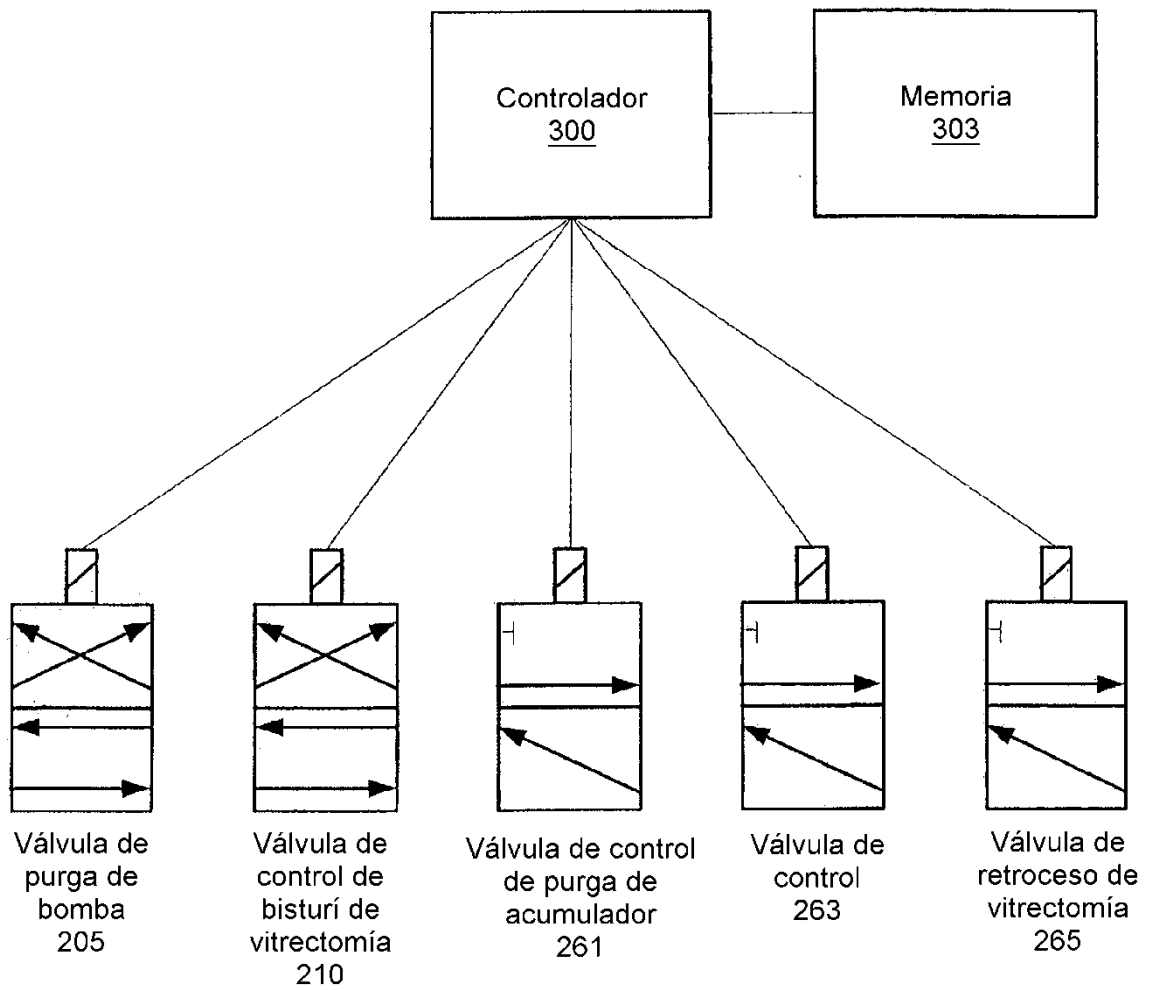
