

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 077**

51 Int. Cl.:

**G01F 1/66** (2006.01)

**G01F 25/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.08.2016 PCT/US2016/048944**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.03.2017 WO17040267**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2016 E 16842677 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 3234514**

54 Título: **Configuración y calibración de medidor de flujo**

30 Prioridad:

**28.08.2015 US 201562211607 P**

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

**27.05.2020**

73 Titular/es:

**RELIANCE WORLDWIDE CORPORATION  
(100.0%)**

**2727 Paces Ferry Road SE, Building Two, Suite  
1800**

**Atlanta, GA 30339, US**

72 Inventor/es:

**GESTNER, BRIAN;  
MESS, FRANCIS M. y  
LEADERS, JEFFREY L.**

74 Agente/Representante:

**RIZZO , Sergio**

ES 2 763 077 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

Configuración y calibración de medidor de flujo

## SOLICITUD RELACIONADA

- 5 **[0001]** La presente solicitud reivindica prioridad y las ventajas de la solicitud provisional estadounidense n.º 62/211607, titulada «FLOW METER CONFIGURATION AND CALIBRATION» y presentada el 28 de agosto de 2015.

## ANTECEDENTES

- 10 **[0002]** Los medidores de flujo se suelen emplear para medir el caudal del fluido y para monitorizar el uso del fluido en sistemas de distribución de fluido, tales como sistemas de distribución de agua o gas natural. Los medidores de flujo también pueden permitir la detección de fugas de fluido y el control remoto del flujo de fluido en los sistemas de distribución de fluido. Los medidores de flujo también se pueden utilizar para recopilar datos estadísticos en relación con el uso de fluido por parte de varios dispositivos acoplados a un sistema de distribución de fluido. Se exponen medidores de flujo conocidos de la técnica anterior, por ejemplo, en el  
15 documento WO 2012/129101 A1 o en Fukayama, Y. *et al.*: «Acoustic gas temperature and flow measurement», Proceeding XVI IMEKO World Congress, Viena, AUSTRIA, 2000, 25-28 Septiembre.

## SUMARIO

- 20 **[0003]** Según al menos un aspecto, un método para configurar un medidor de flujo de fluido puede incluir un procesador que obtiene una señal de medición registrada mediante el medidor de flujo de fluido. El procesador puede determinar una banda de frecuencia de blanqueamiento. A continuación, el procesador puede formar un filtro de blanqueamiento en función de la señal de medición y la banda de frecuencia de blanqueamiento. El procesador puede generar entonces una señal de referencia en función del filtro de blanqueamiento y la señal de medición. El procesador puede proporcionar el filtro de blanqueamiento y la señal de referencia para su uso por  
25 parte del medidor de flujo de fluido para medir un cambio de tiempo entre la señal de referencia y otra señal de medición.

- 30 **[0004]** Según al menos otro aspecto, un sistema para configurar un medidor de flujo de fluido ultrasónico puede incluir un procesador y una memoria que almacena instrucciones ejecutables por ordenador en esta. Cuando se ejecutan mediante el procesador, las instrucciones ejecutables por ordenador provocan que el procesador reciba una señal de entrada asociada a una señal de medición registrada por el medidor de flujo de fluido ultrasónico montado sobre una estructura que define un lumen. La señal de medición representa una señal ultrasónica que se propaga a través del fluido que fluye en el lumen. El procesador también puede determinar una banda de frecuencia de blanqueamiento en función de la señal de entrada y puede formar un filtro de blanqueamiento en función de la banda de frecuencia de blanqueamiento y la señal de entrada. El procesador también puede  
35 generar una señal de referencia al filtrar la señal de entrada utilizando el filtro de blanqueamiento, así como proporcionar representaciones del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia al medidor de flujo de fluido. El medidor de flujo de fluido puede utilizar las representaciones del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia para estimar los caudales de fluido en función de las señales ultrasónicas medidas por el medidor de flujo de fluido. El medidor de flujo de fluido también puede estar configurado para filtrar una señal ultrasónica medida utilizando el filtro de blanqueamiento y para realizar una correlación cruzada de la señal ultrasónica filtrada con la señal de referencia para estimar un cambio de tiempo asociado a la señal ultrasónica medida.  
40

- 45 **[0005]** Según al menos otro aspecto, un método de configuración de medidores de flujo de fluido ultrasónicos puede incluir un procesador que recibe una señal de entrada asociada a una señal de medición registrada mediante un medidor de flujo de fluido ultrasónico montado sobre una estructura que define un lumen. La señal de medición representa una señal ultrasónica que se propaga a través del fluido que fluye en el lumen. El método también puede incluir que el procesador determine una banda de frecuencia de blanqueamiento en función de la señal de entrada y puede formar un filtro de blanqueamiento en función de la banda de frecuencia de blanqueamiento y la señal de entrada. El método también puede incluir que el procesador genere una señal de referencia al filtrar la señal de entrada utilizando el filtro de blanqueamiento, y que proporcione representaciones del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia al medidor de flujo de fluido. El medidor de flujo de fluido  
50 puede utilizar las representaciones del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia para estimar los caudales de fluido en función de las señales ultrasónicas medidas mediante el medidor de flujo de fluido. El medidor de flujo de fluido puede estar configurado para filtrar una señal ultrasónica medida utilizando el filtro de blanqueamiento y para realizar una correlación cruzada de la señal ultrasónica filtrada con la señal de referencia para estimar un cambio de tiempo asociado a la señal ultrasónica medida.

- 55 **[0006]** Según al menos otro aspecto, un medio legible por ordenador puede incluir instrucciones de código informático almacenadas en este. Cuando se ejecutan mediante un procesador, las instrucciones de código informático provocan que el procesador reciba una señal de entrada asociada a una señal de medición registrada por un medidor de flujo de fluido ultrasónico montado sobre una estructura que define un lumen. La señal de

medición representa una señal ultrasónica que se propaga a través del fluido que fluye en el lumen. El procesador puede determinar una banda de frecuencia de blanqueamiento en función de la señal de entrada y configurar un filtro de blanqueamiento en función de la banda de frecuencia de blanqueamiento y la señal de entrada. El procesador también puede generar una señal de referencia al filtrar la señal de entrada utilizando el filtro de blanqueamiento, así como proporcionar representaciones del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia al medidor de flujo de fluido. El medidor de flujo de fluido puede utilizar las representaciones del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia para estimar los caudales de fluido en función de las señales ultrasónicas medidas mediante el medidor de flujo de fluido. El medidor de flujo de fluido también puede estar configurado para filtrar una señal ultrasónica medida utilizando el filtro de blanqueamiento y para realizar una correlación cruzada de la señal ultrasónica filtrada con la señal de referencia para estimar un cambio de tiempo asociado a la señal ultrasónica medida.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0007]

La figura 1 muestra un diagrama que representa un sistema para configurar o calibrar un medidor de flujo de fluido montado sobre un lumen.

La figura 2 muestra un diagrama de bloques que representa un método de estimación de un retardo relativo asociado a una señal de recepción (RX) de resolución fina utilizando señales de correlación cruzada.

La figura 3 muestra gráficos que representan señales de correlación cruzada entre una señal de referencia y señales de recepción (RX) asociadas a distintos valores de temperatura del fluido.

Las figuras 4A y 4B muestran diagramas de bloque que representan métodos para calcular una estimación de retardo relativo entre una señal RX y una señal de referencia.

La figura 5 es un diagrama de bloques que representa un método para determinar un filtro de blanqueamiento en función de una banda de frecuencia de blanqueamiento y una señal RX, según una implementación ilustrativa.

La figura 6 muestra un diagrama de bloques que representa un método para determinar una señal de referencia en función de una señal RX y un filtro de blanqueamiento.

La figura 7 muestra un diagrama de flujo que representa un método para determinar una banda de frecuencia de blanqueamiento.

La figura 8A muestra un diagrama de flujo de un método de configuración para configurar un medidor de flujo de fluido.

La figura 8B muestra gráficos de señales de correlación cruzada calculadas según el/los método(s) de las figuras 4A y 4B y asociadas a distintas temperaturas de fluido.

La figura 9 es un diagrama de flujo que representa un método para calibrar un medidor de flujo de fluido.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0008] Los medidores de flujo de fluido ultrasónicos emplean ondas ultrasónicas para medir el caudal (o la velocidad de flujo) de un fluido que fluye en un lumen, como un tubo, cola, conducto o similar, de un sistema de distribución de fluido. Según se ha descrito en el presente documento, un lumen representa una cavidad o cámara de una estructura tubular, como un tubo o cola para canalizar fluido en el interior de un sistema de distribución de fluido. En concreto, un medidor de flujo de fluido ultrasónico puede incluir transductores ultrasónicos capaces de transmitir señales ultrasónicas para propagarse a través del fluido que fluye en el lumen y de recibir copias de las señales transmitidas. El medidor de flujo ultrasónico puede estimar el caudal de fluido (o velocidad de flujo de fluido) en función de las características de propagación medidas o estimadas de la señal ultrasónica dentro del fluido. El tiempo de propagación de la señal ultrasónica puede variar en función del tipo de fluido, la velocidad del flujo de fluido con respecto a la dirección de propagación de la señal, la temperatura del fluido, el tamaño del lumen, el material del lumen u otros parámetros de fluido que puedan afectar a la densidad del fluido o a la compresibilidad del fluido.

[0009] El medidor de flujo de fluido ultrasónico puede determinar el caudal de fluido (o velocidad de flujo de fluido) en función de la(s) diferencia(s) temporales en los tiempos de propagación de señal para las señales ultrasónicas que se propagan con distintas condiciones de flujo de fluido (p. ej., señales aguas arriba y aguas abajo, señales aguas arriba y de flujo cero, o bien señales de flujo cero y aguas abajo) en el lumen. Dicha diferencia de tiempo depende del caudal del fluido (o la velocidad de flujo del fluido). Por ejemplo, el caudal del agua (o la velocidad de flujo del agua) puede ser linealmente proporcional a la diferencia de tiempo entre el tiempo de propagación de señal aguas arriba y el tiempo de propagación de señal aguas abajo. Por consiguiente, el medidor de flujo de fluido ultrasónico puede estimar la diferencia temporal en los tiempos de propagación de señal y calcular el caudal del fluido (o la velocidad de flujo del fluido) basándose en la diferencia de tiempo estimada entre los tiempos de propagación de la señal. En algunas implementaciones, dicha(s)

diferencia(s) de tiempo entre los tiempos de propagación de señal pueden encontrarse en el rango de nanosegundos (ns).

5 **[0010]** Los medidores de flujo de fluido ultrasónicos (u otros tipos de medidores de flujo de fluido) pueden incluir parámetros internos para su uso en la estimación de la(s) diferencia(s) de tiempo entre los tiempos de propagación de señal o para calcular el caudal del fluido (o la velocidad de flujo del fluido) en función de la(s) diferencia(s) de tiempo estimada(s). Por ejemplo, un medidor de flujo de fluido ultrasónico (u otro tipo de medidor de flujo de fluido) puede emplear un filtro de coincidencia para estimar los tiempos de propagación de señal o diferencia(s) de tiempo entre distintos tiempos de propagación de señal. En algunos casos, el medidor de flujo de fluido ultrasónico puede emplear un factor de conversión o una tabla de consulta de conversión (LUT, por sus siglas en inglés) para calcular el caudal (o la velocidad de flujo) del fluido en función de las diferencia(s) de tiempo estimada(s) (o medida(s)) entre los tiempos de propagación de diversas señales. La precisión de un medidor de flujo a la hora de medir el caudal del fluido (o la velocidad de flujo del fluido) depende de los respectivos parámetros internos.

15 **[0011]** La forma y el tiempo de propagación asociados a una señal de recepción (RX) (p. ej., recibida por un transductor ultrasónico tras propagarse a través de la pared del lumen y/o el fluido en el lumen) dependen de los parámetros de instalación, como el tamaño del lumen, el material del lumen, la configuración de los transductores, el tipo de fluido que fluye en el lumen, etc., del medidor de flujo de fluido. Dichos parámetros se pueden determinar en el momento en el que se instala el medidor de flujo de fluido, por ejemplo, en un tubo. Además, la forma y el tiempo de propagación asociados a una señal de recepción (RX) se pueden modificar con las variaciones en la temperatura ambiente o en la temperatura del fluido. Por consiguiente, el hecho de configurar y/o calibrar un medidor de flujo de fluido durante la instalación permite que se ajusten los parámetros internos del medidor de flujo de fluido en función de, por ejemplo, las especificidades del tubo en el que se instala el medidor de flujo de fluido. El ajuste de los parámetros internos del medidor de flujo de fluido durante la instalación mejora la precisión del medidor de flujo de fluido. Tras la instalación del medidor de flujo, por ejemplo, en una estructura que define el lumen, un sistema puede hacer uso de mediciones o señales RX obtenidas mediante el medidor de flujo de fluido para configurar el medidor de flujo de fluido o para ajustar uno o varios respectivos parámetros internos.

30 **[0012]** La figura 1 muestra un diagrama que representa un sistema para configurar o calibrar un medidor de flujo de fluido 100 montado en una estructura de lumen 10 (tal como un tubo o cola). El medidor de flujo de fluido ultrasónico 100 puede incluir dos transductores ultrasónicos 110a y 110b (a los que también se hace referencia individual o colectivamente como transductor(es) 110), dos guías de onda 120a y 120b (a las que también se hace referencia individual o colectivamente como guía(s) de onda 120), un circuito de control 150 acoplado a los transductores ultrasónicos 110 y un bloque transductor 130 para fijar los transductores ultrasónicos 110 a la estructura de lumen 10. El circuito de control 150 puede incluir un procesador 151 y un convertidor analógico-digital (ADC) 155. El circuito de control 150 o el procesador 151 puede estar acoplado a un dispositivo informático 90 por medio de una conexión inalámbrica o con cables. El dispositivo informático 90 puede incluir una aplicación de configuración/calibración 95 del medidor de flujo de fluido para configurar o calibrar el medidor de flujo ultrasónico 90.

