

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 368 367**

51 Int. Cl.:
A61F 9/007 (2006.01)
A61M 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08868429 .5**
96 Fecha de presentación: **18.12.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2240142**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.10.2010**

54 Título: **FILTRO DE AIRE PARA SISTEMA QUIRÚRGICO OFTÁLMICO.**

30 Prioridad:
21.12.2007 US 16001
13.11.2008 US 270209

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.11.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.11.2011

73 Titular/es:
BAUSCH & LOMB INCORPORATED
ONE BAUSCH & LOMB PLACE
ROCHESTER, NY 14604-2701, US

72 Inventor/es:
JONES, Ross, Peter

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 368 367 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

Filtro de aire para sistema quirúrgico oftálmico

5 Campo

La presente invención se refiere a la detección de la tasa de flujo de aspiración en un sistema de bombeo quirúrgico. Más en concreto, la presente solicitud se dirige a la medición de flujo en sistemas de bombeo microquirúrgicos oftálmicos.

10

Antecedentes

Las descripciones de esta sección no hacen sino proporcionar información acerca de la técnica anterior relacionada con la presente descripción y pueden no constituir técnica anterior.

15

El flujo y la tasa de flujo de fluidos a través de un tubo de aspiración es de interés durante las operaciones, incluyendo las operaciones oftálmicas. Durante microcirugía oftálmica, se introducen sondas pequeñas en un lugar operativo para quitar tejidos y se puede infundir fluidos al lugar operativo a través de las sondas. También se pueden aspirar fluidos de infusión del lugar. También se pueden acoplar casetes quirúrgicas a sondas quirúrgicas, para realizar la recogida de fluidos aspirados. La medición de la tasa de flujo de aspiración quirúrgica puede ser valiosa porque puede proporcionar un control seguro del equipo quirúrgico oftálmico. Sin embargo, el paso de burbujas de aire, entre otros factores, dentro de los dispositivos de medición de aspiración puede hacer que la medición de la tasa de flujo sea difícil de lograr. Tal sistema se describe en US 3.693.613, que no describe la generación de una señal filtrada.

20

Por lo tanto, sería deseable incorporar medios de filtración o desviación de aire a una casete quirúrgica desechable para permitir la medición exacta de la tasa de flujo quitando o reduciendo en gran medida cualquier efecto de las burbujas de aire.

30 Resumen

La presente descripción se refiere a sistemas quirúrgicos oftálmicos en los que se facilita un sistema de medición de flujo de aspiración. Según una realización de un sistema de medición de flujo de aspiración, se facilita un canal de flujo para recibir un flujo de fluido de aspiración a su través. El sistema de medición de flujo incluye además un aparato de medición de flujo de aspiración que está configurado para generar una señal indicativa de la tasa de flujo de fluido a través del canal de flujo. Un sistema de control está configurado para supervisar las señales generadas por el aparato de medición de flujo de aspiración, y para determinar cuándo un valor de señal es indicativo de una perturbación producida por la presencia de una burbuja de aire, donde el sistema de control genera una señal filtrada indicativa de la tasa de flujo que excluye cualesquiera valores de señal que sean indicativos de una perturbación.

35

Otros ámbitos de aplicabilidad serán evidentes por la descripción dada aquí. Se deberá entender que la descripción y los ejemplos específicos se ofrecen a efectos de ilustración solamente y no tienen la finalidad de limitar el alcance de la presente descripción.

45 Breve descripción de los dibujos

Los dibujos aquí descritos son a efectos de ilustración solamente y no tienen la finalidad de limitar el alcance de la presente descripción de ninguna forma.

50 La figura 1 es una vista en perspectiva cortada de parte de un alojamiento para una realización de un dispositivo de flujo para un sistema quirúrgico oftálmico según la presente descripción.

La figura 2 representa una consola incluyendo un sensor de medición de flujo de aspiración según la presente descripción.

55

La figura 3 representa un gráfico de una señal de medición de flujo de aspiración que refleja una tasa nominal de flujo y la aparición de una perturbación.

La figura 4 representa un gráfico de una señal de medición de flujo de aspiración que refleja un número de apariciones de perturbación del flujo.

60

La figura 5 representa un gráfico de una señal sin procesar de medición de flujo de aspiración y una señal filtrada de medición de flujo según la presente descripción.

65 La figura 6 representa un gráfico de una señal de medición de flujo de aspiración con una perturbación, y una señal filtrada de medición de flujo según la presente descripción.

La figura 7 representa un gráfico de una señal de medición de flujo de aspiración con una perturbación que excede de un período de tiempo predeterminado según la presente descripción.

5 La figura 8 representa un gráfico de una señal de medición de flujo de aspiración en la que los valores de señal indican una tasa alta de aumento o un escalón en la tasa de flujo, según la presente descripción.

La figura 9 representa una señal de datos sin procesar que tiene numerosos valores pico de señal asociados con perturbaciones por burbuja de aire, que son excluidos de una señal filtrada calculada durante períodos de perturbación.

Y la figura 10 representa una señal de datos sin procesar que tiene numerosos valores pico de señal asociados con perturbaciones por burbuja de aire que son excluidos de una señal filtrada, donde una señal de error es enviada durante las perturbaciones más grandes que un período de tiempo predeterminado.

15 La figura 11 representa un diagrama de flujo de un método para filtrar una señal de medición de flujo según la presente descripción.

Y la figura 12 representa un diagrama de señal que ilustra un método lógico alternativo para filtrar una señal de medición de flujo según la presente descripción.

Descripción detallada

La descripción siguiente es de naturaleza simplemente ejemplar y no tiene la finalidad de limitar la presente descripción, aplicación o usos. Se deberá entender que en todos los dibujos, números de referencia correspondientes indican partes y características análogas o correspondientes.