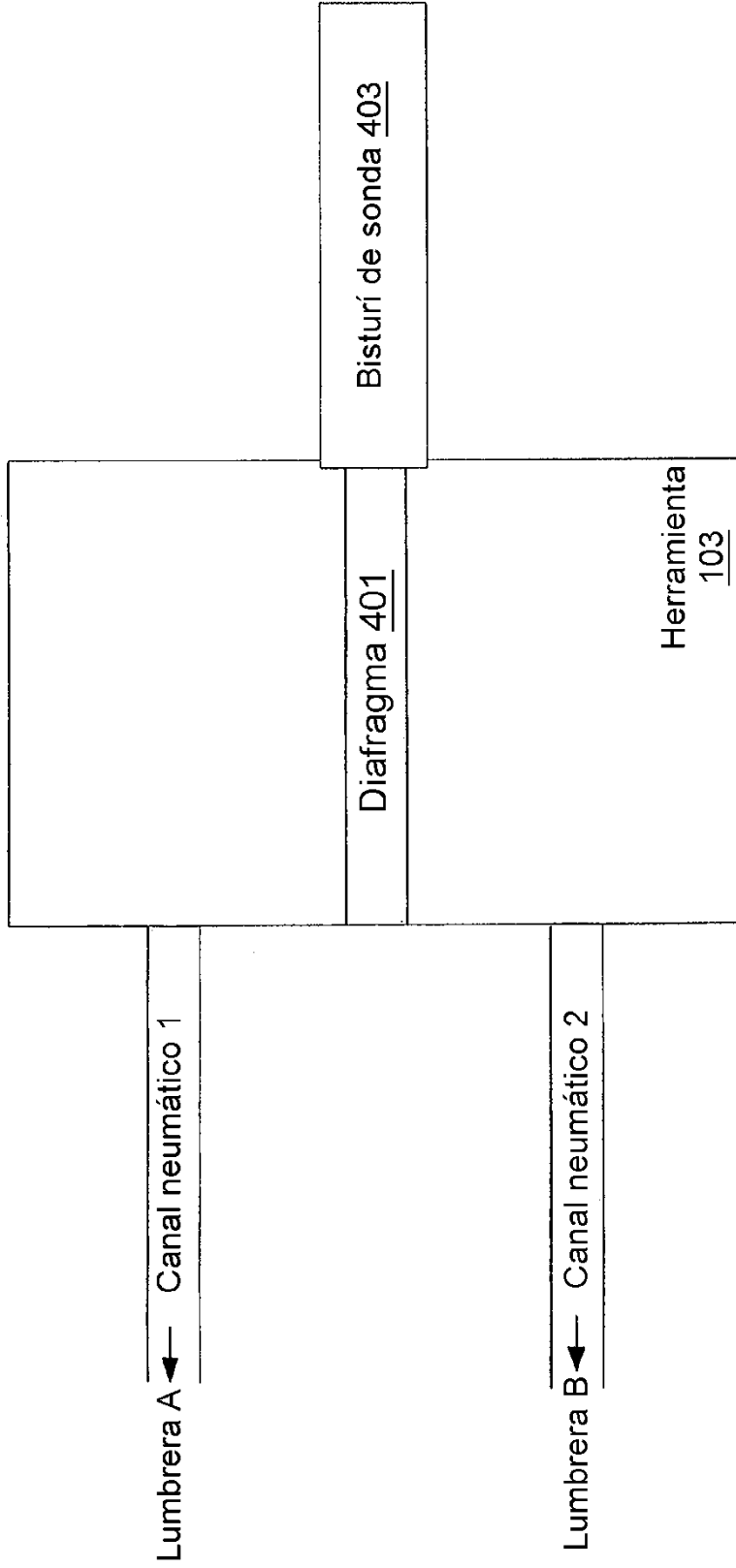