40 **[0013]** La aplicación de configuración/calibración 95 del medidor de flujo de fluido se puede implementar como instrucciones ejecutables en un *software* que se almacenan en una memoria del dispositivo informático 90 (o una memoria del medidor de flujo de fluido 100). La aplicación de configuración/calibración 95 del medidor de flujo de fluido se puede ejecutar mediante un procesador del dispositivo informático 90 (o el procesador 151). En algunas implementaciones en las que la aplicación de configuración/calibración 95 es ejecutada por el medidor de flujo de fluido 100 (o el procesador 151), el medidor de flujo de fluido 100 puede incluir un botón para iniciar la aplicación de configuración/calibración 95.

50 **[0014]** Como se muestra en la figura 1, los transductores ultrasónicos 100 pueden estar montados en la estructura de lumen 10 según una configuración de «V». En una configuración de «V», la trayectoria de propagación de las ondas ultrasónicas que viajan a través de la estructura de lumen 10 entre los transductores 110 tiene forma de «V». En concreto, las ondas ultrasónicas transmitidas por uno de los transductores 110 se reflejan desde el lado interior de la pared del lumen 11 antes de alcanzar al otro transductor 110. En algunas implementaciones, los transductores 110 se pueden disponer a través de cada uno conforme a una configuración en «Z», de manera que la trayectoria de la señal entre los transductores 110 forme un ángulo (tal como un ángulo mayor que cero y menor que 90 grados) con el eje longitudinal del lumen 10. Es decir, las ondas ultrasónicas pueden viajar a través de la estructura de lumen 10 entre los transductores 110 sin necesidad de reflejarse desde la pared del lumen 11. En algunas implementaciones, los transductores 110 se pueden disponer conforme a otras configuraciones, como una configuración en «M» o una configuración en «W», donde la señal ultrasónica se refleja tres veces desde la pared del lumen 11 antes de alcanzar al otro transductor 110, u otras configuraciones conocidas en la técnica. La configuración de los transductores puede afectar a la forma, el tiempo de propagación y la energía de la(s) señal(es) RX. Los transductores 110 pueden estar montados en la estructura de lumen 10 de un modo no invasivo. Es decir, los transductores ultrasónicos 110 o las guías de onda 120 no interfieren en la trayectoria del flujo de fluido dentro del lumen. En algunas implementaciones, los transductores 110 pueden colocarse dentro de aberturas de la pared del lumen 11 de manera invasiva. Sin

embargo, la instalación no invasiva resulta más sencilla, ya que se puede llevar a cabo sin cortar ni desarticular ningún tubo. El medidor de flujo de fluido 100 puede estar montado sobre la pared del lumen 11 o estar unido a esta. En algunas implementaciones, las guías de onda 120 pueden ser opcionales. En dichas implementaciones, los transductores 110 pueden estar montados directamente sobre la estructura del lumen 10 sin guías de onda 120.

**[0015]** Cada uno de los transductores ultrasónicos 110 puede ser capaz de transmitir y recibir señales ultrasónicas. Por ejemplo, el transductor ultrasónico 110a puede transmitir la señal ultrasónica 101a, que se propaga a través de la guía de onda 120a y la pared del lumen 11 hacia el lumen, se refleja desde la pared del lumen 11 hacia la guía de onda 120b y se recibe en el transductor ultrasónico 110b. El transductor ultrasónico 110b puede transmitir la señal ultrasónica 101b, que se propaga a través de la guía de onda 120b y la pared del lumen 11 hacia el lumen, se refleja desde la pared del lumen 11 hacia la guía de onda 120a y se recibe en el transductor ultrasónico 110a. En el lumen, el fluido fluye según la dirección 12. Como tal, la señal ultrasónica 101a se propaga aguas arriba (por ejemplo, presentando un componente de movimiento a lo largo del eje longitudinal de la estructura de lumen 10 en dirección opuesta a la dirección 12 del flujo de fluido) dentro del lumen y la señal ultrasónica 101b se propaga aguas abajo (por ejemplo, presentando un componente de movimiento a lo largo del eje longitudinal de la estructura de lumen 10 en la misma dirección que la dirección 12 del flujo de fluido). Debido a la dirección de propagación de las señales ultrasónicas 101a y 101b con respecto a la dirección de flujo del fluido 12, los tiempos de propagación respectivos se ven afectados de forma diferente por el flujo de fluido. Por ejemplo, el tiempo de propagación de la señal ultrasónica aguas abajo 101b es menor que el de la señal ultrasónica aguas arriba 101a. Las señales ultrasónicas que se propagan a través del fluido también se denominan en el presente documento señal(es) ultrasónica(s) 101. En algunas implementaciones, los transductores ultrasónicos 110 pueden transmitir señales en una dirección (p. ej., aguas abajo o aguas arriba). En dichas implementaciones, el tiempo de propagación de señal se puede comparar con el tiempo de propagación asociado a una señal que se propaga en un fluido que no está en movimiento o de flujo cero para determinar el efecto del flujo de fluido en la propagación de la señal a través del fluido.

**[0016]** En algunas implementaciones, el medidor de flujo de fluido 100 puede incluir más de dos transductores ultrasónicos 110. En algunas implementaciones, cada transductor ultrasónico 110 del medidor de flujo de fluido 100 puede ser capaz de actuar como un transmisor y un receptor. En algunas implementaciones, algunos transductores ultrasónicos 110 del medidor de flujo de fluido 100 pueden configurarse o designarse para actuar como transmisores, mientras que otros pueden configurarse o designarse para actuar como receptores. A pesar de que el medidor de flujo de fluido 100 emplea los transductores ultrasónicos 110 para transmitir o recibir señales, se pueden emplear otros tipos de transmisores/receptores de señal como transmisores/receptores acústicos o electromagnéticos.

**[0017]** El ADC 155 puede estar configurado para muestrear señales ultrasónicas RX recibidas en los transductores ultrasónicos 110. En algunas implementaciones, la velocidad de muestreo del ADC 155 puede ser menor que una velocidad de muestreo asociada a una resolución de señal deseada (o una velocidad de muestreo deseada) para lograr una estimación precisa del caudal de fluido, velocidad de flujo de fluido, o retardos relativos asociados a señales ultrasónicas RX. Por ejemplo, el período de muestreo del ADC 155 puede encontrarse en el rango de microsegundos ( $\mu\text{s}$ ), mientras que una resolución deseada de retardos relativos entre señales ultrasónicas 101 que se propagan en el fluido puede encontrarse en el rango de nanosegundos (ns). El ADC 155 puede estar acoplado al procesador 151 o a una memoria asociada al circuito de control 150. Por ejemplo, el ADC 155 puede estar configurado para proporcionar muestras de señales directamente al procesador 151 o para almacenar las muestras en una memoria a la que se puede acceder mediante el procesador 151. El circuito de control 150 puede incluir además un convertidor digital-analógico (DAC) configurado para convertir muestras de forma de onda en señales analógicas. Por ejemplo, el DAC puede convertir muestras de una señal de excitación digital en una respectiva señal de excitación analógica que se proporciona como entrada a uno de los transductores ultrasónicos 110. El procesador 151 o una memoria asociada al circuito de control 150 puede almacenar las muestras de la señal de excitación digital. En algunas implementaciones, el ADC 151 puede ser capaz de funcionar como un ADC y un DAC. En algunas implementaciones, la señal de excitación digital puede incluir un ruido pseudoaleatorio, un tren de pulsos con una frecuencia determinada, un tono puro con una frecuencia determinada, una señal *chirp* de línea o logarítmica, o un tren de pulsos de frecuencia modulada (por ejemplo, con frecuencia creciente o decreciente). En respuesta a la señal de excitación analógica de entrada, el transductor 110 puede generar una señal de paso de banda que se transmite hacia el lumen 10.

**[0018]** El procesador 151 puede configurarse para controlar el funcionamiento y la sincronización de los transductores ultrasónicos 110, p. ej., iniciar la transmisión/recepción de señales ultrasónicas 101, controlar el funcionamiento del ADC 155, p. ej., iniciar el muestreo de señales por parte del ADC 155, controlar el funcionamiento de uno o varios componentes distintos del circuito de control 150, iniciar y gestionar la comunicación con otros dispositivos, como el dispositivo informático 90, ejecutar procesos para estimar el caudal o la diferencia de tiempo entre tiempos de propagación de señal de distintas señales, gestionar el consumo de energía del medidor de flujo de fluido 100 o una combinación de estos. El procesador 151 puede incluir uno o más de entre un microprocesador, un microcontrolador, un procesador de señales digitales (DSP) y un circuito integrado de aplicación específica (ASIC). El circuito de control 150 puede incluir una memoria para almacenar

muestras, datos o instrucciones de señales de código informático ejecutables por el procesador 151. El circuito de control 150 puede incluir también una interfaz de comunicación para comunicarse con otros dispositivos, como un dispositivo informático 90, uno o varios amplificadores de señal, u otros circuitos analógicos o digitales. La interfaz de comunicación puede incluir una interfaz de comunicación con cables, como un bus de serie universal (USB) o una interfaz de comunicación inalámbrica, como una interfaz Zigbee, interfaz BLUETOOTH, interfaz WiFi u otra interfaz de comunicación inalámbrica.

**[0019]** El dispositivo informático 90 puede incluir una tableta, teléfono inteligente, ordenador portátil, ordenador de sobremesa, servidor informático, servidor en la nube u otro dispositivo de comunicación capaz de comunicarse con el medidor de flujo de fluido 100 o con el respectivo procesador 151 a través de una conexión inalámbrica o con cables. El dispositivo informático 90 puede estar configurado para comunicarse con el medidor de flujo de fluido 100 por medio de una o varias redes de comunicación, como una red de área local (LAN), una red de área amplia (WAN), red celular u otra red de comunicación. El dispositivo informático 90 puede incluir al menos un procesador y al menos una memoria. El dispositivo informático 90 puede incluir una aplicación de configuración/calibración 95 del medidor de flujo de fluido, el cual, al ejecutarse en el dispositivo informático 90, puede provocar que el dispositivo informático 90 lleve a cabo los métodos de configuración o calibración descritos en la presente memoria. La aplicación de configuración/calibración 95 del medidor de flujo de fluido puede incluir instrucciones de código informático que se ejecuten en un dispositivo de cliente (como una tableta, teléfono inteligente, ordenador portátil u ordenador de sobremesa), servidor en la nube, o bien en el procesador 151.

**[0020]** La figura 2 muestra un diagrama de bloques que representa un método 200 de estimación de un retardo relativo asociado a una señal RX de resolución fina 202 utilizando señales de correlación cruzada. En resumen, el método 200 puede incluir que el procesador 151 determine una estimación de cambio de tiempo entre una señal RX 201 y una señal de referencia coincidente 203 (bloque 210), seleccione una porción de ventana de la señal RX de resolución fina 202 en función de la estimación de cambio de tiempo determinada en la etapa 210 (bloque 220), calcule una señal de correlación cruzada entre la porción de ventana de la señal de resolución fina 202 y una forma de onda de referencia 204 (bloque 230), y determine una estimación del retardo relativo asociado a la señal de resolución fina 202 (bloque 240). La señal RX 201, la señal RX de resolución fina 202, la señal de referencia coincidente 203 y la forma de onda de referencia 204 pueden ser señales digitales con respectivas muestras que pueden ser almacenadas, procesadas o modificadas por el circuito de control 150, el procesador 151 o cualquier otro procesador.

**[0021]** En algunas implementaciones, el retardo relativo determinado en el bloque 240 puede representar una estimación del tiempo de propagación de señal para la señal RX de resolución fina 202. Por ejemplo, si la forma de onda de referencia 204 representa una señal de cero retardo, el retardo relativo entre la señal RX de resolución fina 202 y la forma de onda de referencia 204 puede indicar el tiempo de propagación de señal asociado a la señal RX de resolución fina 202. En algunas implementaciones, la forma de onda de referencia 204 puede ser una onda sinusoidal, onda cosenoidal, función (o señal) gaussiana, función (o señal) sinc, u otra señal. En algunas implementaciones, la forma de onda de referencia 204 puede ser una señal RX aguas arriba, una señal RX aguas abajo, una señal RX de flujo cero o una versión filtrada/modificada de esta. En dichas implementaciones, el retardo relativo determinado en el bloque 240 puede indicar una diferencia en los tiempos de propagación de señal entre la señal RX de resolución fina 202 y la forma de onda de referencia 204.

**[0022]** El método 200 puede incluir que el procesador 151 determine una estimación del cambio de tiempo entre la señal RX 201 y la señal de referencia coincidente 203 (bloque 210). Un transductor 110 puede recibir una versión continua de la señal RX 201. El ADC 155 puede muestrear la versión continua de la señal RX 201 para poner las respectivas muestras a disposición del procesador 151. La señal de referencia coincidente 203 (también denominada en el presente documento filtro coincidente) puede estar asociada a una señal RX de flujo cero, una señal RX aguas arriba o una señal RX aguas abajo. En algunas implementaciones, la señal de referencia coincidente 203 puede ser una señal RX de flujo cero, una señal RX aguas abajo o una señal RX aguas arriba muestreada por el ADC 155. En algunas implementaciones, la señal de referencia coincidente 203 puede ser una señal generada en función de una versión filtrada, recortada o modificada de otro modo de una señal RX de flujo cero, una señal RX aguas abajo o una señal RX aguas arriba. El procesador 151 puede determinar una estimación del cambio de tiempo entre la señal RX 201 y la señal de referencia coincidente 203 calculando una señal de correlación cruzada entre la señal RX 201 y la señal de referencia coincidente 203 e identificando una localización temporal o índice de tiempo del valor máximo de correlación cruzada de la señal de correlación cruzada calculada entre la señal RX 201 y la señal de referencia coincidente 203.

**[0023]** En algunas implementaciones, la señal de referencia coincidente 203 se puede obtener o generar durante un proceso de configuración del medidor de flujo de fluido 100. Por ejemplo, la señal de referencia coincidente 203 se puede determinar en función de una señal RX de flujo cero, una señal RX aguas arriba o una señal RX aguas abajo que se obtiene durante el proceso de configuración. En algunas implementaciones, la señal de referencia coincidente 203 y la señal RX 201 pueden estar asociadas a dos señales RX de flujo cero, dos señales RX aguas arriba o dos señales RX aguas abajo obtenidas durante el proceso de configuración y tras la configuración, respectivamente. En tales implementaciones, el cambio de tiempo estimado en el bloque 210 puede representar la desviación (o cambio) en el tiempo de propagación de señal (por ejemplo, para una señal

aguas arriba, una señal aguas abajo o una señal de flujo cero) entre el tiempo de un proceso de configuración y el momento en el que se mide la señal RX 201, por ejemplo, debido a la variación de temperatura. En algunas implementaciones, el proceso de configuración se puede llevar a cabo durante o después de la instalación del medidor de flujo de fluido 100 en un sistema de distribución de fluido (por ejemplo, en un tubo o en una cola acoplada a un tubo).