En las varias realizaciones se facilitan unos medios de control de medición de flujo de aspiración para un sistema quirúrgico oftálmico que está configurado para filtrar el efecto de burbujas de aire en la medición de flujo. Los sistemas quirúrgicos oftálmicos pueden incluir una casete en la que se puede incorporar un sistema de medición de flujo de aspiración. Los sistemas oftálmicos también pueden tener bucles de control de realimentación, donde una señal procedente de unos medios de medición de flujo en el recorrido de flujo de aspiración es comparada con una tasa de flujo deseada. Entonces se envían señales a un dispositivo de control de vacío, tal como una válvula proporcional, para aumentar o disminuir la tasa de flujo. Un ejemplo de una porción de tal casete o sistema de control de flujo se representa en la figura 1. Un alojamiento de casete parcial 100 incluye una cámara de terminales de electrodo 102 que tiene una entrada 104 y una salida 106. La porción de la casete no representada es esencialmente la porción de depósito de recogida y conexiones de tubos, que pueden ser cualquier casete conocida para cirugía oftálmica. La entrada 104 a la cámara de terminales de electrodo está en comunicación con un canal de flujo 108, para recibir fluidos aspirado de un lugar quirúrgico. El fluido que fluye a través de la cámara de terminales de electrodo 102 incluye generalmente una solución salina conductora eléctrica. La cámara de terminales de electrodo 102 incluye además terminales de electrodo primero y segundo 130 y 140 dispuestos uno enfrente de otro en una relación separada, que consiguientemente generan al menos una señal eléctrica indicativa de la tasa de flujo del fluido que fluye a través de la cámara de terminales de electrodo 102. El flujo de fluidos a través de la cámara de terminales del alojamiento 100 puede ser detectado por un sensor de efecto Hall en una consola 200, representada en la figura 2. El flujo de fluidos a través del alojamiento 100 se recibe preferiblemente dentro de una casete de recogida 206. El sensor de efecto Hall no se representa en la figura 1, pero se describe en las Patentes de Estados Unidos 6.599.277 y 6.634.237. El sensor de efecto Hall está colocado operativamente con relación a los electrodos 130 y 140.

Como se representa en la figura 2, los electrodos y el sensor de efecto Hall están conectados a un procesador 202 mediante la conexión 204. Sin embargo, dado que el efecto Hall genera una señal eléctrica muy pequeña debido a bajas sensibilidades de campo, las burbujas de aire dentro del fluido pueden emitir la señal generada en los terminales y afectar adversamente o evitar temporalmente la capacidad de detección de flujo del sistema de bombeo quirúrgico oftálmico. Las burbujas de aire perturban la señal de sensor porque el sensor Hall se basa en la conductividad eléctrica a través del fluido entre los dos electrodos. Pequeñas burbujas pueden crear perturbaciones de la señal distorsionando el recorrido del campo eléctrico entre los electrodos. Igualmente, las burbujas grandes pueden crear perturbaciones de la señal interrumpiendo la conductividad o el recorrido entre los electrodos. Se deberá indicar que ningún efecto depende de la magnitud de la señal.

Según un aspecto de la presente solicitud, un sistema de control de medición de flujo está configurado para identificar la presencia de burbujas de aire en el flujo de fluido aspirado, o para detectar una porción de una señal de medición de flujo que refleja una burbuja de aire en el flujo de fluido aspirado. Las porciones o los segmentos de la señal de flujo de aspiración que son generados cuando una burbuja de aire está presente o cerca de los terminales de electrodo de detección de flujo 130 y 140, pueden producir un pico erróneo en la señal de tasa de flujo detectada, como se representa en la figura 3.

Con referencia a la figura 3 se representa un gráfico de una señal de medición de flujo de aspiración que refleja una tasa nominal de flujo superior a cero ml/min. La porción de la señal de flujo de aspiración que comienza a aproximadamente 21,95 segundos y termina a aproximadamente 22,1 segundos, incluye un pico anómalo que excede de una tasa de flujo de 50 ml/min. Este pico de señal es indicativo de la presencia de una burbuja de aire que está presente en o cerca de la cámara de flujo 102.

Donde es posible, el sistema de control de medición de flujo está configurado para quitar el artefacto o la porción errónea de la señal de flujo que se genera cuando una burbuja de aire está presente o cerca de la cámara de flujo 102. Tal extracción permite proporcionar una señal filtrada, como se representa en la figura 4. La señal filtrada no queda afectada por ningún pico hallado dentro de la señal sin procesar (representada en la figura 4) que es generada por los medios de medición de flujo de aspiración.

Esta característica es significativa porque las burbujas de aire pueden producir problemas de sobrepresión o adaptación, o indicar un ajuste flojo. Por lo tanto, la detección de perturbaciones de la señal asociadas con burbujas de aire permite procedimientos quirúrgicos oftálmicos más seguros. Además, la provisión de errores o artefactos de señal de flujo debidos a la presencia de burbujas permite que cualquier sistema de control basado en una señal de flujómetro opere de forma más segura dado que la señal sin procesar 250 es convertida a una señal filtrada 260 que refleja exactamente los aumentos de la tasa de flujo sin el efecto de picos o fluctuaciones en la señal sin procesar 250 representada en la figura 5.

Según otro aspecto de la presente descripción se facilita un algoritmo para detectar y quitar porciones erróneas de una señal de medición de flujo de aspiración. El algoritmo trata esencialmente las perturbaciones de la señal debidas a burbujas de aire procesando la señal usando un filtro. En la primera realización de un sistema de control de medición de flujo, el algoritmo o sistema de control emplea un filtro de media de aproximadamente 0,1 segundo de largo, como se representa en la figura 6, en cuyo periodo se representa una perturbación en 270. Se ha hallado que el filtro de media anterior es efectivo para quitar perturbaciones debidas a todas las burbujas de aire menos las más grandes. El filtro de media de 0,1 segundo también puede manejar varias burbujas en sucesión rápida. Además, el filtro quita el ruido de la señal de flujo, que en su mayor parte se debe a la interferencia producida por el voltaje de la línea de corriente alterna.