FIG. 2



**FIG. 3**



**FIG. 4**

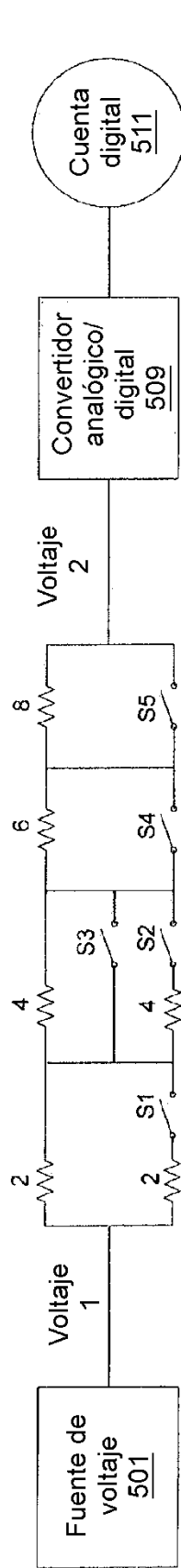


FIG. 5a

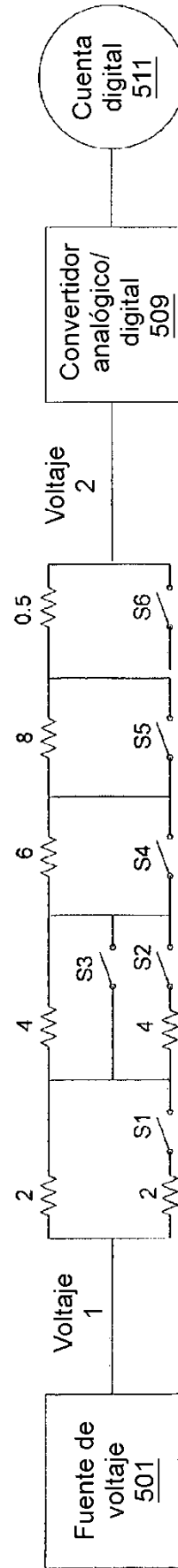


FIG. 5b