**[0024]** El procesador 151 puede generar la señal RX de resolución fina 202 mediante el sobremuestreo de una o varias señales RX. En algunas implementaciones, el procesador 151 puede generar la señal RX de resolución fina 202 intercalando una pluralidad de señales RX con distintos retardos con respecto a una señal de reloj asociada al circuito de control 150. En algunas implementaciones, el procesador 151 puede emplear tanto el intercalado como el sobremuestreo de la señal para generar la señal RX de resolución fina 202 basándose en una pluralidad de señales RX recibidas en un período de tiempo. Debido al incremento de resolución de la señal RX de resolución fina 202 en comparación con la(s) respectiva(s) señal(es) RX desde la(s) que se genera la señal RX de resolución fina 202, la señal RX de resolución fina 202 puede permitir una estimación más precisa del retardo relativo 209. Sin embargo, el incremento de resolución de la señal RX de resolución fina 202 puede dar como resultado un aumento del coste computacional, por ejemplo, al calcular una señal de correlación cruzada entre la señal RX de resolución fina 202 y la forma de onda de referencia 204.

**[0025]** El método 200 puede incluir que el procesador 151 genere un segmento o porción con ventana de la señal RX de resolución fina (bloque 220). El procesador 151 puede generar el segmento de la señal de resolución fina 202 en función de la estimación de cambio de tiempo determinada en el bloque 210. En algunas implementaciones, el procesador 151 puede seleccionar un segmento de la señal RX de resolución fina para centrarse en un momento que se determine en función de la estimación de cambio de tiempo determinada en el bloque 210 y un valor de desviación temporal (p. ej., la suma de la estimación de cambio de tiempo y el valor de desviación temporal). En algunas implementaciones, el procesador 151 (o el dispositivo informático 90) puede estar configurado para determinar una anchura del segmento de la señal de resolución fina en función de un coeficiente de resolución (o coeficiente de sobremuestreo) entre la señal RX de resolución fina 202 y la(s) respectiva(s) señal(es) RX utilizada(s) para generar la señal RX de resolución fina 202. Por ejemplo, se puede determinar la anchura del segmento de la señal de resolución fina (o la anchura de la ventana utilizada en el bloque 202) para incluir muestras asociadas a uno o varios lóbulos de la señal de resolución fina 202.

**[0026]** El método 200 puede incluir que el procesador 151 calcule una señal de correlación cruzada entre el segmento de la señal de resolución fina y la forma de onda de referencia 204 (bloque 230). El hecho de utilizar el segmento de la señal de resolución fina en lugar de utilizar todas las muestras de la señal de resolución fina 202 para calcular la señal de correlación cruzada en el bloque 230 deriva en una reducción de la respectiva complejidad computacional. La forma de onda de referencia 204 puede ser una señal de flujo cero, aguas abajo o aguas arriba. En algunas implementaciones, la forma de onda de referencia 204 puede ser una onda sinusoidal (o cosenoidal) u otra señal de banda estrecha. En dichas implementaciones, el procesador 151 puede calcular una primera señal de correlación cruzada que representa una correlación cruzada entre una señal RX de resolución fina aguas arriba y la onda sinusoidal (o la señal de banda estrecha), y una segunda señal de correlación cruzada que representa una correlación cruzada entre una señal RX de resolución fina aguas abajo y la onda sinusoidal (o la señal de banda estrecha). La señal RX de resolución fina aguas arriba y la señal RX de resolución fina aguas abajo pueden corresponder a dos señales RX distintas 201 (aguas arriba y aguas abajo).

**[0027]** El método 200 puede incluir que el procesador 151 determine una estimación del retardo relativo asociado a la señal RX de resolución fina 202 en función de la señal de correlación cruzada (también denominada en el presente documento señal de correlación cruzada parcial) calculada en el bloque 230 (bloque 240). Por ejemplo, si la forma de onda de referencia 204 es una señal RX de flujo cero, aguas abajo o aguas arriba, el procesador 151 puede determinar el retardo relativo como la localización temporal asociada a un valor máximo de correlación cruzada (tal como un máximo local o global) de la señal de correlación cruzada parcial calculada en el bloque 230. En algunos casos, el procesador 151 puede determinar el retardo relativo en función de la localización temporal asociada a un paso por el punto cero o a un mínimo (como un mínimo local o global) de la señal de correlación cruzada parcial calculada en el bloque 230. En algunas implementaciones, si el procesador 151 no consigue identificar un máximo (o un mínimo o un paso por el punto cero) de la señal de correlación cruzada parcial, el procesador 151 puede estar configurado para ajustar el segmento en el bloque 220 (por ejemplo, deslizando una ventana de tiempo) y para recalcular la señal de correlación cruzada parcial (o muestras de la misma) para determinar el retardo relativo.

**[0028]** En caso de que la forma de onda de referencia 204 sea una onda sinusoidal (o cosenoidal) u otra señal de banda estrecha, el procesador 151 puede determinar una diferencia en el tiempo de propagación de señal entre la señal aguas arriba y la señal aguas abajo utilizando las correspondientes primera y segunda señal de correlación cruzada. El procesador 151 puede determinar dicha diferencia en el tiempo de propagación de señal en función de un cambio de tiempo entre la primera y la segunda señal de correlación cruzada. Por ejemplo, el procesador 151 puede determinar el cambio de tiempo como el cambio de tiempo entre dos máximos (globales o locales), dos mínimos (globales o locales) o dos pasos por el punto cero asociados a la primera y la segunda señal de correlación cruzada, respectivamente. Dicha diferencia de tiempo o cambio de tiempo representa la diferencia en los tiempos de propagación de señal aguas arriba y aguas abajo. El procesador 151 puede

determinar entonces el caudal de fluido (o la velocidad de flujo de fluido) en función de la diferencia en los tiempos de propagación de señal utilizando, por ejemplo, un factor de conversión o una tabla de consulta (LUT). El factor de conversión o el mapa LUT traza la diferencia calculada en los tiempos de propagación de señal con el correspondiente caudal de fluido (o velocidad de flujo de fluido). En algunas implementaciones, el procesador 151 puede calcular la diferencia en los tiempos de propagación de señal entre flujo cero y aguas abajo o entre aguas arriba y flujo cero.

**[0029]** La figura 3 muestra gráficos que representan señales de correlación cruzada entre una señal de referencia y señales de recepción (RX) asociadas a distintos valores de temperatura del fluido. El gráfico de temperatura 310 representa la variación de temperatura del fluido a lo largo del tiempo en un lumen. El gráfico 320 muestra una señal de correlación cruzada entre una señal de referencia y una señal RX medida cuando la temperatura del fluido es de aproximadamente 72 Fahrenheit (F) (~ 22,22 °C). El gráfico 330 muestra una señal de correlación cruzada entre la señal de referencia y una señal RX medida cuando la temperatura del fluido es de aproximadamente 107 F (~ 41,67 °C). Ambas señales RX se miden mediante transductores ultrasónicos y se muestrean mediante un ADC. Ambas señales de correlación cruzada que se muestran a través de los gráficos 320 y 330 se calculan utilizando la misma señal de referencia (p. ej., una señal RX de flujo cero).

**[0030]** Las señales de correlación cruzada 320 y 330 asociadas a temperaturas de fluido iguales a 72 F y 107 F (~ 22,22 °C y ~ 41,67 °C), respectivamente, son distintas en cuanto a la forma y la magnitud. Por ejemplo, los valores de correlación cruzada en la señal de correlación cruzada 320 oscilan entre -1 y 1, mientras que los valores de correlación cruzada en la señal de correlación cruzada 330 varían entre aproximadamente -0,8 y 0,8. Además, a pesar de que la señal de correlación cruzada 320 posee un máximo global que es claramente mayor que los dos siguientes máximos locales, los tres mayores máximos de la señal de correlación cruzada 330 poseen unas respectivas amplitudes muy cercanas entre sí. La diferencia entre las señales de correlación cruzada 320 y 330 se debe al efecto de la variación de temperatura en las señales RX medidas. Por ejemplo, conforme se reduce la temperatura del fluido, el tiempo de propagación de señal a través del lumen 10 entre los transductores 110 se prolonga y, conforme aumenta la temperatura del fluido, el tiempo de propagación de señal se acorta. Asimismo, debido a que las ondas ultrasónicas que se propagan entre los transductores 110 atraviesan la pared del lumen 11, los cambios en la temperatura de la pared del lumen también pueden afectar a la forma y a los tiempos de propagación de las señales ultrasónicas RX.

**[0031]** A causa de la variación de temperatura, los cambios en las señales de correlación cruzada, como las diferencias entre las señales de correlación cruzada 320 y 330, pueden afectar a la precisión del medidor de flujo de fluido 100 a la hora de medir el caudal de fluido o la velocidad de flujo de fluido. En concreto, los cambios en los picos de las señales de correlación cruzada y su localización temporal debido a la variación de temperatura pueden presentar un efecto de degradación sobre la estimación de retardos relativos asociados a señales RX obtenidas por los transductores 110. Además de la variación de temperatura, los parámetros de instalación de los transductores 110 pueden lograr también las formas y los tiempos de propagación de las señales RX recibidas por los transductores 110. Por ejemplo, los tiempos de propagación de señal y las formas de señal RX dependen de las posiciones relativas de los transductores 110 entre sí, la distancia entre los transductores 110, la forma y la longitud de las trayectorias de propagación de señal entre los transductores 110, el tamaño de la estructura de lumen 10 (p. ej., el diámetro de la estructura de lumen 10), el material de la pared de lumen, el grosor de la pared de lumen 11 o una combinación de estos.

**[0032]** En la presente memoria, los sistemas y métodos para la configuración y/o calibración de medidores de flujo de fluido instalados (p. ej., configuración y/o calibración en el tubo) permiten mitigar el efecto de la variación de temperatura y los parámetros de instalación del medidor de flujo de fluido en los caudales de fluido (velocidades de flujo de fluido) medidos mediante los medidores de flujo de fluido. Por consiguiente, se puede mejorar la precisión de un medidor de flujo de fluido aplicando tubo los procesos de configuración y/o calibración en el tubo expuestos en la presente memoria.

**[0033]** Las figuras 4A y 4B muestran diagramas de bloque que representan métodos 400A y 400B para calcular una estimación de cambio de tiempo 409 entre una señal RX 401 (o una respectiva versión filtrada/modificada) y una señal de referencia 403. En algunas implementaciones, el cambio de tiempo 409 puede representar una diferencia en el tiempo de propagación de señal (con respecto a la señal de referencia 403) debido a la variación de temperatura. En algunas implementaciones, el método 400A o 400B puede representar procesos llevados a cabo en el bloque 210 de la figura 2 para determinar una estimación aproximada de un cambio de tiempo relativo entre una señal ultrasónica medida y una señal de referencia. En caso de que la señal de referencia (p. ej., la señal de referencia coincidente 203) se genere utilizando una señal ultrasónica de flujo cero, la estimación aproximada del cambio de tiempo representa un cambio aproximado del tiempo de propagación de la señal ultrasónica medida. En algunas implementaciones, el método 400A o 400B puede representar un proceso para estimar un tiempo de propagación de la señal ultrasónica medida (p. ej., no solo una estimación aproximada, sino una estimación final) basándose en una señal de referencia asociada, por ejemplo, a una señal ultrasónica de flujo cero.

**[0034]** En forma de breve resumen, el método 400A puede incluir que el procesador 151 filtre con un filtro de paso alto la señal RX ( $x[n]$ ) 401 (filtro de paso alto  $H(z)$  bloque 410a), sobremuestree la señal RX filtrada

(incorporación de ceros bloque 420 y filtrado de paso bajo mediante el filtro de paso bajo L(z) bloque 425), blanquee la señal sobremuestreada (filtro de blanqueamiento W(z) bloque 430), calcule una señal de correlación cruzada entre la señal blanqueada y una señal de referencia R1[n] 403 (correlación cruzada bloque 440) y localice el valor máximo de correlación cruzada en la señal de correlación cruzada calculada (bloque 450). El método 400B es similar al método 400A, excepto porque el filtrado de paso alto que utiliza el filtro de paso alto H(z) 410b se aplica tras el sobremuestreo de la señal RX x[n] 401 en el método 400B. Además, la respuesta de impulso del filtro de paso alto H(z) 410b en el método 400B puede presentar una velocidad de muestreo más elevada en el dominio del tiempo que la respuesta de impulso del filtro de paso alto 410a utilizado en el método 400A. En el presente documento, se hace referencia a los filtros de paso alto 410a y 410b, de manera individual o colectiva, como filtro de paso alto 410.

**[0035]** El filtro de paso alto 410 puede presentar una frecuencia de corte determinada en función de la respuesta de frecuencia de los transductores. Por ejemplo, la respuesta de frecuencia de los transductores puede presentar una banda de paso de entre aproximadamente 1,5 MHz (megahercios) y aproximadamente 2,5 MHz. Según se utiliza en el presente documento, un valor de frecuencia que sea igual a aproximadamente 1,5 MHz puede ser un valor de frecuencia comprendido en el rango de frecuencia de 1,4 MHz a 1,6 MHz, en el rango de frecuencia de 1,3 MHz a 1,7 MHz, o en otro rango de frecuencia de aproximadamente 1,5 MHz. Además, un valor de frecuencia que sea igual a aproximadamente 2,5 MHz puede ser un valor de frecuencia comprendido en el rango de frecuencia de 2,4 MHz a 2,6 MHz, en el rango de frecuencia de 2,3 MHz a 2,7 MHz, o en otro rango de frecuencia de aproximadamente 2,5 MHz. En algunas implementaciones, la frecuencia de corte del filtro de paso alto 430 puede ser igual a 1 MHz, 1,1 MHz u otro valor de frecuencia menor o igual al valor de frecuencia más bajo en la banda de paso de los transductores.