La realización antes descrita emplea un filtro de media más bien que un filtro promedio lineal, pero también se podría emplear un filtro promedio lineal, o combinaciones de filtración de media y promedio. Por ejemplo, el algoritmo podría promediar la ventana de datos de señal entre los percentiles 40 y 60 del valor de la tasa de flujo. El filtro de media de 0,1 segundo en la primera realización es la realización de filtro preferida, dado que responde rápidamente a las perturbaciones de la señal o transitorios monotónicos (por ejemplo, escalones en el flujo como se representa en la figura 8).

Más específicamente, el algoritmo de la primera realización detecta una perturbación de señal en base al establecimiento de un umbral para el tamaño de señal, la tasa de cambio con el tiempo (primera derivada), la aceleración (segunda derivada), o una combinación de umbrales de ambas. El tamaño de señal y tasa de cambio se pueden derivar, por ejemplo, usando una primera derivada (tasa de cambio con el tiempo) y una segunda derivada.

Con respecto al procesado de señal del sistema de control, la señal sin procesar de medición de flujo en la primera realización es muestreada o enviada preferiblemente a 500 Hz. En cada muestra medida, se ajusta una función cuadrática a una ventana de 10 muestras. La ventana de 10 muestras corresponde a un ciclo de corriente alterna (a 50 Hz), y, por lo tanto, no es sensible a fluctuaciones sinusoidales debidas a cruce de forma de onda de la red o fuente de voltaje de línea. El ajuste produce coeficientes C0 (un término constante), c/ (un término lineal) y c2 (un término cuadrático), que se introducen en una matriz vectorial de 3 x 1:

$$c = \begin{pmatrix} c0 \\ c1 \\ c2 \end{pmatrix}$$

En un proceso de calibración, el valor promedio de c, σ , y su matriz de covarianza C son calculados a partir de datos que representan condiciones operativas normales (es decir - con transitorios de flujo normales y sin perturbaciones de la señal). A partir de las condiciones operativas normales, C se puede poner a cero y C a la matriz diagonal siguiente:

$$C = \begin{pmatrix} n^2 & 0 & 0 \\ 0 & (nf)^2 & 0 \\ 0 & 0 & (nf^2)^2 \end{pmatrix}$$

donde n es la amplitud de ruido típica de la señal de flujo medida y f es una frecuencia característica relacionada con la longitud de ventana para el ajuste cuadrático (ventana de 10 muestras correspondientes a 50 Hz).

$$\sigma = \sqrt{(c - \bar{c})^T C^{-1} (c - \bar{c})} \geq 3 \quad (1), \text{ o}$$

$$c0 < \text{Cero} \quad (2)$$

5

Se determinó que se produce una perturbación de señal cuando:

10 donde la primera condición (1) identifica cuándo la señal difiere de comportamiento normal en más de tres desviaciones estándar, y la segunda condición (2) identifica cuándo la medición de flujo es negativa. La primera condición (1) pone consiguientemente un umbral de amplitud de señal, más allá del que se determina que se ha producido una perturbación de señal. La segunda condición (2) indica una perturbación de señal porque no se esperan flujos negativos en la aplicación de flujo de aspiración para procedimientos quirúrgicos oftálmicos. Sin embargo, esta segunda condición (2) se podría quitar donde puedan tener lugar condiciones de flujo negativo o inverso en otras aplicaciones.

15

Un sistema de control puede utilizar las ecuaciones de procesamiento de señal anteriores para determinar la aparición de una perturbación cuando un valor excede de un umbral. Alternativamente, el sistema de control puede determinar la aparición de una perturbación al detectar una tasa de flujo inusualmente alta, una tasa inusualmente alta de cambio de la tasa de flujo, y una segunda derivada inusualmente alta, o sus combinaciones.

20

Preferiblemente, el control está configurado para calcular una señal filtrada en base a un número predeterminado de valores de muestra de señal que caen dentro de un período de tiempo predeterminado, donde cualesquiera muestras de valor de señal que sean indicativas de una perturbación por burbuja de aire son excluidas de tal manera que la señal filtrada se base en las muestras de valor de señal restantes dentro de un tiempo predeterminado. En la realización preferida, se usa una ventana de 50 muestras para calcular la señal filtrada. Se excluyen las muestras en las que se determine que se ha producido una perturbación de señal, y la señal filtrada es la media de las muestras restantes. Si se determina que las 50 muestras son perturbaciones, de tal manera que el filtro de media no tenga datos con los que operar durante la perturbación, se puede enviar una señal de error. Así, donde tiene lugar una perturbación de señal larga, el sistema de control está configurado para enviar una señal de error.

30

Con referencia a la figura 7, cuando la señal de medición de flujo de aspiración incluya perturbaciones de la señal 280 que duran más que la longitud de ventana media de 0,1 segundos, el filtro de media no será capaz de quitar la perturbación. En este caso, el algoritmo genera una señal de error que será enviada cuando una proporción grande de la ventana de 0,1 segundo tenga una perturbación de señal. El uso de un filtro de media retarda la salida de la señal filtrada, de tal manera que las muestras de señal erróneas puedan ser excluidas. Para una ventana media de 35 50 muestras (usada al calcular la señal de filtro), la señal filtrada es retardada 25 muestras, es decir 0,05 segundos con respecto a la señal sin procesar. Se ha hallado en particular que esta respuesta temporal del filtro de media es muy buena para transitorios que son monotónicos de la ventana, por ejemplo para funciones de escalón o incrementos escalonados de las tasas de flujo. Las oscilaciones con un período igual al tamaño de ventana o menos 40 son atenuadas fuertemente. Para una ventana de 50 muestras, esto significa que se atenúan las oscilaciones a 10 Hz y más altas. Igualmente, un pico de señal de menos de 25 muestras, o una duración de 0,05 muestras, son ignorados.

45

Cuando el algoritmo de flujo envía una señal de error, el sistema de control puede responder a la señal de error, y pasar a un seguro modo, en una de dos formas. En el período corto (por ejemplo < 1 segundo), el algoritmo o sistema de control puede asumir que el sistema tiene una resistencia fluidica fija, y asumir una constante de proporcionalidad entre presión y flujo al aplicar una presión. La presión es proporcional a la tasa de flujo demandada por el sistema (o un cirujano). Al determinar una presión, la resistencia al flujo más bajo observada medida durante un período de tiempo precedente (por ejemplo, los últimos 30 segundos o el último minuto) sería un valor fiable a 50 usar, y no generaría presión excesiva. En el período largo (por ejemplo > 1 segundo), el sistema de control puede

volver al modo de vacío, y alertar al cirujano del error de medición de flujo y conmutar al modo de vacío.