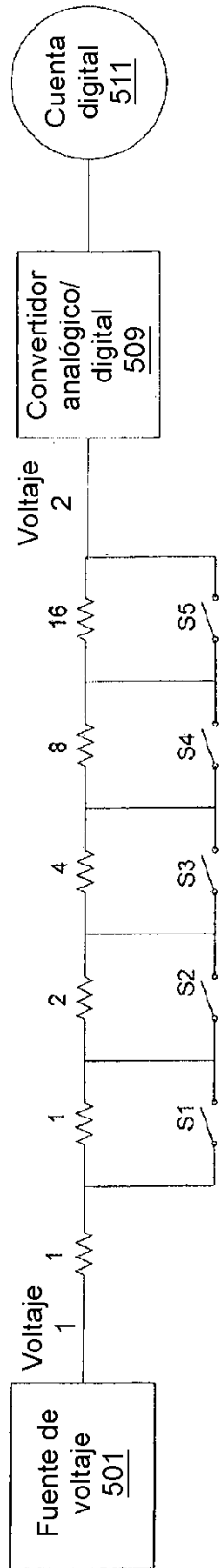


FIG. 5c

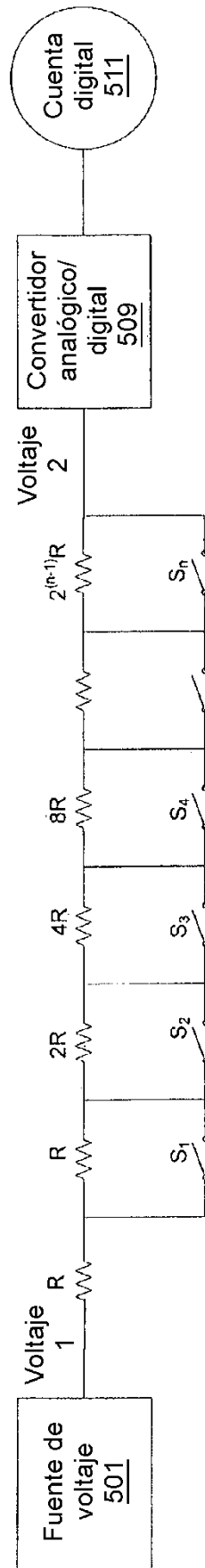


FIG. 5d

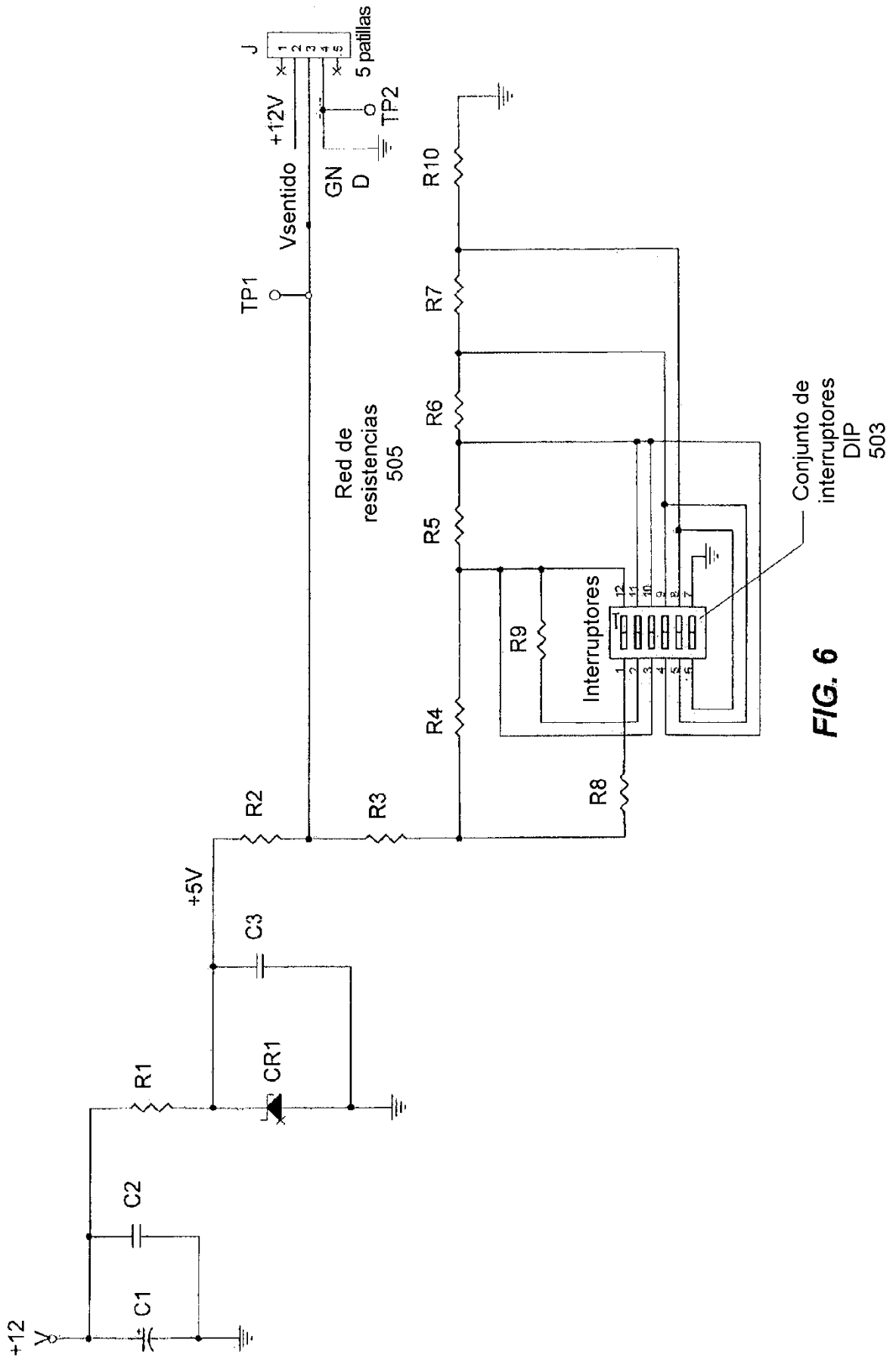


FIG. 6