**[0036]** En algunas implementaciones, el procesador 151 puede incrementar la resolución de la señal RX 401 o una respectiva versión filtrada aplicando la incorporación de ceros 420 y la interpolación mediante el uso del filtro de paso bajo L(z) 425. En algunas implementaciones, dependiendo de la velocidad de muestreo de la señal RX 401 (p. ej., la velocidad de muestreo del ADC 155), el proceso de aumentar la resolución (o el sobremuestreo) de la señal RX 401 puede ser opcional. Por ejemplo, el proceso de sobremuestreo puede ser opcional si una señal de correlación cruzada entre la señal RX 401 y la señal de referencia R1[n] 403 permite una estimación precisa del cambio de tiempo 409 (p. ej., el pico de la señal de correlación cruzada se puede identificar de manera precisa). En algunas implementaciones, el procesador 151 puede emplear un factor de sobremuestreo mayor que dos para incrementar la resolución de la señal RX 401 o una respectiva versión filtrada. En algunas implementaciones, la respuesta de impulso del filtro de paso bajo L(z) 425 puede ser una función seno truncada, un filtro de interpolación de *spline* cúbico truncado u otro filtro de interpolación conocido en la técnica.

**[0037]** El filtro de blanqueamiento W(z) 430 está configurado para obligar a que la señal blanqueada y[n] (por ejemplo, la salida del filtro de blanqueamiento W(z) 430) presente una magnitud constante en el dominio de frecuencia dentro de una banda de frecuencia B específica. Es decir, debido a la transformada de Fourier P(ω) de la señal p[n] (p. ej., la señal de entrada al filtro de blanqueamiento 430), donde ω es la frecuencia angular, la transformada de Fourier W(ω) del filtro de blanqueamiento puede estar definida dentro de la banda de frecuencia

$$W(\omega) = \frac{1}{|P(\omega)|}$$

B como . En algunas implementaciones, la transformada de Fourier W(ω) del filtro de blanqueamiento 430 puede ser igual a cero fuera de la banda de frecuencia B. En dichas implementaciones, el uso del filtro de paso alto 410 y/o el filtro de interpolación 425 puede(n) ser opcional(es).

**[0038]** El método 400A o 400B puede incluir que el procesador 151 calcule una señal de correlación cruzada entre la salida del filtro de blanqueamiento (y[n]) y la señal de referencia R1[n] 403 (bloque 440 de correlación cruzada). En algunas implementaciones, el procesador 151 puede calcular la señal de correlación cruzada calculando una convolución de la señal y[n] con una versión en tiempo invertido de la señal de referencia R1[n]. En algunas implementaciones, la señal de referencia R1[n] puede representar una versión filtrada de una señal RX (tal como una señal RX de flujo cero, una señal RX aguas arriba o una señal RX aguas abajo) medida durante la configuración del medidor de flujo 100. En algunas implementaciones, la señal de referencia R1[n] puede representar una versión blanqueada (por ejemplo, que utilice el filtro de blanqueamiento 430) de una señal RX obtenida durante un proceso de configuración del medidor de flujo de fluido 100.

**[0039]** El método 400A o 400B puede incluir que el procesador 151 determine una localización temporal del valor máximo de correlación cruzada (bloque 450) dentro de la señal de correlación cruzada calculada en el bloque 440. Por ejemplo, el procesador puede utilizar una función de máx() o un algoritmo de búsqueda para identificar el valor máximo de correlación cruzada y para determinar la respectiva localización temporal (o índice de tiempo). El procesador 151 puede utilizar el índice de tiempo del valor máximo identificado de correlación cruzada como la estimación de cambio de tiempo 409.

**[0040]** En algunas implementaciones, el procesador 151 puede obtener representaciones de la señal de referencia R1[n], el filtro de blanqueamiento 430, el filtro de paso alto 410, el filtro de paso bajo 425 o una combinación de los mismos durante un proceso de configuración del medidor de flujo de fluido 100. En algunas implementaciones, el procesador 151 puede obtener una representación de un filtro 490 que sea una concatenación del filtro de paso bajo 420, el filtro de paso alto 410, el filtro de blanqueamiento 430 y el filtro con

una respuesta de impulso igual a la versión en tiempo invertido de la señal de referencia R1[n]. En algunas implementaciones, el filtro de paso bajo 425 y/o el filtro de paso alto 410 pueden ser opcionales y el procesador 151 puede obtener un filtro que represente una concatenación distinta, tal como una concatenación del filtro de blanqueamiento 430 y el filtro con una respuesta de impulso igual a la versión en tiempo invertido de la señal de referencia R1[n]. En algunas implementaciones, el proceso de configuración puede llevarse a cabo mediante el dispositivo informático 90 capaz de comunicarse con el medidor de flujo 100. Por ejemplo, el dispositivo informático 90 puede incluir una memoria para almacenar instrucciones de código informático asociadas a la aplicación de configuración 95 y un procesador para ejecutar las instrucciones de código informático. El dispositivo informático 90 puede incluir una interfaz de comunicación para comunicarse con el medidor de flujo 100. En algunas implementaciones, el proceso de configuración se puede llevar a cabo mediante el procesador 151. Por ejemplo, el medidor de flujo 100 puede incluir un botón de configuración para iniciar el proceso de configuración.

**[0041]** El dispositivo informático 90 (o la aplicación de configuración 95 que se ejecuta en este) puede obtener muestras de una o varias señales RX registradas por el medidor de flujo de fluido 100 y determinar el filtro de blanqueamiento, la señal de referencia 403, el filtro de paso alto 410, el filtro de paso bajo 425 o una combinación de los mismos. El dispositivo informático 90 puede enviar entonces indicación(es) de las señales y/o filtros determinados (o una concatenación de los mismos) al procesador 151 a través de una interfaz de comunicación. En algunas implementaciones, el dispositivo informático 90 puede ser un dispositivo de cliente (tal como una tableta, ordenador portátil, teléfono inteligente, ordenador de sobremesa u otro dispositivo de cliente) acoplado al medidor de flujo 100 (o al circuito de control 150) durante el proceso de configuración a través de WiFi, BLUETOOTH, Zigbee, comunicación de campo cercano (NFC), puertos USB u otra interfaz de comunicación. En algunas implementaciones, el dispositivo informático 90 puede ser un servidor (tal como un servidor en la nube) acoplado al medidor de flujo 100 a través de una red de área local, red de área amplia, red celular, Internet, red pública conmutada, otra red de comunicación o una combinación de las mismas.

**[0042]** La figura 5 es un diagrama de flujo que representa un método 500 para determinar un filtro de blanqueamiento basándose en una banda de frecuencia de blanqueamiento B y una señal RX, según una implementación ilustrativa. En el método 500, la señal p[n] puede representar una versión filtrada o procesada de la señal RX. Por ejemplo, según se representa en las figuras 4A y 4B, la señal p[n] puede ser una versión sobremuestreada y filtrada de la señal RX. En algunas implementaciones, el método 500 se puede aplicar a la señal RX en lugar de una respectiva versión filtrada/procesada. El método 500 se puede ejecutar mediante un procesador asociado al dispositivo informático 90 o un procesador asociado al medidor de flujo de fluido 100 (tal como el procesador 151). El método 500 puede incluir que el procesador seleccione un segmento de una señal de entrada p[n], tal como una señal RX o una versión procesada/filtrada de esta (etapa 510). El procesador puede estar configurado para seleccionar un segmento de señal, de manera que se supriman los componentes (o porciones) de la señal asociados a la propagación de la señal a través de la pared del lumen. Es decir, el procesador puede anular muestras de la señal de entrada que representen una porción de la señal RX que se propaga en la pared del lumen 11, pero no a través del fluido en el lumen. El método 500 también puede incluir que el procesador aplique una operación de funciones ventana (bloque 520) al segmento de señal seleccionado. Por ejemplo, el procesador puede emplear una ventana temporal Hamming, una ventana temporal Hanning u otro tipo de ventana temporal conocido en la técnica. La operación de funciones ventana (bloque 520) puede permitir que coincidan la primera y la última muestra del segmento de señal seleccionado. A continuación, el procesador puede aplicar la incorporación de ceros (bloque 530) al principio y al final del segmento de señal. La incorporación de ceros (bloque 530) puede atenuar los artefactos no deseados asociados al cálculo de la transformada rápida de Fourier (FFT). En algunas implementaciones, cualquiera de los procesos de los bloques 510, 520 o 530 puede ser opcional.

**[0043]** El método 500 puede incluir que el procesador calcule la transformada de Fourier (p. ej., FFT) de la señal p'[n] (bloque 540) y determine la respuesta de frecuencia del filtro de blanqueamiento en función de la transformada de Fourier calculada y la banda de frecuencia de blanqueamiento B (bloque 550). Por ejemplo, el procesador puede calcular la respuesta de frecuencia (o componente de frecuencia) del filtro de blanqueamiento

$$W(2\pi f) = \frac{\alpha}{|P'(2\pi f)|}$$

con una frecuencia f dentro de la banda de frecuencia B como la magnitud de la transformada de Fourier del segmento de señal (calculado en el bloque 540) con la misma frecuencia f y  $\alpha$  es un número real. Fuera de la banda de frecuencia B, el procesador puede configurar la respuesta de frecuencia del filtro de blanqueamiento para que sea igual a cero (o sustancialmente igual a cero). En algunas implementaciones, el procesador puede calcular la respuesta de frecuencia del filtro de blanqueamiento utilizando la transformada de Fourier de la señal RX. En algunas implementaciones, el procesador puede emplear otras técnicas conocidas en la técnica para calcular la respuesta de frecuencia del filtro de blanqueamiento en función de la transformada de Fourier de la señal RX (o una versión procesada/filtrada de esta) y una determinada banda de frecuencia de blanqueamiento.

**[0044]** Tras calcular la respuesta de frecuencia del filtro de blanqueamiento, el procesador puede calcular la respectiva transformada de Fourier inversa (p. ej., utilizando la transformada rápida de Fourier inversa (IFFT)) (bloque 560) para determinar la respuesta de impulso del filtro de blanqueamiento. En algunas

implementaciones, el procesador puede aplicar una operación de truncamiento (bloque 570). En concreto, el procesador puede seleccionar un segmento (o un subconjunto de las muestras) de la señal obtenida tras realizar la transformada inversa de Fourier en el bloque 560. Por ejemplo, el procesador puede ignorar o anular muestras a ambos lados de la salida de señal mediante la IFFT bloque 560.

5 **[0045]** La figura 6 muestra un diagrama de flujo que representa un método 600 para determinar una señal de referencia en función de una señal RX y un filtro de blanqueamiento. Tras determinar un filtro de blanqueamiento, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente en relación con la figura 5, el procesador puede calcular o generar la señal de referencia filtrando la señal RX o una respectiva versión procesada/filtrada (como una señal p[n] o un segmento de esta) con el filtro de blanqueamiento. Por ejemplo, el procesador puede calcular la señal de referencia coincidente R1[n] como la convolución de la señal p[n] (o un segmento de esta) y la respuesta de impulso del filtro de blanqueamiento w[n]. La señal p[n], según se muestra en la figura 6, puede representar una versión sobremostrada y/o filtrada de la señal RX (como se ha descrito anteriormente en relación con las figuras 4A, 4B y 5). En algunas implementaciones, el procesador puede calcular la señal de referencia coincidente R1[n] como la convolución de la señal RX (o un segmento de esta) y la respuesta de impulso del filtro de blanqueamiento w[n].

10 **[0046]** Tanto el método 500 para determinar el filtro de blanqueamiento como el método 600 para calcular la señal de referencia coincidente se pueden llevar a cabo mediante la aplicación de configuración y calibración 95 del medidor de flujo de fluido. La aplicación de configuración y calibración 95 del medidor de flujo de fluido puede proporcionar entonces representación(es) del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia coincidente al medidor de flujo de fluido 100 para su uso en la estimación (o medición) del caudal de fluido o velocidad de fluido. En concreto, el medidor de flujo de fluido 100 puede filtrar señales ultrasónicas RX medidas con el filtro de blanqueamiento y realizar una correlación cruzada de las correspondientes señales filtradas con la señal de referencia coincidente para determinar cambios de tiempo (o tiempos de propagación) relativos asociados a las señales ultrasónicas RX medidas. El blanqueamiento de una señal ultrasónica (p. ej., durante el proceso de configuración) para calcular la señal de referencia coincidente según se ha descrito en la figura 6 y el blanqueamiento de una señal ultrasónica medida (por ejemplo, durante el modo de funcionamiento del medidor de flujo de fluido 100) puede reducir el efecto de la variación de temperatura asociada al fluido o a la estructura de lumen en la señal medida y la señal de referencia coincidente y, por lo tanto, conducir a una estimación más precisa y fiable de cambios de tiempo en función de las correlaciones cruzadas entre la señal ultrasónica medida y la señal de referencia coincidente. Por consiguiente, el medidor de flujo de fluido 100 puede lograr una mayor precisión en las mediciones (o estimaciones) del caudal de fluido mediante el uso del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia coincidente descritos en relación con las figuras 5 y 6.

15 **[0047]** La figura 7 muestra un diagrama de flujo que representa un método 700 para determinar una banda de frecuencia de blanqueamiento B en función de una señal de entrada. La señal de entrada puede estar asociada a una correspondiente señal RX recibida por un transductor. Por ejemplo, la señal de entrada puede ser igual a la señal RX o puede ser una versión procesada o filtrada de la señal RX. En algunas implementaciones, la señal RX puede ser una señal RX de flujo cero. En forma de breve resumen, el método 700 puede incluir que un procesador (p. ej., el procesador del dispositivo informático 90 o el procesador 151) configure los límites de frecuencia iniciales  $f_1$  y  $f_2$  de la banda de frecuencia de blanqueamiento B (etapa 710), determine un filtro de blanqueamiento en función de la señal de entrada y la banda de frecuencia B (etapa 720), determine una señal de referencia en función de la señal de entrada y el filtro de blanqueamiento (etapa 730), calcule una señal de correlación cruzada entre la señal de referencia y una versión blanqueada de la señal de entrada (etapa 750) y calcule una relación de pico a lóbulo lateral (PSR) de la señal de correlación cruzada (etapa 750). El método 700 puede incluir también que el procesador compare el ancho de banda de la banda de frecuencia B con un valor de umbral (bloque de decisión 760). Si el ancho de banda de B supera el valor de umbral, el procesador puede incrementar el ancho de banda de B actualizando los respectivos límites de frecuencia  $f_1$  y  $f_2$  y volver a la etapa 720 (etapa 770). En caso contrario, el procesador puede seleccionar la banda de frecuencia de blanqueamiento B asociada a la PSR más elevada.