Las figuras 8 a 10 muestran ejemplos de los resultados del algoritmo y sistema de control. En la figura 8, los valores de señal indicativos de una tasa alta de aumento, o que exceden de un umbral, hacen que el sistema o algoritmo de control determinen una perturbación donde aparece un aumento brusco de la tasa de flujo. La figura 9 representa una señal de datos sin procesar que tiene oscilaciones y numerosos picos, donde los picos están asociados con una burbuja de aire. El sistema o algoritmo de control detecta y excluye valores de señal asociados con los picos para proporcionar o enviar una señal filtrada, como se representa en la figura 9.

El sistema de control está configurado preferiblemente para generar una señal indicativa de una perturbación por burbuja de aire durante la aparición de un número de muestras de señal consecutivas que exceden del umbral predeterminado. Con referencia a la figura 10, el sistema o algoritmo de control pueden detectar valores de señal que exceden de un umbral o son indicativos de una alta tasa de aumento, y excluir tales valores de señal del cálculo de la señal filtrada, para proporcionar una señal filtrada que no cambie de forma significativa durante el pico. Las porciones de la señal sin procesar que se ha determinado que son perturbaciones se indican por la barra sólida gruesa 290 a lo largo del eje horizontal de tiempo.

El sistema de control también está configurado para generar una señal de error al detectar un número de muestras de señal que son indicativas de una perturbación por burbuja de aire, número de señales que dura más de un período de tiempo predeterminado. Donde la perturbación es mayor que un período de tiempo predeterminado o ventana de mediciones de muestra, el sistema de control envía una señal de error que se indica en la figura 10 con la barra delineada 295 en el eje horizontal de tiempo.

Con referencia a la figura 11 se representa un diagrama de flujo de la lógica que puede ser implementada por el procesador 202. El inicio del diagrama de flujo representa la recepción de información de señal sin procesar del sensor, donde el muestreo de señal es adquirido a una frecuencia de 500 Hz. En el paso 300, el diagrama de flujo guarda un valor de muestra de señal sin procesar adquirido de un sensor de flujo. En el paso 310, una función cuadrática se puede ajustar, por ejemplo, en las 10 muestras almacenadas más recientes. En el paso 320 se puede calcular una desviación estándar, para determinar si un umbral es excedido por un valor calculado o valor de señal. Se deberá indicar que un procedimiento de calibración puede ser realizado inicialmente en fábrica, calibración que puede determinar el valor medio del vector de señal y la matriz de covarianza, para uso al determinar la desviación estándar en la ecuación (1), por ejemplo. Una perturbación de señal puede ser detectada por un umbral precisamente a partir de los valores de señales de flujo, tales como una tasa de flujo inusualmente alta, una tasa inusualmente alta de cambio de tasa de flujo, o aceleración, por ejemplo. En el gráfico lógico, representado en la figura 11, una perturbación de señal es detectada preferiblemente en el paso 330 donde una muestra de señal difiere del comportamiento normal en más de tres desviaciones estándar (cuando la desviación estándar > 3), o donde la muestra indica un valor de flujo negativo (flujo < 0).

Si se determina que una muestra de señal sin procesar excede de un umbral como se ha explicado anteriormente, se marca la muestra de señal sin procesar o se excluye de otro modo en el paso 340 del cálculo de una señal filtrada. En el paso 340, el gráfico lógico o algoritmo usa, por ejemplo, una ventana de 50 muestras (filtro de media de 0,1 segundo en base a una tasa de muestreo de 500 Hz) para establecer una ventana de filtro de media, y calcula una señal filtrada en base a la ventana de 50 muestras. La señal filtrada calculada en base a una ventana de 50 muestras es retardada con respecto a la señal sin procesar 25 muestras, y excluye las muestras que superen un umbral y que sean indicativas de una perturbación producida por la presencia de una burbuja de aire. En el paso 350, el algoritmo determina si el número de muestras de señal consecutivas que exceden de un umbral es superior a 50 muestras. Si es menos de 50, una señal filtrada en base a muestras que no exceden del umbral es enviada en el paso 360. Para perturbaciones de la señal que duran más de la longitud de ventana media de 50 muestras o 0,1 segundos, el filtro de media no será capaz de quitar la perturbación. Así, donde el número de muestras de señal consecutivas excede de 50, se envía una señal de error en el paso 370.

Como se representa en la figura 10, cuando se detecta una perturbación de señal, la perturbación se indica por una barra sólida gruesa 290 en el eje de tiempo, y se indica una señal de error con una barra clara 295 en el eje de tiempo.

Usando el proceso anterior, las oscilaciones dentro de un período igual al tamaño de ventana o menos son atenuadas fuertemente. Por ejemplo, con una ventana de 50 muestras, las oscilaciones a una frecuencia de 10 Hz y más alta son atenuadas. Se excluyen e ignoran los picos de señal de menos de 25 muestras. Consiguientemente, el proceso anterior puede ser incluido en un método para filtrar una señal de medición de flujo de aspiración. El método implica recibir un flujo de fluido de aspiración a través de un canal de flujo, y generar una señal sin procesar indicativa de la tasa de flujo de fluido a través del canal de flujo. El método incluye el paso de supervisar la señal sin procesar generada por el sensor de flujo de aspiración, para determinar cuándo un valor de señal es indicativo de una perturbación producida por la presencia de una burbuja de aire en base a cuándo el valor de señal excede de un umbral predeterminado. Según el método, un control supervisa preferiblemente la señal sin procesar. El método incluye el paso de controlar la generación una señal filtrada indicativa de la tasa de flujo que es exclusiva de cualesquiera valores de señal que sean indicativos de una perturbación. El método o control puede estar configurado

para generar una señal indicativa de una perturbación por burbuja de aire durante la aparición de un número de muestras de señal consecutivas que excedan del umbral predeterminado. El método o control puede estar configurado para generar una señal de error al detectar un número de muestras de señal que sean indicativas de una perturbación por burbuja de aire que dura más de un período de tiempo predeterminado.