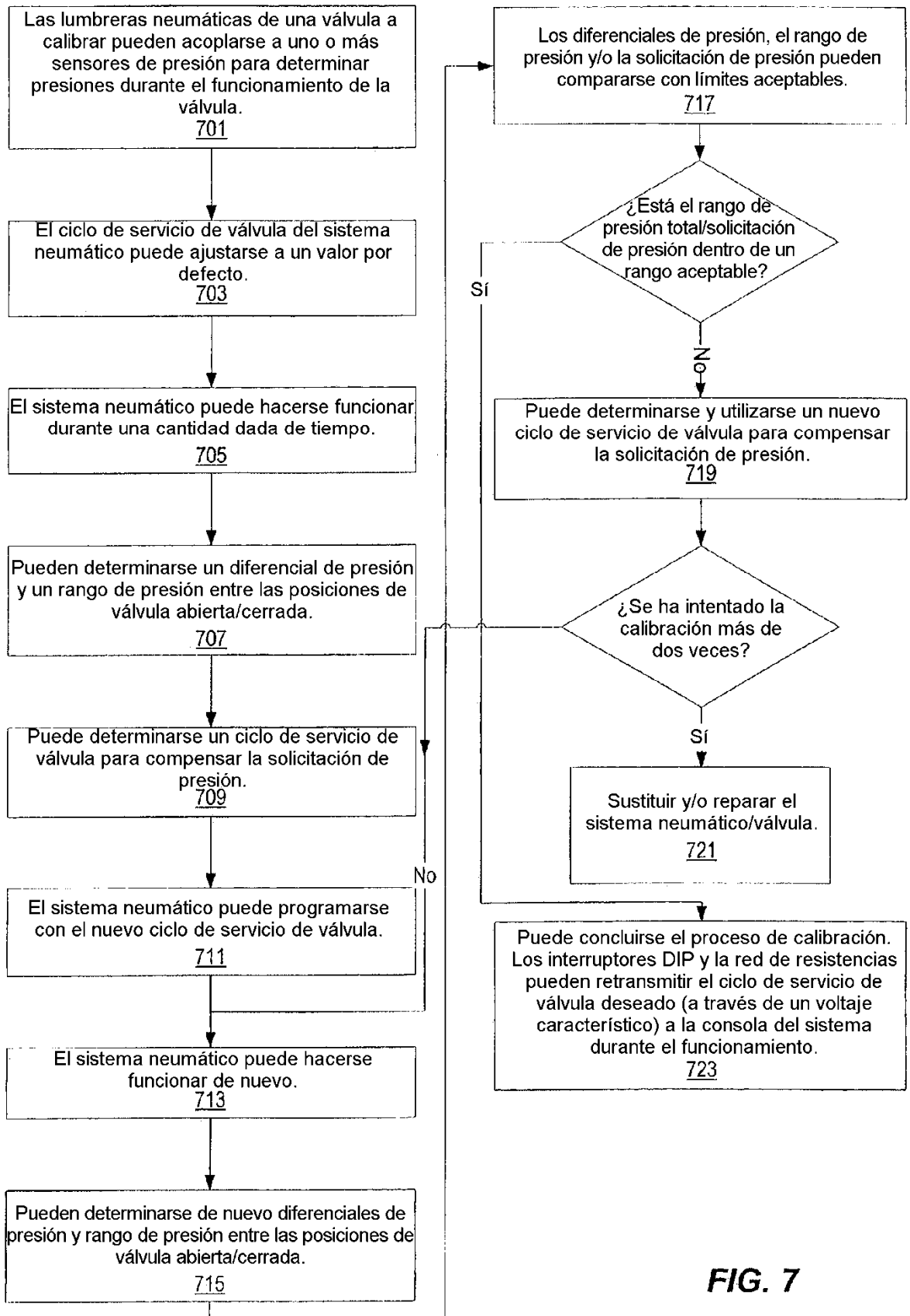
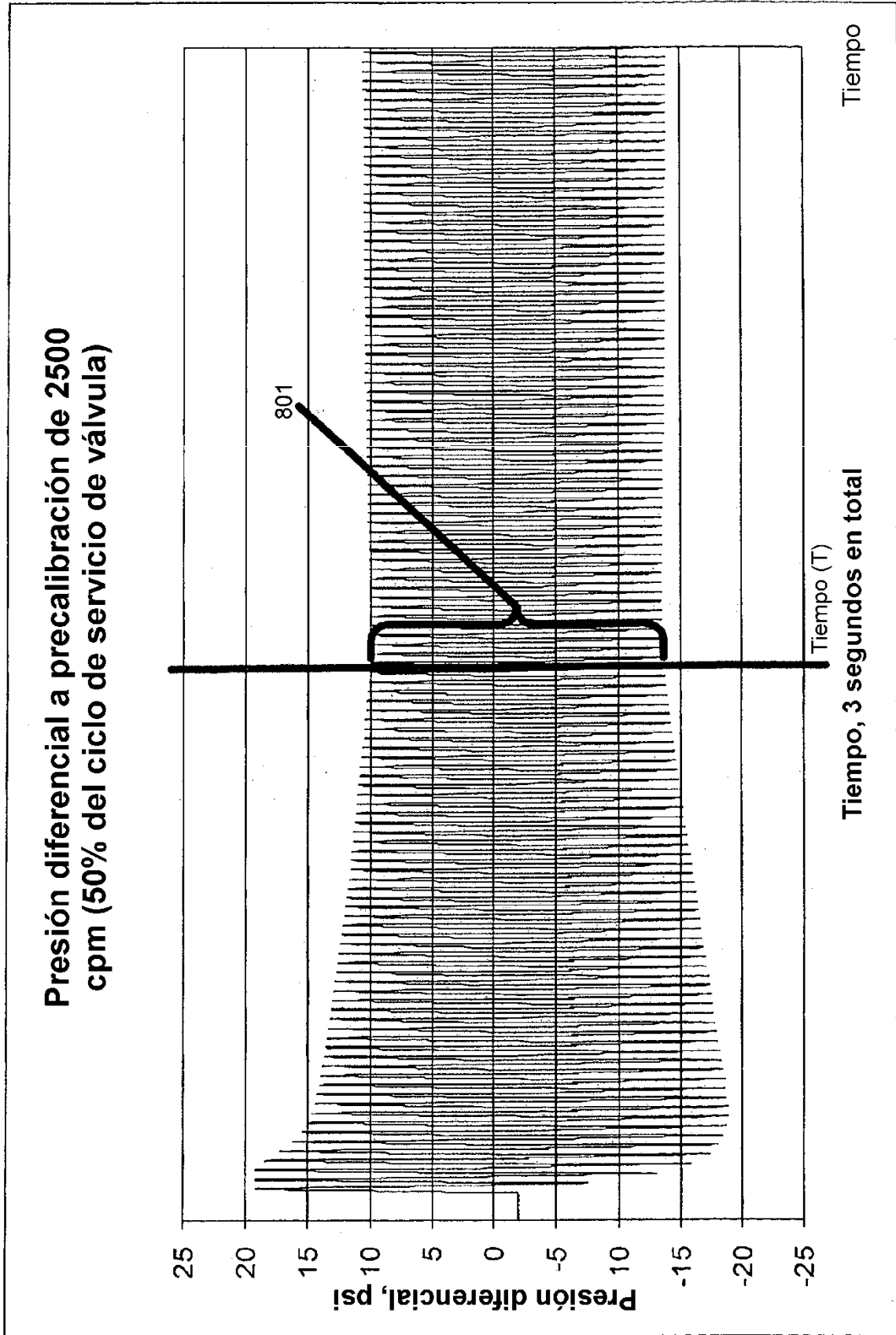
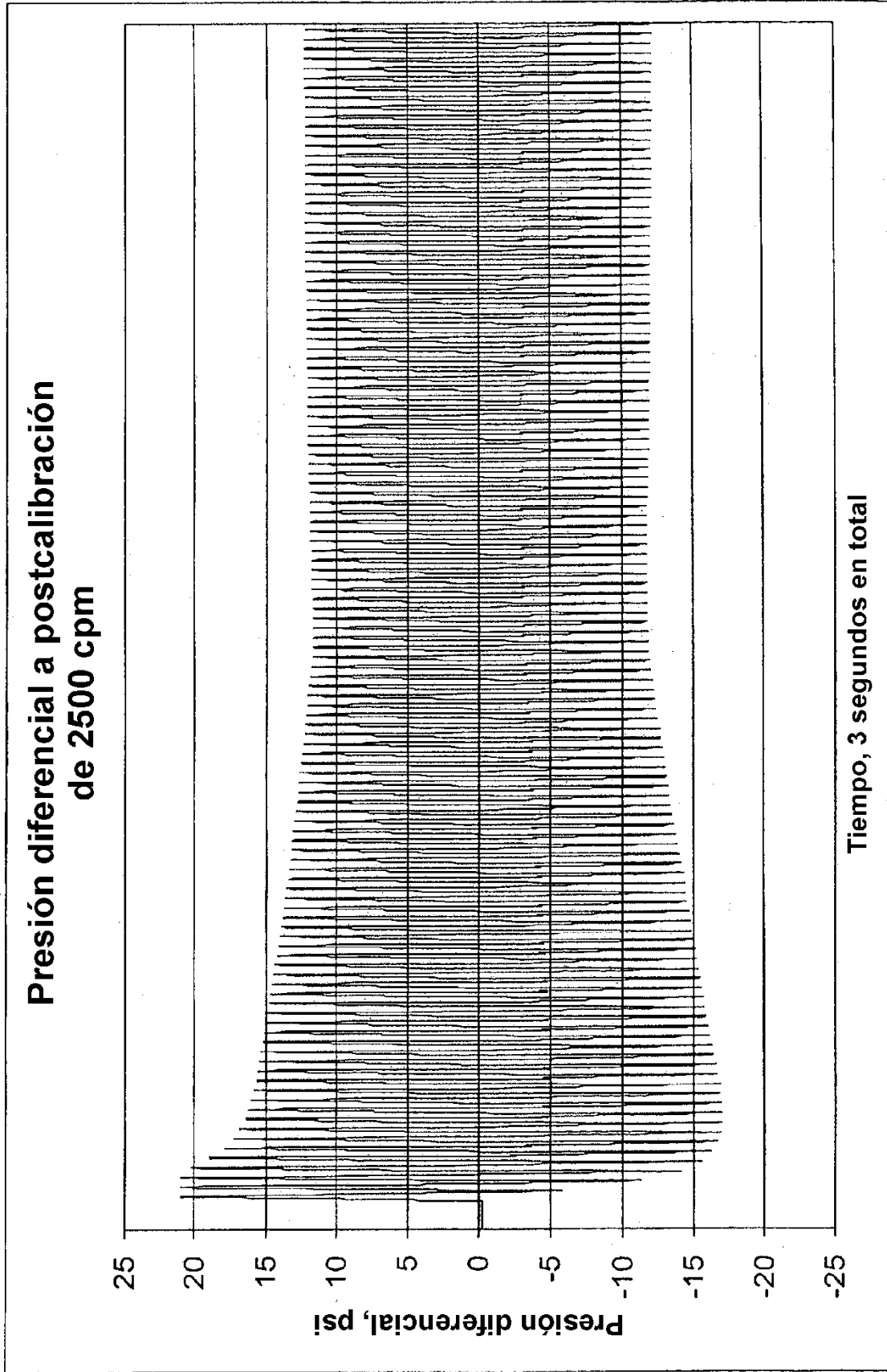


FIG. 7



**FIG. 8a**



**FIG. 8b**

Ajustes de interruptores DIP	Voltaje de salida	Cuenta digital	Ciclo de servicio de válvula correspondiente
S1=1; S2=0; S3=0; S4=1; S5=1; S6=0	1.674	342	48.5%
S1=1; S2=0; S3=1; S4=0; S5=1; S6=0	2.183	447	49.5%
S1=1; S2=1; S3=0; S4=0; S5=1; S6=0	2.646	541	50.5%

Tabla de calibración  
901

**FIG. 9**