20 **[0048]** El método 700 puede incluir que el procesador configure los límites iniciales  $f_1$  y  $f_2$  para la banda de frecuencia de blanqueamiento B. En algunas implementaciones, el procesador puede configurar  $f_1$  y  $f_2$  de manera que la banda de frecuencia B definida como  $[f_1, f_2]$  sea una banda estrecha centrada en una frecuencia  $f_0$  en la que la señal de entrada (por ejemplo, la señal RX o una respectiva versión procesada/filtrada, como p[n] o p'[n], según se ha descrito en relación con las figuras 4A, 4B y 5) presenta la mayor magnitud de respuesta de frecuencia. Por ejemplo, el procesador puede calcular  $f_1$  y  $f_2$  de manera que  $f_1 = f_0 - d$  y  $f_2 = f_0 + d$ , donde  $d$  es un número (por ejemplo,  $d$  puede ser igual a 0,1 MHz, 0,2 MHz u otro número). En algunas implementaciones, el procesador puede seleccionar los límites de frecuencia  $f_1$  y  $f_2$ , de manera que el rango  $[f_1, f_2]$  se disponga en el centro de la banda de paso de la señal de entrada.

25 **[0049]** El método 700 puede incluir que el procesador determine un filtro de blanqueamiento en función de la señal de entrada y la banda de frecuencia B (etapa 720). El procesador puede calcular el impulso del filtro de blanqueamiento según se ha descrito anteriormente en relación con la figura 5. El procesador puede determinar entonces una señal de referencia (o señal de referencia coincidente) en función de la señal de entrada y el filtro

de blanqueamiento (etapa 730). En algunas implementaciones, el procesador puede calcular muestras de la señal de referencia conforme a lo anteriormente descrito en relación con la figura 6.

**[0050]** El método 700 puede incluir que el procesador calcule una señal de correlación cruzada entre la señal de referencia y una versión blanqueada de la señal de entrada (etapa 740). En algunas implementaciones, el procesador puede calcular la señal de correlación cruzada según se ha expuesto en relación con la etapa 440 de las figuras 4A y 4B. El procesador puede calcular entonces una PSR de la señal de correlación cruzada (etapa 750). El procesador puede calcular la PSR identificando el mayor pico y el segundo mayor pico en la señal de correlación cruzada y dividiendo la amplitud del mayor pico por la amplitud del segundo mayor pico. En el método 700, la PSR se emplea como métrica (o característica) para seleccionar o determinar la banda de frecuencia de blanqueamiento. El procesador puede estar configurado para almacenar la PSR calculada para cada respectiva banda de frecuencia B. A continuación, el procesador puede comparar el ancho de banda de la banda de frecuencia de blanqueamiento B con un valor de umbral (bloque de decisión 760). En algunas implementaciones, el valor de umbral se puede seleccionar para que sea igual o mayor que el máximo ancho de banda posible de los transductores. Por ejemplo, el valor de umbral del ancho de banda puede ser igual a 1,5 MHz, 1,6 MHz u otro valor de ancho de banda. Si el ancho de banda de B es menor (o igual) que el valor de umbral del ancho de banda (bloque de decisión 760), el procesador puede aumentar el ancho de banda de la banda de frecuencia B (etapa 770) y volver a la etapa 720. Por ejemplo, el procesador puede actualizar el cálculo de los límites de frecuencia  $f_1$  y  $f_2$  de manera que  $f_1$  se reduzca a un valor  $d(f_1 \leftarrow f_1 - d)$  y  $f_2$  se incremente en el valor  $d(f_2 \leftarrow f_2 + d)$ , por lo tanto, incrementando el ancho de banda de B en  $2d$ . El procesador puede seguir iterando a través de las etapas 720 a 770 hasta que se determine que el ancho de banda de B (en el bloque de decisión 760) es mayor que el valor de umbral del ancho de banda. Si el ancho de banda de B es mayor que el valor de umbral del ancho de banda, el procesador puede seleccionar la banda de frecuencia de blanqueamiento B asociada a la PSR más elevada (etapa 780) como la banda de frecuencia de blanqueamiento final. En algunas implementaciones, el procesador puede almacenar también el filtro de blanqueamiento y la señal de referencia configurados en cada banda de frecuencia B a lo largo de la iteración del método 700. El procesador puede seleccionar el filtro de blanqueamiento y la señal de referencia asociados a la PSR más elevada para que se proporcione al medidor de flujo para su uso en la medición del caudal de fluido (o velocidad de flujo). Si los filtros de blanqueamiento y las señales de referencia se miden durante las iteraciones del método 700, el procesador puede utilizar la banda de frecuencia de blanqueamiento seleccionada para calcular el filtro de blanqueamiento final (según se ha expuesto en relación con la figura 5) y la señal de referencia final (como se ha analizado con respecto a la figura 6).

**[0051]** En algunas implementaciones, el procesador puede determinar la banda de frecuencia de blanqueamiento B en función de la respuesta de frecuencia de una o varias señales RX (o señales medidas). Por ejemplo, el procesador puede obtener una o varias señales RX procedentes del medidor de flujo y calcular la(s) respectiva(s) transformada(s) de Fourier. En función de la(s) transformada(s) de Fourier calculada(s), el procesador puede determinar los límites de frecuencia para B, de manera que al menos un porcentaje determinado (p. ej., 99 %, 98 %, 97 % u otro porcentaje) de la energía de las señales RX se encuentre dentro de la banda de frecuencia B. En algunas implementaciones, el procesador puede seleccionar la frecuencia de blanqueamiento B en función del ancho de banda de los transductores. Por ejemplo, el procesador puede seleccionar la banda de frecuencia de blanqueamiento B que incluye una banda de paso de los transductores (p. ej., de 1,5 MHz a 2,5 MHz).

**[0052]** La figura 8A muestra una representación de un diagrama de flujo de un método de configuración 800 para configurar un medidor de flujo. El método 800 se puede llevar a cabo mediante un procesador del dispositivo informático 90 (o procesador 151) que ejecute la aplicación de configuración 95. En forma de breve resumen, el método 800 puede incluir que se obtenga o se reciba una señal de entrada asociada a una respectiva señal RX (etapa 810), se determine una banda de frecuencia de blanqueamiento (etapa 820), se determine un filtro de blanqueamiento en función de la señal de entrada y la banda de frecuencia de blanqueamiento (etapa 830), se determine una señal de referencia en función de la señal de entrada y el filtro de blanqueamiento (etapa 840) y se proporcione(n) indicación(es) de la señal de referencia y el filtro de blanqueamiento al medidor de flujo de fluido (etapa 850). La señal RX puede ser una señal RX de flujo cero.

**[0053]** El método de configuración 800 puede incluir que la aplicación de configuración 95 obtenga una señal de entrada registrada mediante el medidor de flujo de fluido. La aplicación 95 (si se ejecuta en el dispositivo informático 90) puede iniciar la configuración del medidor de flujo de fluido 100 enviando una solicitud al medidor de flujo de fluido 100. En algunas implementaciones, el proceso de configuración se puede iniciar a través de un botón del medidor de flujo de fluido 100 (p. ej., si la aplicación de configuración 95 se ejecuta en el procesador 151 o el circuito de control 150). Tras el inicio del proceso de configuración, un transductor 110 del medidor de flujo de fluido 100 puede generar una señal de transmisión (TX) para propagarse a través del fluido en el lumen. En respuesta a la señal TX, otro transductor 110 del medidor de flujo de fluido puede recibir una respectiva señal RX (o señal de medición). En algunas implementaciones, las señales TX y RX pueden estar asociadas a un estado de flujo cero. En algunas implementaciones, las señales TX y RX pueden ser señales aguas arriba y aguas abajo. El ADC 155 puede muestrear la señal RX y proporcionar las respectivas muestras al procesador 151 o a una memoria del medidor de flujo de fluido 100. El medidor de flujo de fluido 100 (o el procesador 151)

puede proporcionar las muestras de la señal RX a la aplicación de configuración 95. En algunas implementaciones, el medidor de flujo de fluido 100 puede proporcionar una versión procesada o filtrada de la señal RX.

5 **[0054]** El método 800 puede incluir que la aplicación 95 determine una banda de frecuencia de blanqueamiento B (etapa 820). El hecho de determinar la banda de frecuencia de blanqueamiento B puede incluir la determinación de los respectivos límites de frecuencia (p. ej., valores de frecuencia  $f_1$  y  $f_2$ ). En algunas implementaciones, la aplicación de configuración 95 puede determinar la banda de frecuencia de blanqueamiento según se ha descrito anteriormente en relación con la figura 7. El método 800 puede incluir que la aplicación de configuración 95 determine un filtro de blanqueamiento en función de la señal de entrada y la banda de frecuencia B (etapa 830). La aplicación de configuración 95 puede determinar el filtro de blanqueamiento según se ha expuesto anteriormente en relación con las figuras 5 y 7. El método 800 puede incluir que la aplicación de configuración 95 determine una señal de referencia en función de la señal de entrada y el filtro de blanqueamiento (etapa 840). La aplicación de configuración 95 puede determinar la señal de referencia según se ha descrito anteriormente en relación con las figuras 6 y 7. La aplicación de configuración 95 puede proporcionar entonces indicación(es) (o representación(es)) del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia (determinados en las etapas 830 y 840) al medidor de flujo de fluido 100 (o el respectivo procesador 151) para su uso en la determinación del caudal de fluido o velocidad de flujo de fluido. Por ejemplo, si la aplicación de configuración 95 se ejecuta en un dispositivo informático 90 externo al medidor de flujo de fluido 100, el dispositivo informático 90 puede enviar indicación(es) del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia al medidor de flujo 100. Si la aplicación de configuración 95 se ejecuta en el procesador 151, la aplicación de configuración 95 puede almacenar indicación(es) del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia en una memoria asociada al medidor de flujo de fluido 100. El medidor de flujo de fluido 100 puede emplear entonces el filtro de blanqueamiento y la señal de referencia para medir la diferencia en los tiempos de propagación de señal para distintas señales (según se ha descrito anteriormente en relación con las figuras 2, 4A y 4B) durante el modo operativo (es decir, tras la configuración) del medidor de flujo de fluido 100.

10 **[0055]** La figura 8B muestra gráficos de señales de correlación cruzada calculadas según el/los método(s) de las figuras 4A y 4B y asociadas a distintas temperaturas de fluido. Las señales de correlación cruzada se calculan utilizando un filtro de blanqueamiento y una señal de referencia que se configuran según se ha descrito en relación con las figuras 5, 6 y 7. En comparación con las señales de correlación cruzada de la figura 3, cada una de las señales de correlación cruzada de la figura 8B muestra (o incluye) un respectivo máximo (o pico) global que es considerablemente distinto en cuanto a magnitud (p. ej., considerablemente mayor en cuanto a magnitud) en comparación con otros máximos locales de esa señal de correlación cruzada. De este modo, el máximo global de cada una de las señales de correlación cruzada que se muestran en la figura 8B se puede distinguir (o identificar) entre otros máximos locales en esa señal de correlación cruzada. Por lo tanto, el hecho de utilizar un filtro de blanqueamiento y una señal de referencia configurados según se ha descrito en relación con las figuras 5, 6 y 7 permite una estimación precisa de cambios de tiempo entre la señal de referencia y las señales de medición (o señales RX).

15 **[0056]** En algunas implementaciones, la aplicación de configuración 95 puede estar configurada para determinar un valor de desviación temporal para su uso en la determinación de un segmento (etapa 220 en la figura 2) de la señal de resolución fina. La aplicación de configuración 95 puede obtener (o generar) una señal de resolución fina asociada a una respectiva señal de medición (o señal RX). La aplicación de configuración 95 puede seleccionar entonces un máximo local, un mínimo local o un paso por el punto cero de la señal de resolución fina que se va a utilizar, por ejemplo, como el centro de la ventana determinada en el bloque 220 de la figura 2. La aplicación de configuración 95 puede emplear un índice de tiempo asociado al máximo local, el mínimo local o el paso por el punto cero seleccionados como el valor de desviación temporal. La aplicación de configuración 95 puede proporcionar el valor de desviación temporal al medidor de flujo de fluido 100 para su uso en la estimación de los tiempos de propagación de señal.

20 **[0057]** Al estimar el tiempo de propagación (p. ej., durante el modo de funcionamiento tras la configuración del medidor de flujo de fluido 100) asociado a una señal ultrasónica RX medida (como una señal ultrasónica aguas arriba, aguas abajo o una respectiva versión procesada), el medidor de flujo de fluido 100 puede filtrar la señal ultrasónica RX medida utilizando el filtro de blanqueamiento. El medidor de flujo de fluido 100 puede realizar una correlación cruzada de la señal ultrasónica RX filtrada medida con la señal de referencia coincidente para calcular una señal de correlación cruzada. El medidor de flujo de fluido 100 puede determinar un cambio de tiempo (o un tiempo de propagación) relativo asociado a la señal ultrasónica RX medida en función, por ejemplo, de un índice de tiempo asociado a un pico de la señal de correlación cruzada calculada.