5
10
15
20
Con referencia a la figura 12, se representa un diagrama de señal que ilustra un método lógico alternativo que puede ser implementado por el controlador o procesador. El método ajusta primero una función cuadrática a una ventana de selección de "N" muestras en el paso 410, para determinar las variables C0, C1, y C2, y después calcula en el paso 420 la desviación asociada con una muestra dentro de la ventana. Donde un umbral ha sido excedido en el paso 430, tal como cuando la desviación calculada difiere de comportamiento normal en más de tres desviaciones estándar, un valor de perturbación se pone = a 1 para una muestra dada; de otro modo el valor de perturbación se pone a 0. El método determina entonces en el paso 440 si el número de muestras perturbadas dentro de una ventana de 50 muestras es superior a 40, y, en respuesta, pone un valor de error = a 1. En el paso 450, se determina una señal filtrada en base al valor medio de muestras no perturbadas dentro de una ventana media de N muestras, que pueden ser 50 muestras, por ejemplo. Se envía una señal de error donde el número de muestras perturbadas excede de 40 en el paso 460, de otro modo se envía una señal filtrada en el paso 470. Se deberá indicar que la señal de error es enviada cuando hay demasiado pocas muestras no perturbadas dentro del filtro de media de 50 muestras para determinar fiablemente un valor medio, y que las muestras perturbadas excluidas no tienen que ser consecutivas para dar lugar a una señal de error.

25
30
Por lo anterior, se puede apreciar que la presente invención proporciona una mejora en el control del flujo de aspiración, al configurar canales de flujo primero y segundo para separar burbujas de aire de la corriente de flujo de fluido para restringir por ello el paso de burbujas de aire a unos medios de medición de flujo de aspiración. La presente invención se ilustra aquí a modo de ejemplo, y las personas con conocimientos ordinarios en la técnica pueden hacer varias modificaciones.

35
40
Se considera que la operación y construcción de la presente invención serán evidentes por la descripción anterior. Aunque el aparato y los métodos representados o descritos anteriormente se han caracterizado como preferidos, se pueden hacer varios cambios y modificaciones en ellos sin apartarse del alcance de la invención definido en las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de medición de flujo de aspiración para un sistema microquirúrgico oftálmico incluyendo:
 - 5 un canal de flujo para recibir un flujo de fluido de aspiración a su través;

un aparato de medición de flujo de aspiración configurado para generar una señal indicativa de la tasa de flujo de fluido a través del canal de flujo; y
 - 10 un sistema de control configurado para supervisar las señales generadas por el aparato de medición de flujo de aspiración, y para determinar cuándo un valor de señal es indicativo de una perturbación producida por la presencia de una burbuja de aire, donde el sistema de control está configurado para generar una señal filtrada indicativa de la tasa de flujo que es exclusiva de cualesquiera valores de señal que sean indicativos de una perturbación.
 - 15 2. El sistema de medición de flujo de aspiración de la reivindicación 1, donde el sistema de control está configurado para determinar cuándo un valor de señal es indicativo de una perturbación producida por la presencia de una burbuja de aire, en base a cuándo el valor de señal excede de un umbral predeterminado.
 - 20 3. El sistema de medición de flujo de aspiración de la reivindicación 2, donde el sistema de control está configurado para determinar cuándo un valor de señal es indicativo de una tasa de flujo detectada que excede de un valor predeterminado.
 - 25 4. El sistema de medición de flujo de aspiración de la reivindicación 1, donde el sistema de control está configurado para determinar cuándo un valor de señal es indicativo de una tasa de cambio detectada que excede de un valor predeterminado.
 - 30 5. El sistema de medición de flujo de aspiración de la reivindicación 1, donde la señal filtrada se basa en un número predeterminado de valores de muestra de señal que caen dentro de un período de tiempo predeterminado, donde cualesquiera muestras de valor de señal que sean indicativas de una perturbación por burbuja de aire quedan excluidos de tal manera que la señal filtrada se base en las muestras de valor de señal restantes dentro de un tiempo predeterminado.
 - 35 6. El sistema de medición de flujo de aspiración de la reivindicación 1 donde el sistema de control está configurado para generar una señal de error indicativa de una perturbación por burbuja de aire al detectar la aparición de un número de muestras de señal consecutivas que exceden del umbral predeterminado.
 - 40 7. El dispositivo de medición de flujo de aspiración de la reivindicación 1, donde el sistema de control está configurado para determinar cuándo más de un número predeterminado de valores de señal dentro de un período de tiempo dado es indicativo de una perturbación por burbuja de aire, y para enviar en respuesta una señal de error.
 - 45 8. El sistema de medición de flujo de aspiración de la reivindicación 1, donde el sistema de control está configurado para ajustar una función cuadrática a un conjunto de muestras de valor de señal, y para determinar cuándo un valor de señal es indicativo de una perturbación por burbuja de aire en base a cuándo la señal difiere de la media del conjunto de valores de señal en más de un número predeterminado de desviaciones estándar.
 - 50 9. El sistema de medición de flujo de aspiración de la reivindicación 1, donde el sistema de control está configurado para determinar cuándo un número de valores de señal indicativo de una perturbación por burbuja de aire tiene lugar durante más de un segundo, y para volver en respuesta a un modo de vacío y enviar una señal de error para alertar a un cirujano de la perturbación.
 - 55 10. Un método para filtrar una señal de medición de flujo de aspiración que es facilitada por un sistema microquirúrgico oftálmico, incluyendo el método:

recibir un flujo de fluido de aspiración a través de un canal de flujo;

generar una señal sin procesar indicativa de la tasa de flujo de fluido a través del canal de flujo;

supervisar la señal sin procesar generada por el sensor de flujo de aspiración para determinar cuándo un valor de señal es indicativo de una perturbación producida por la presencia de una burbuja de aire, en base a cuándo el valor de señal excede de un umbral predeterminado; y

generar una señal filtrada indicativa de la tasa de flujo que es exclusiva de cualesquiera valores de señal que sean indicativos de una perturbación.
 - 65 11. El método de la reivindicación 10, incluyendo además el paso de generar una señal indicativa de una perturbación por burbuja de aire al detectar la aparición de un número de muestras de señal consecutivas que

exceden del umbral predeterminado.