25 **[0058]** La figura 9 es un diagrama de flujo que representa un método 900 para calibrar un medidor de flujo de fluido. El hecho de calibrar el medidor de flujo de fluido puede incluir la calibración de una relación de conversión empleada por el medidor de flujo de fluido para trazar una diferencia medida en los tiempos de propagación para distintas señales de medición con respecto a un valor de caudal de fluido (o velocidad de flujo de fluido) que indica el caudal de fluido (o velocidad de flujo de fluido) del fluido en el lumen. El método 900 puede incluir que un procesador (tal como un procesador del dispositivo informático 90 o el procesador 151) obtenga un valor medido con el medidor que indique una cantidad de fluido medida mediante el medidor de flujo de fluido (etapa

910). Por ejemplo, un usuario puede provocar que se conduzca el fluido (p. ej., abriendo un grifo) a través del lumen en el que está instalado el medidor de flujo de fluido. El usuario puede utilizar un cubo para recoger la cantidad de fluido que fluye desde el grifo. El medidor de flujo de fluido 100 puede medir la cantidad de fluido que fluye a través del lumen (p. ej., integrando los valores de caudal de fluido medidos a lo largo del tiempo durante el cual fluye el fluido). En algunas implementaciones, el proceso de calibración 900 se puede llevar a cabo tras configurar el medidor de flujo de fluido 100 según se ha descrito en relación con las figuras 5-8. El procesador puede obtener el valor medido con el medidor de la cantidad de fluido desde el medidor de flujo de fluido 100.

**[0059]** El método 900 puede incluir que el procesador obtenga un valor medido por el usuario de la cantidad de fluido que fluye a través del lumen (etapa 920). Por ejemplo, el usuario puede medir la cantidad de fluido recogida en el cubo e introducir el valor medido (p. ej., a través de una interfaz de usuario (UI, por sus siglas en inglés) del dispositivo informático 90 o una UI del medidor de flujo 100). A continuación, el procesador puede calcular un valor de calibración de la relación de conversión como la relación del valor medido por el usuario dividido por el valor medido por el medidor (etapa 930). El procesador puede proporcionar entonces el valor de calibración de la relación de conversión al medidor de flujo de fluido 100 (etapa 940). El medidor de flujo de fluido 100 (o el procesador 151) puede calibrar entonces una relación de conversión (mantenida por el medidor de flujo) multiplicando la relación de conversión por el valor de calibración. El procesador 151 puede utilizar la relación de conversión calibrada para trazar diferencias medidas en los tiempos de propagación de señal (entre distintas señales de medición) con respecto a los respectivos valores de caudal.

**[0060]** Aunque los sistemas, dispositivos y métodos de la presente exposición se describen en términos de transductores ultrasónicos, los sensores de caudal alternativos pueden incluir sensores de campo magnético, sensores acústicos u otros sensores capaces de detectar otros tipos de señales que se propaguen a través de un fluido en un lumen. Los sistemas, dispositivos y métodos descritos en la presente exposición se pueden utilizar para medir caudales en sistemas de distribución de fluido, como sistemas de distribución de agua, sistemas de distribución de gas natural, sistemas de distribución de petróleo u otros sistemas de distribución de fluido utilizados en distintos sectores industriales.

**[0061]** Los métodos descritos en la presente exposición se pueden implementar como instrucciones de código informático. Por ejemplo, un medio legible por ordenador puede incluir instrucciones de código informático almacenadas en este. Cuando un procesador ejecuta las instrucciones de código informático, estas provocan que el procesador ejecute cualquiera de los métodos descritos anteriormente.

**[0062]** A pesar de que la invención se ha mostrado y descrito en particular con referencia a formas de realización específicas, los expertos en la materia deben entender que se pueden realizar diversos cambios en cuanto a la forma y los detalles sin alejarse del alcance de la invención según se define en las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de configuración de medidores de flujo de fluido ultrasónicos comprendiendo:

recibir, mediante un procesador, una señal de entrada asociada a una señal de medición registrada por un medidor de flujo de fluido ultrasónico (100) montado sobre una estructura que define un lumen (10), representando la señal de medición una señal ultrasónica que se propaga a través del fluido que fluye en el lumen (10),

**caracterizado por que** comprende, además:

determinar, mediante el procesador, una banda de frecuencia de blanqueamiento en función de la señal de entrada;

formar, mediante el procesador, un filtro de blanqueamiento en función de la banda de frecuencia de blanqueamiento y la señal de entrada;

generar, mediante el procesador, una señal de referencia filtrando la señal de entrada mediante el uso del filtro de blanqueamiento; y

proporcionar, mediante el procesador, representaciones del filtro de blanqueamiento y la señal de referencia al medidor de flujo de fluido (100) para su uso en la estimación de los caudales de fluido en función de las señales ultrasónicas medidas por el medidor de flujo de fluido (100), estando configurado el medidor de flujo de fluido (100) para filtrar una señal ultrasónica medida utilizando el filtro de blanqueamiento y para realizar una correlación cruzada de la señal ultrasónica filtrada con la señal de referencia para estimar un cambio de tiempo asociado a la señal ultrasónica medida.

2. Método según la reivindicación 1, donde la señal de entrada incluye la señal de medición o una versión filtrada de la señal de medición.

3. Método según la reivindicación 1, donde el hecho de determinar una banda de frecuencia de blanqueamiento en función de la señal de entrada incluye:

para cada una de una pluralidad de bandas de frecuencia de blanqueamiento candidatas,

determinar un filtro de blanqueamiento candidato en función de la señal de entrada y la banda de filtro de blanqueamiento candidata;

generar una señal de referencia candidata filtrando la señal de entrada con el filtro de blanqueamiento candidato;

calcular una señal de correlación cruzada candidata representando la correlación cruzada entre la señal de referencia candidata y una versión de la señal de entrada filtrada utilizando el filtro de blanqueamiento candidato; y

calcular una relación candidata de pico a lóbulo lateral (PSR) utilizando la señal de correlación cruzada candidata; y

seleccionar, entre la pluralidad de bandas de frecuencia de blanqueamiento candidatas, una banda de frecuencia de blanqueamiento candidata asociada a la PSR más elevada.

4. Método según la reivindicación 1, donde el hecho de formar un filtro de blanqueamiento en función de la banda de frecuencia de blanqueamiento y la señal de entrada incluye:

calcular una respuesta de frecuencia de la señal de entrada calculando una transformada de Fourier de la señal de entrada;

calcular una respuesta de frecuencia del filtro de blanqueamiento invirtiendo la respuesta de frecuencia de la señal de entrada en la banda de frecuencia de blanqueamiento; y

calcular una respuesta de impulso del filtro de blanqueamiento calculando una transformada inversa de Fourier de la respuesta de frecuencia del filtro de blanqueamiento.

5. Método según la reivindicación 4, donde el hecho de formar un filtro de blanqueamiento en función de la banda de frecuencia de blanqueamiento y la señal de entrada incluye, además, truncar la respuesta de impulso calculada del filtro de blanqueamiento.

6. Método según la reivindicación 4, donde el hecho de formar un filtro de blanqueamiento en función de la banda de frecuencia de blanqueamiento y la señal de entrada incluye, además, aplicar una operación de funciones ventana a la señal de entrada antes de calcular la respuesta de frecuencia de la señal de entrada.

7. Método según la reivindicación 6, donde la operación de funciones ventana incluye el uso de una ventana Hamming o una ventana Hanning.

8. Método según la reivindicación 1, donde la señal de medición es una señal de medición de flujo cero que está asociada a un estado de flujo cero del fluido en el lumen (10).
9. Método según la reivindicación 1, comprendiendo, además:
- 5        recibir, mediante el procesador, un primer valor que indica una cantidad de fluido que fluye a través del lumen (10), midiéndose el primer valor mediante el medidor de flujo de fluido (100);
- recibir como entrada, mediante el procesador, un segundo valor que indica la cantidad de fluido que fluye a través del lumen (10) medida por un usuario del medidor de flujo de fluido (100);
- calcular, mediante el procesador, un valor de calibración dividiendo el segundo valor por el primer valor; y
- 10        proporcionar, mediante el procesador, el valor de calibración al medidor de flujo de fluido (100) para calibrar una relación de conversión multiplicando la relación de conversión por el valor de calibración, utilizando el medidor de flujo de fluido (100) la relación de conversión calibrada para trazar una diferencia de tiempo medida entre los tiempos de propagación de la señal y un respectivo valor de caudal de fluido.
- 15        **10.** Medio no transitorio legible por ordenador incluyendo instrucciones de código informático almacenadas en el mismo, donde las instrucciones de código informático, al ser ejecutadas por un procesador, provocan que el procesador realice un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-9.
- 11.** Sistema para configurar un medidor de flujo de fluido ultrasónico (100) comprendiendo:
- un procesador; y
- un medio no transitorio legible por ordenador según la reivindicación 10.
- 20        **12.** Sistema según la reivindicación 11 comprendiendo un dispositivo informático (90) acoplado de forma comunicativa al medidor de flujo de fluido (100).