- 5 12. El método de la reivindicación 10, incluyendo además el paso de generar una señal de error al detectar un número de muestras de señal que es indicativo de una perturbación por burbuja de aire que dura más de un período de tiempo predeterminado.

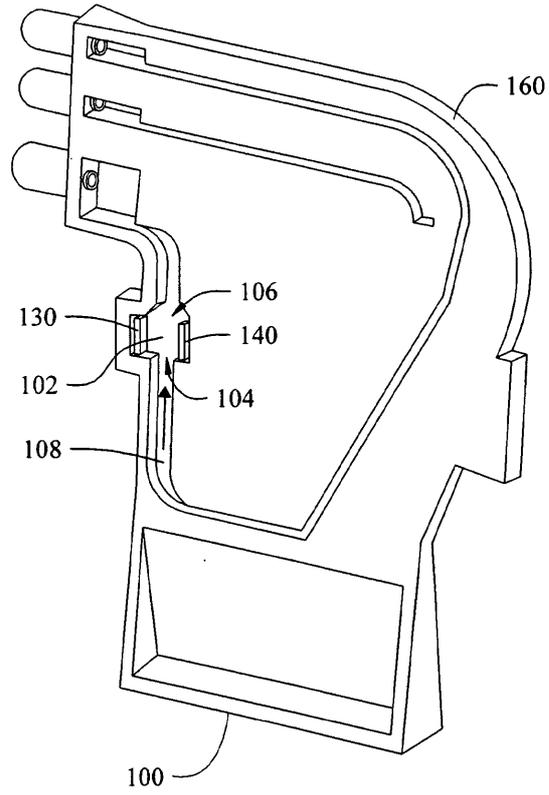