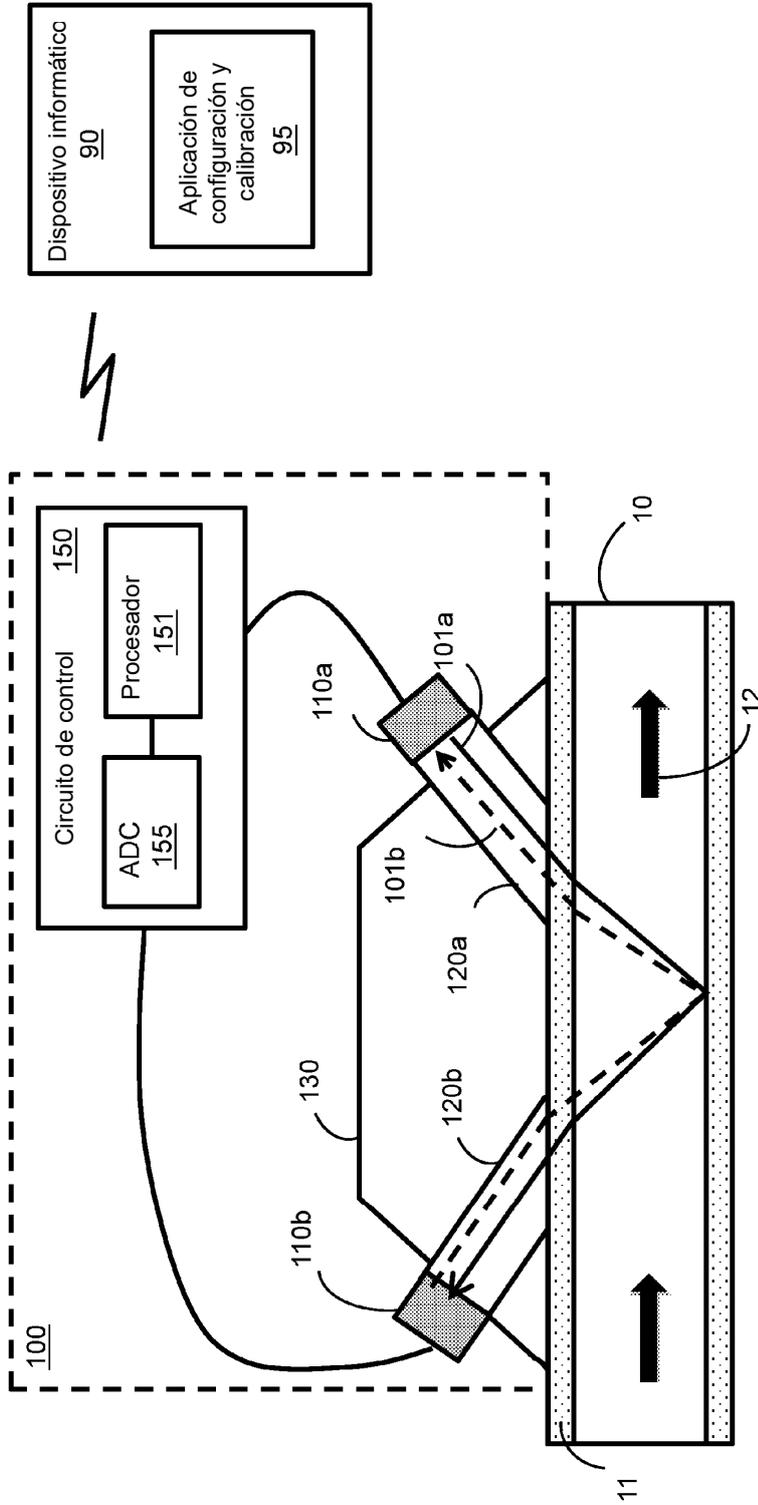


FIG. 1

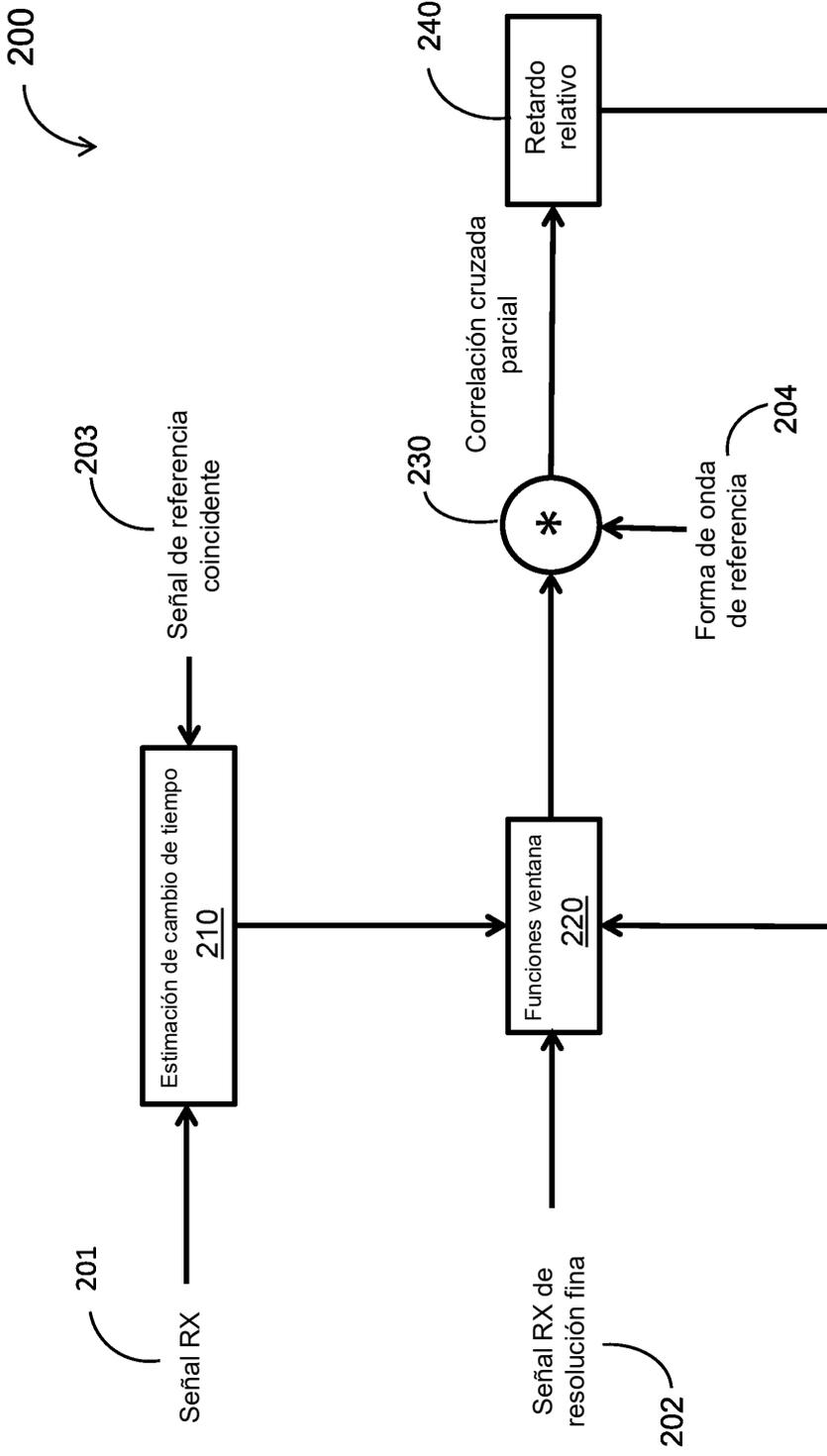


FIG. 2

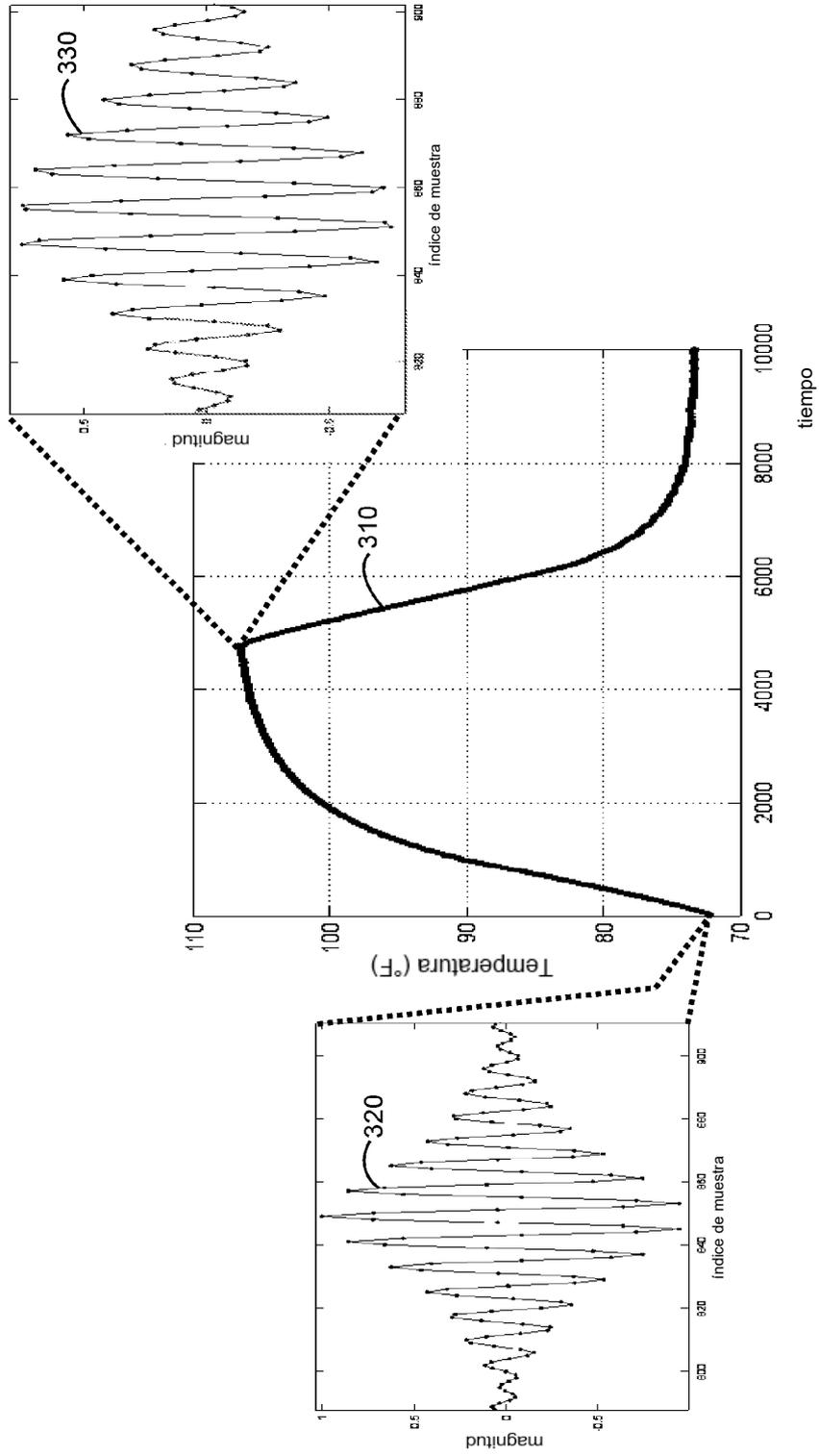


FIG. 3

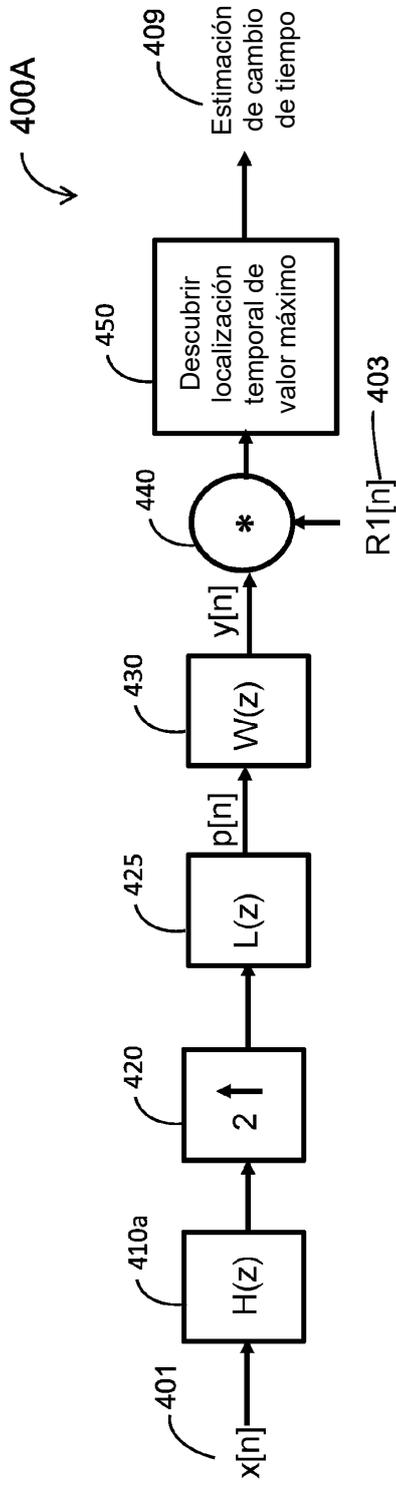


FIG. 4A

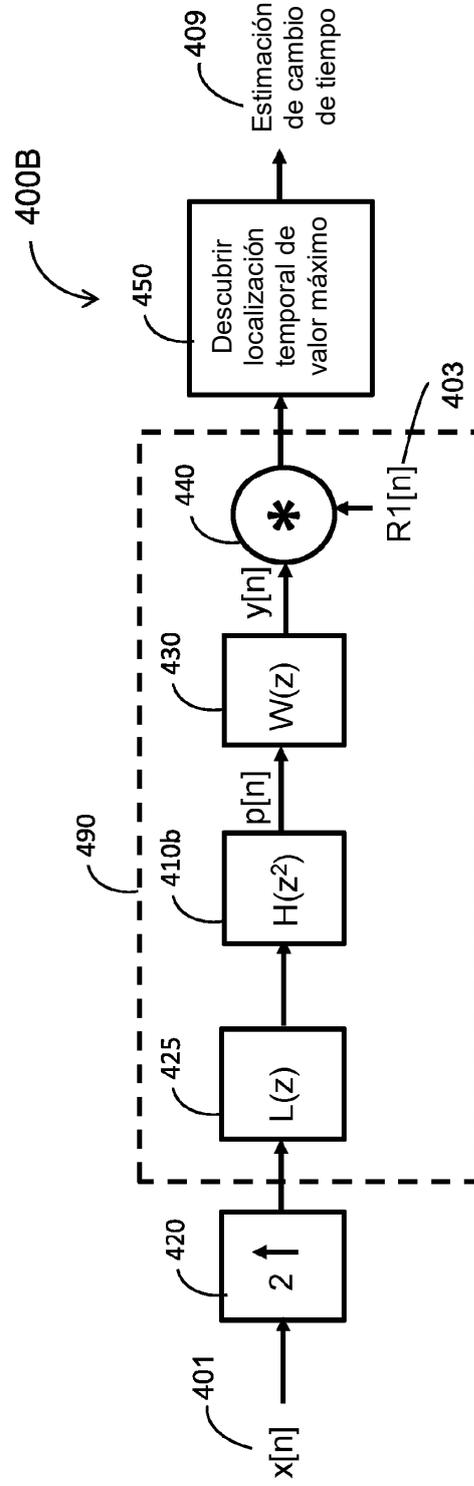


FIG. 4B

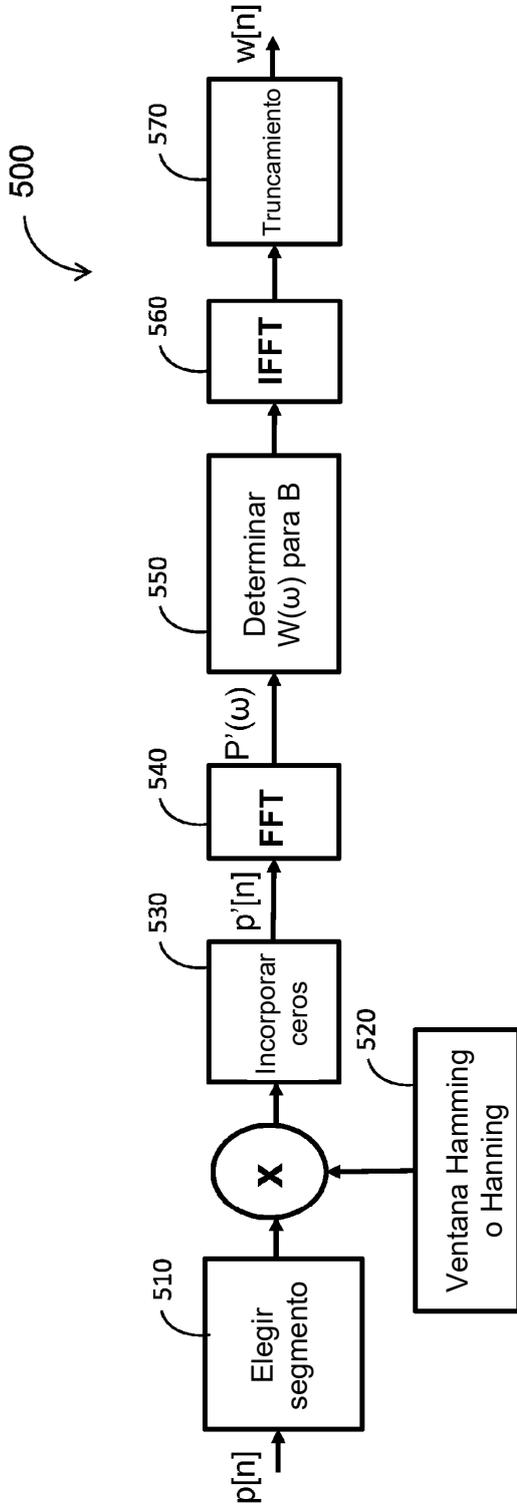


FIG. 5

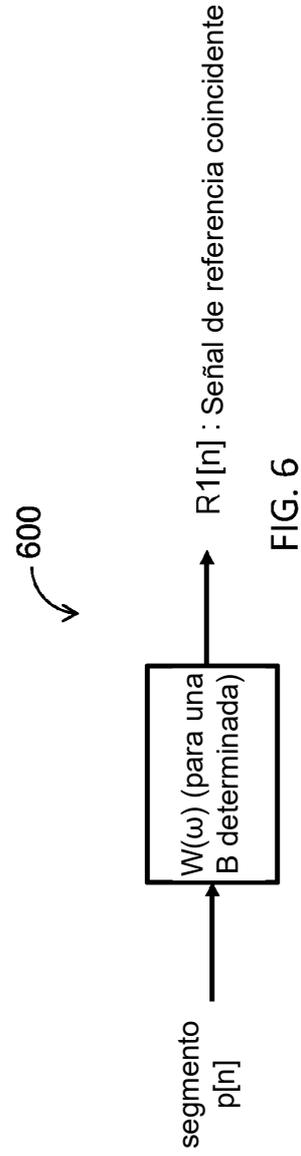


FIG. 6

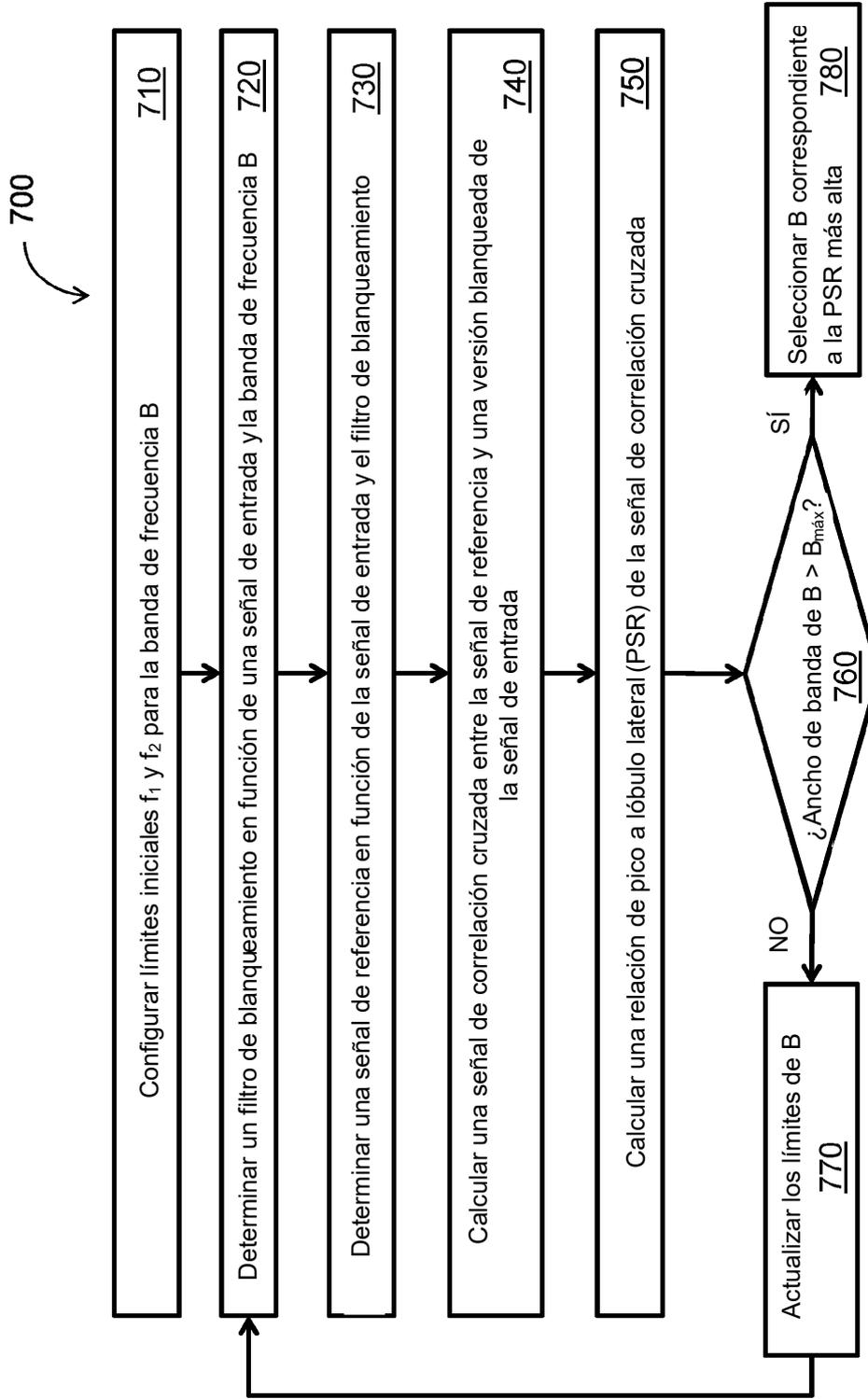


FIG. 7

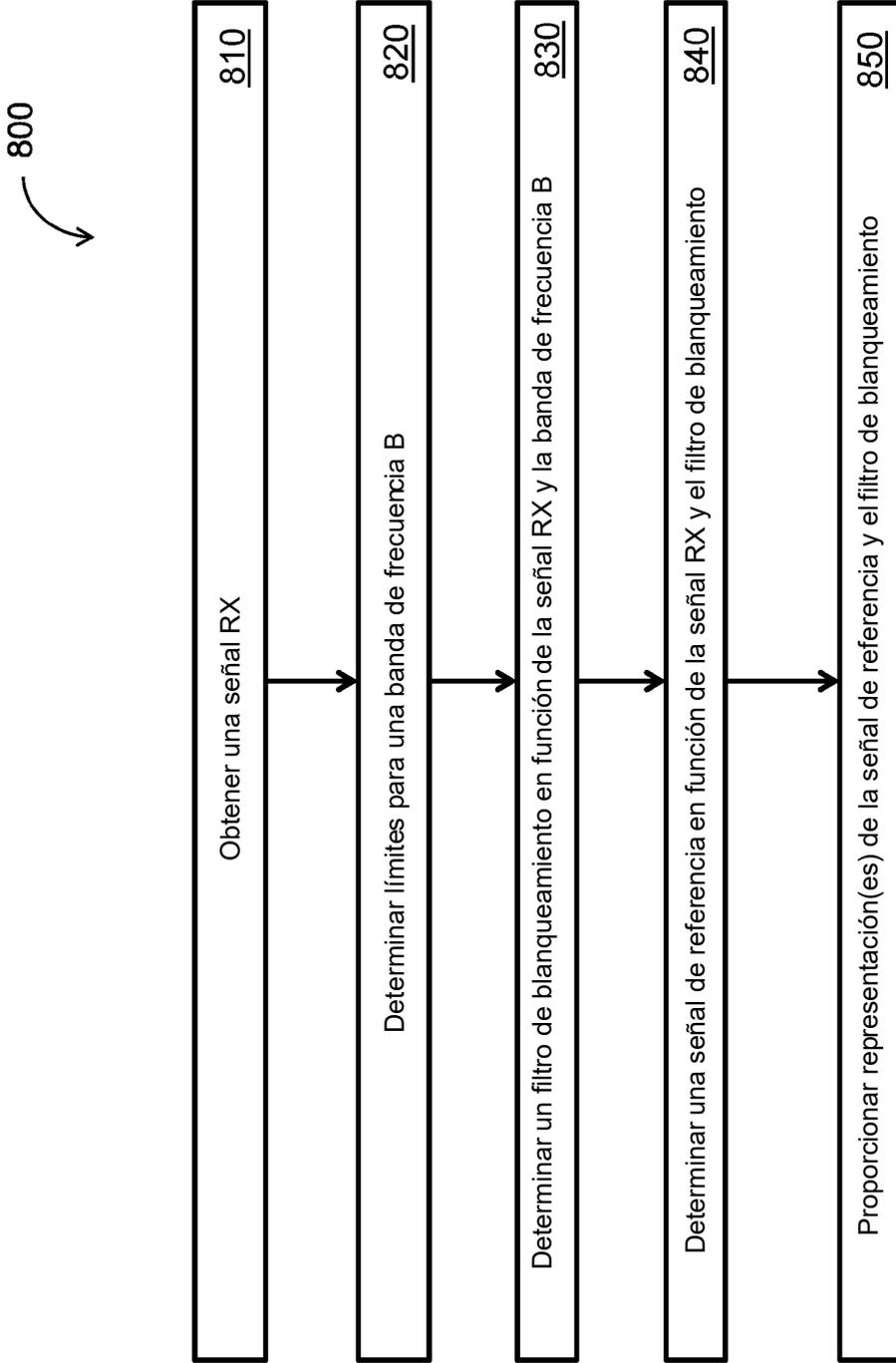


FIG. 8A

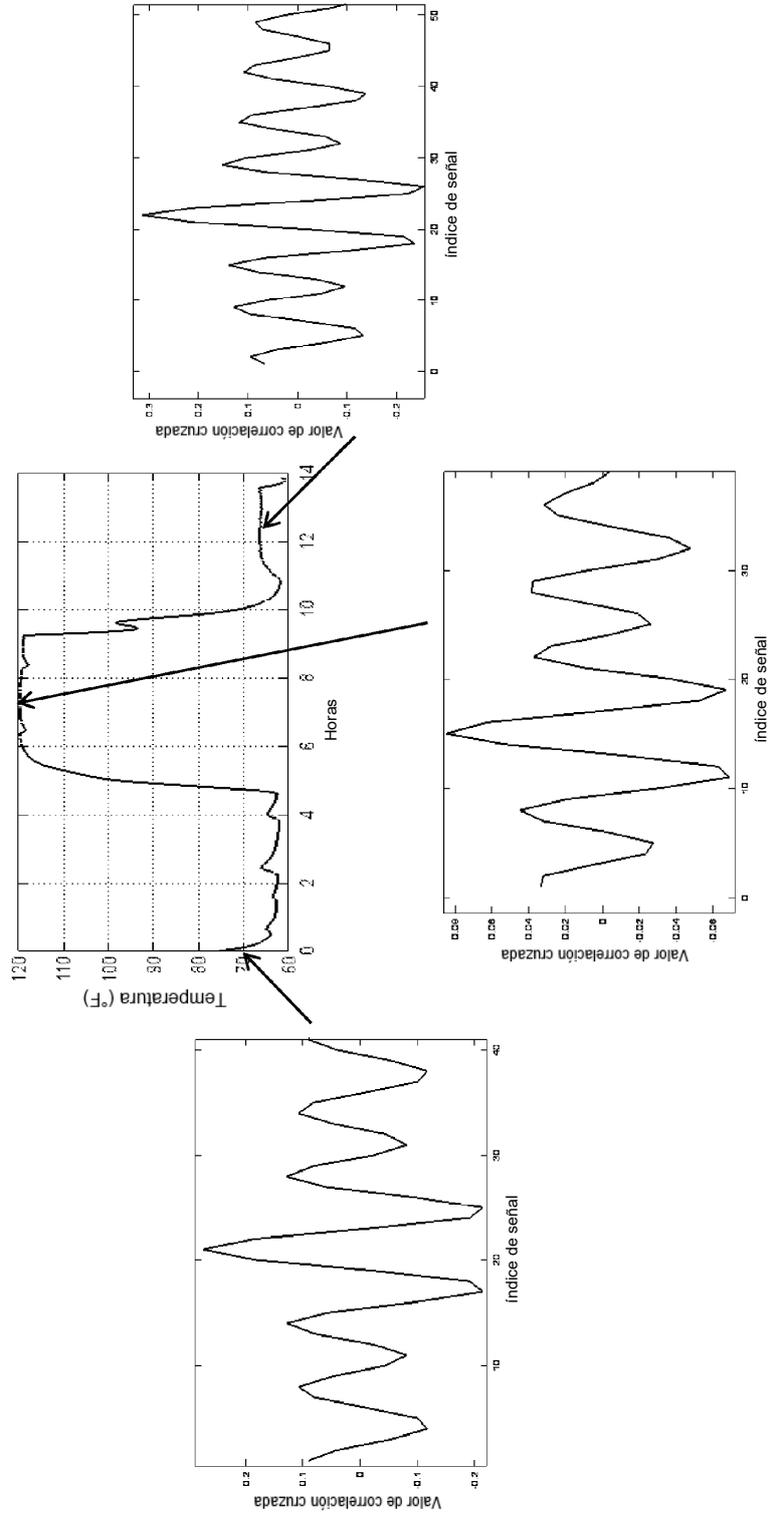


FIG. 8B

900

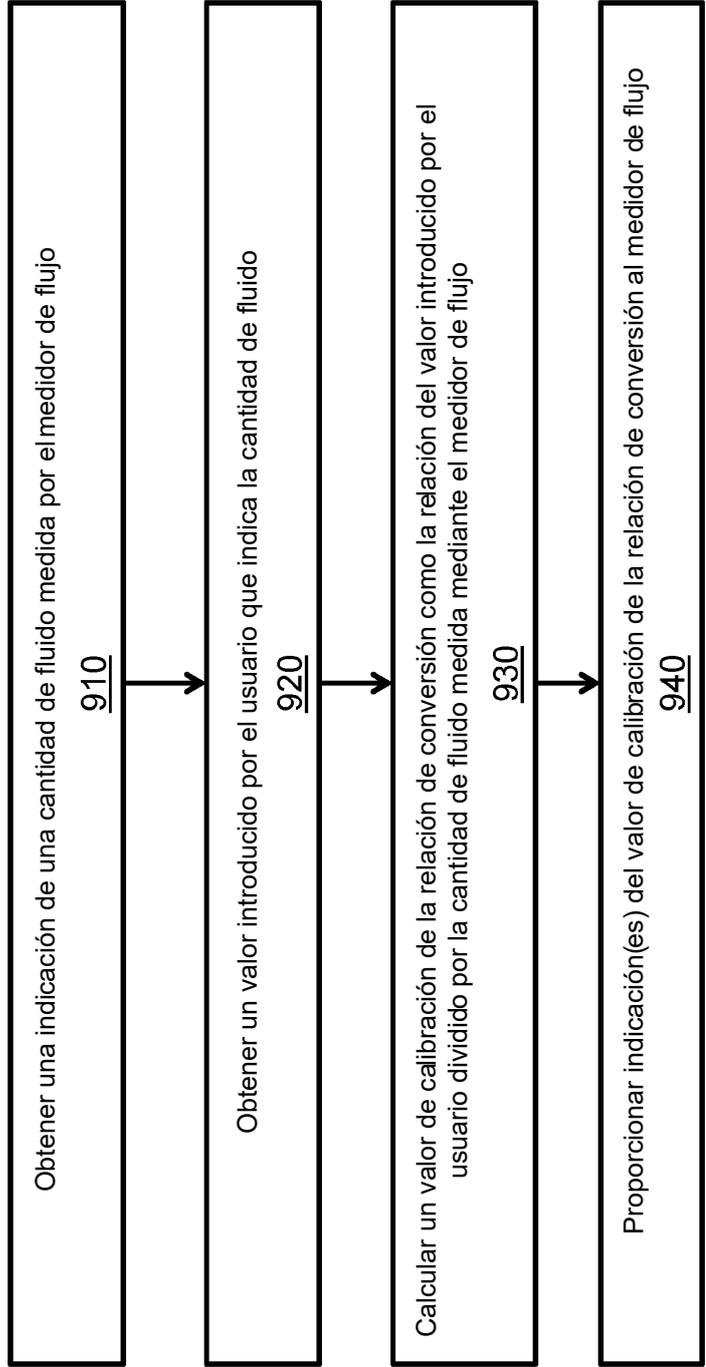


FIG. 9