Fig. 1

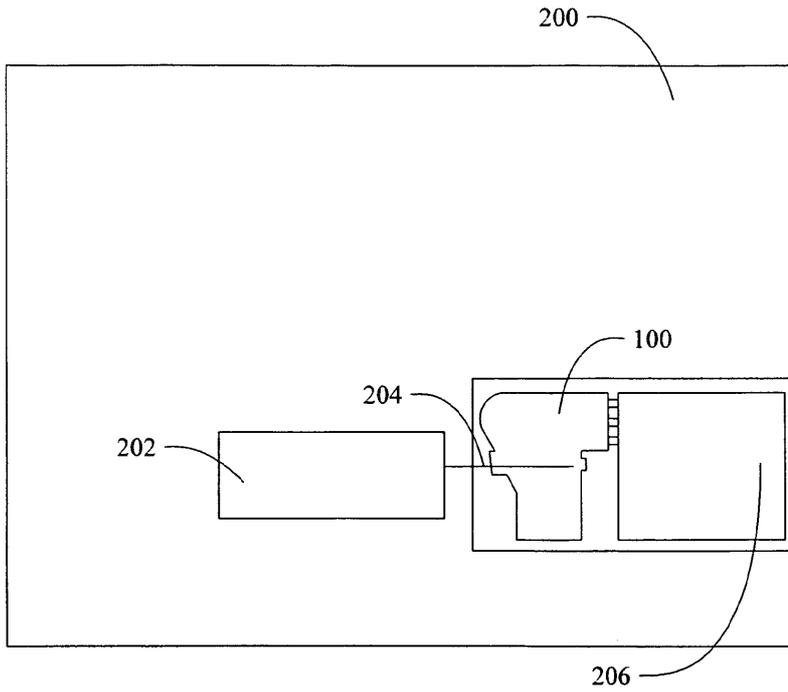


Fig. 2

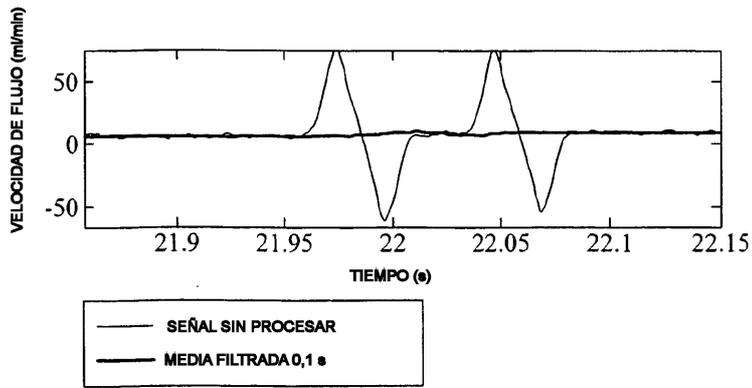


Fig. 3

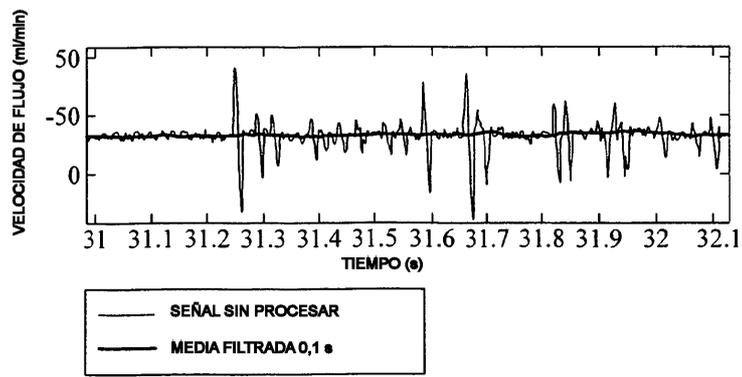


Fig. 4

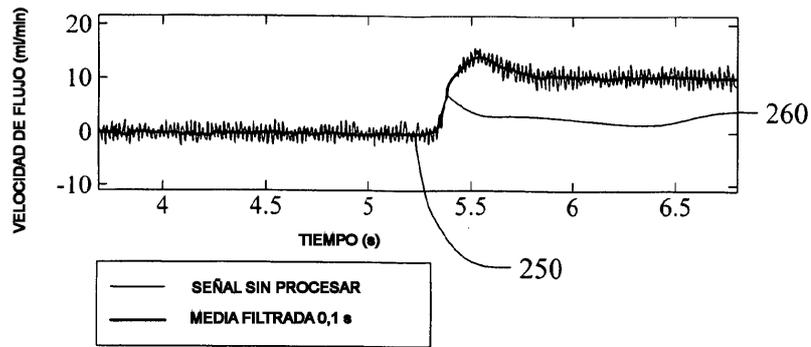


Fig. 5

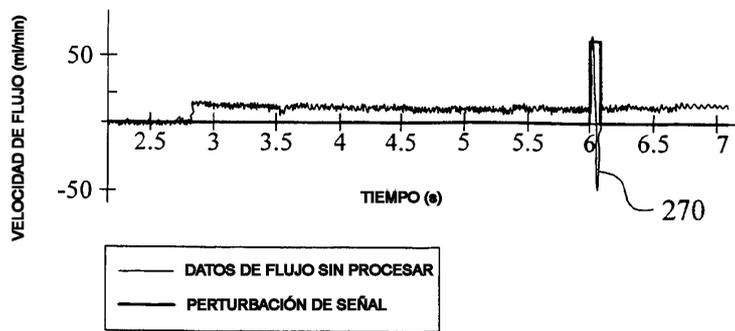


Fig. 6

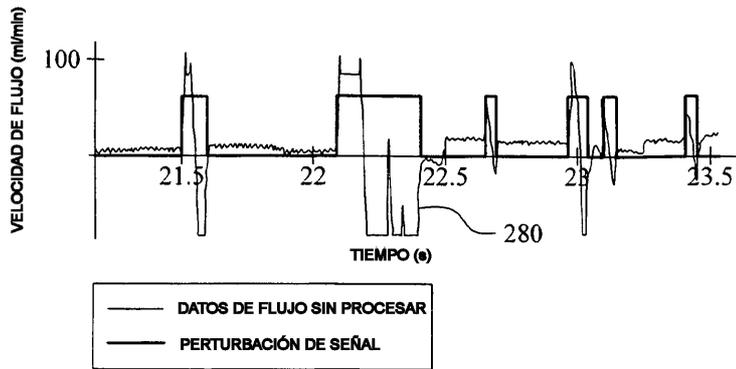


Fig. 7

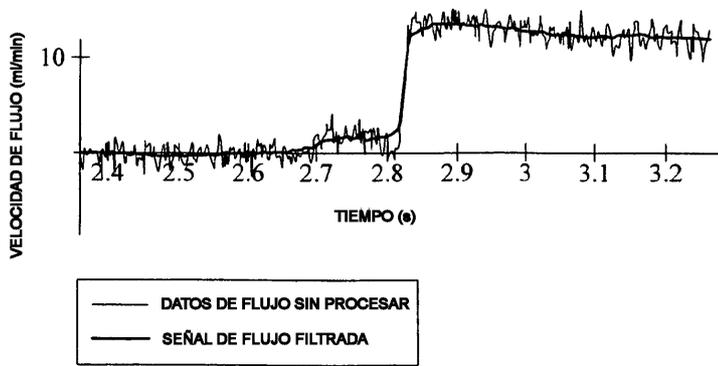


Fig. 8

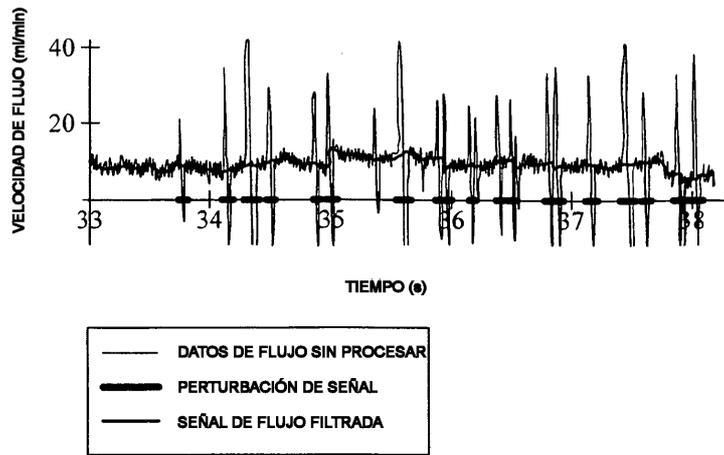


Fig. 9

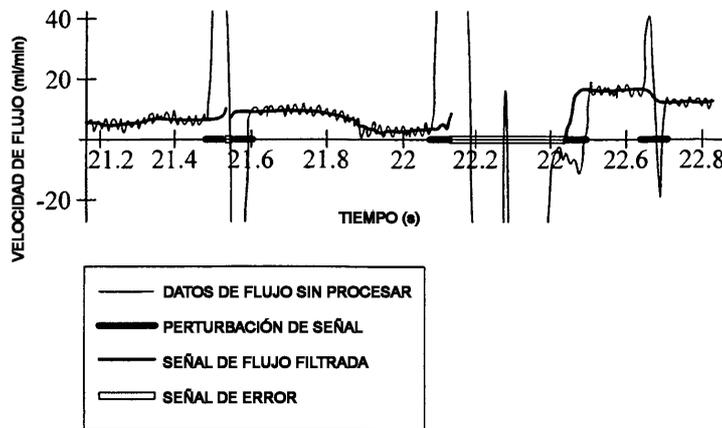


Fig. 10

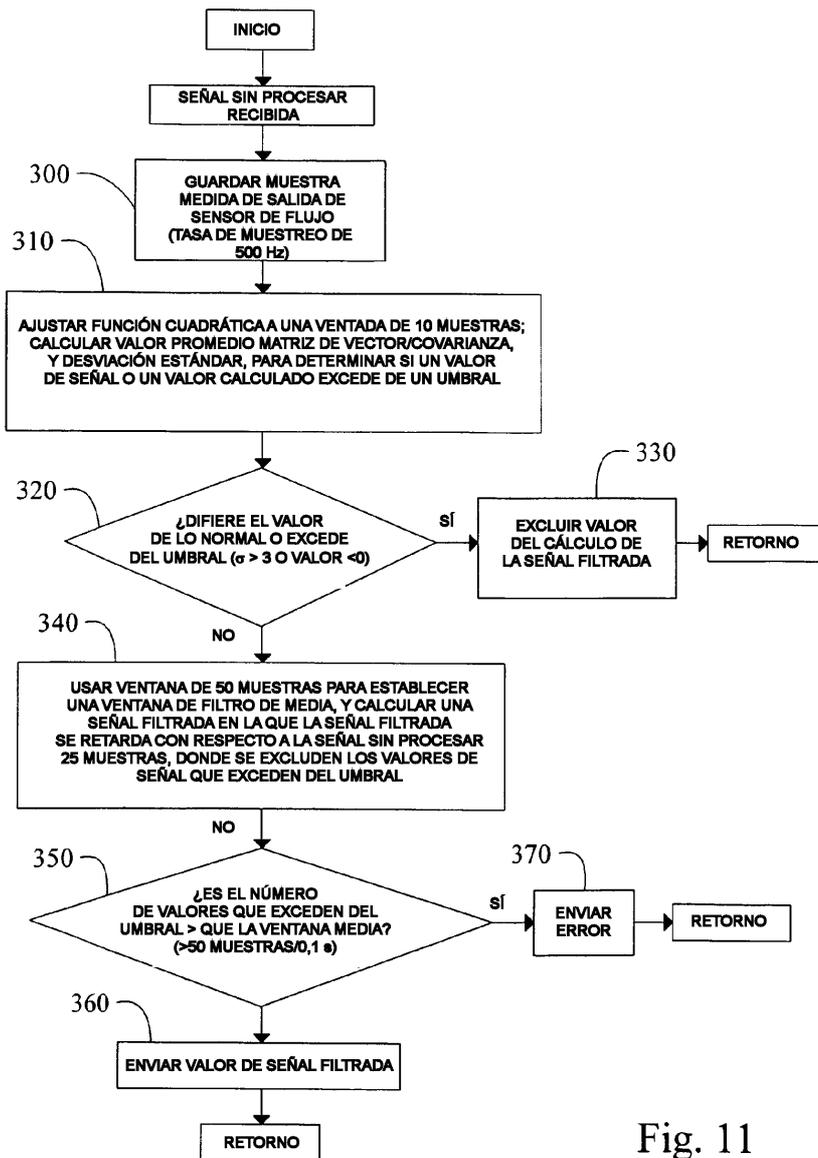


Fig. 11

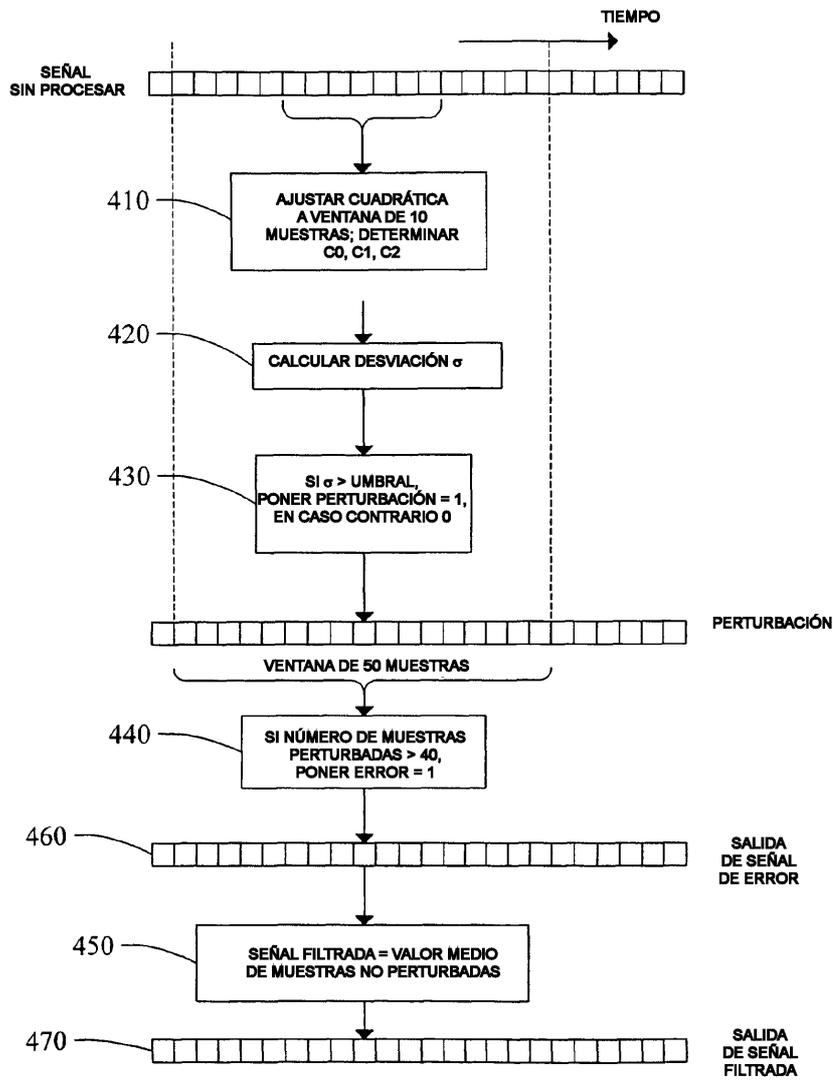


Fig. 12