

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 895 928**

51 Int. Cl.:

G01N 22/00 (2006.01)

G01F 23/284 (2006.01)

G01R 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2012** **PCT/US2012/033035**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.10.2012** **WO12142097**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2012** **E 12770824 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.08.2021** **EP 2699897**

54 Título: **Sistema y método para identificar fluidos y monitorizar la calidad de fluido en un envase**

30 Prioridad:

14.04.2011 US 201113086958

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

23.02.2022

73 Titular/es:

MEGGITT (ORANGE COUNTY), INC. (100.0%)
14600 Myford Road
Irvine, CA 92606, US

72 Inventor/es:

MISKELL, THOMAS;
RIZZO, VINCENT J.;
SINNAMON, JOHN L. y
CARVALHO, CARLOS E.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 895 928 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para identificar fluidos y monitorizar la calidad de fluido en un envase

Inventores: Carlos E. Carvalho, John L. Sinnamon, Thomas Miskell y Vincent Rizzo.

Campo de la invención

- 5 Esta invención se refiere a métodos y sistemas para monitorizar fluidos en recipientes. En particular, esta invención se refiere a métodos y sistemas para identificar fluidos, medir y monitorizar la calidad de fluidos en tanques de combustible.

Antecedentes de la invención

- 10 La detección de propiedades físicas de los fluidos en un envase es importante por diversas razones. Muchas aplicaciones, por ejemplo, aplicaciones marinas y de aviación, vehículos terrestres, envases y procesos industriales, requieren mediciones precisas del combustible en un tanque para garantizar que suficientes suministros llegan a los destinos previstos. Es excepcionalmente importante en aplicaciones de aviación monitorizar los niveles de combustible en múltiples tanques para asegurar el equilibrio adecuado de los niveles para impartir el menor impacto en la aerodinámica de una aeronave, que puede verse significativamente afectada por cambios en el centro de gravedad tridimensional de un plano.

- 15 Es esencial un método preciso, fiable y seguro para medir la cantidad de fluido en un recipiente. Las aplicaciones actuales incluyen tanques de combustible que contienen fluidos volátiles, aunque la invención aquí descrita puede acomodar una amplia gama de fluidos, independientemente de sus características de volatilidad. Otros parámetros que deben determinarse con precisión y coherencia son el tipo de combustible y el contenido de contaminación, si lo hubiera. Una consideración adicional es la necesidad de hardware que cumpla con los requisitos de interferencia electromagnética (EMI), descarga electrostática (ESD) e interfaz de un recipiente, como un tanque de combustible de aviación, en su entorno de manera segura.

- 20 La tecnología de radar anterior incluye métodos para escanear, fijar y rastrear objetivos. El enfoque básico es transmitir una señal que, utilizando términos de radar, ilumina los objetivos, realiza la activación de un receptor para localizar objetivos y, opcionalmente, selecciona objetivos para fijarlos y seguirlos. El análisis de la señal recibida se puede utilizar para determinar la distancia (alcance) del objetivo y realizar el reconocimiento de firmas para definir el tipo de objetivo y sus características. La combinación de tecnología de radar con la teoría de la línea de transmisión resuelve los problemas asociados con la detección de niveles de fluidos en recipientes, en particular los que se utilizan en el campo de la aviación.

- 25 La reflectometría en el dominio del tiempo (TDR, del inglés *Time Domain Reflectometry*) combina elementos de la tecnología de radar con el procesamiento de señales digitales. Una descripción de usar TDR para detectar niveles de fluido en un envase se da a conocer en la solicitud principal, la solicitud de patente no provisional de los EE. UU. en trámite, titulada "Scan Lock and Track Fluid Characterization and Level Sensor Apparatus and Method", que tiene número de serie 12/630,225, presentada el 3 de diciembre de 2009 (publicado como US 2010/0139393 A1).

- 30 El documento US 2002/0143500 A1 también describe un método para usar la reflectometría en el dominio del tiempo para calcular una constante dieléctrica de un producto en un tanque de acuerdo con la técnica anterior de la invención.

- 35 La TDR combina elementos de la tecnología de radar con procesamiento de señales digitales. El componente de radar implica generar una señal, a veces llamada "pulso de interrogación", y transmitir esa señal a un envase, por ejemplo, un tanque de combustible. Un pulso de interrogación puede ser, por ejemplo, un impulso unitario o una función escalón unitario. El pulso de interrogación puede transmitirse con una guía de ondas, por ejemplo, una línea de transmisión, un cable coaxial o una sonda coaxial. La velocidad de propagación del pulso de interrogación a través de un material está directamente relacionada con la permitividad relativa (constante dieléctrica) de un material. Los materiales con diferentes constantes dieléctricas tendrán diferentes velocidades de propagación. El tiempo de tránsito del pulso se usa para medir la constante dieléctrica. La velocidad de propagación del pulso de interrogación depende de las propiedades del medio por el que viaja, de acuerdo con la relación demostrada por la ecuación

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}} \quad (\text{Ec. 1})$$

- 40 donde v = velocidad de propagación, c = velocidad de la luz y ϵ = la constante dieléctrica. La constante dieléctrica varía según el material, y la constante dieléctrica de muchos materiales puede ser una función importante de la densidad (y por lo tanto de la temperatura) y, a menudo, una función importante de la cantidad de cualquier aditivo o contaminante que pueda estar presente. Por lo tanto, la velocidad de propagación del pulso que viaja cambia en general a medida que pasa de un material a otro, y la velocidad de propagación en cualquier medio dado puede además variar en correspondencia con factores tales como el contenido de aditivos y la temperatura. El efecto de la

temperatura sobre la constante dieléctrica es especialmente cierto para los líquidos, y el efecto del contenido de aditivo sobre la constante dieléctrica es especialmente cierto para el aditivo de etanol en el combustible de hidrocarburo.

El procesamiento de señales digitales puede usarse para ayudar a la resolución de los múltiples pulsos de interrogación reflejados. Generalmente, según la teoría de Nyquist, una forma de onda debe muestrearse al menos al doble de la componente de frecuencia más alta de la forma de onda. Pero debido a la combinación de las altas velocidades de propagación del pulso de interrogación y las distancias cortas recorridas por los pulsos de interrogación (generalmente la distancia desde la parte superior de un tanque de combustible hasta el fondo de un tanque de combustible, y viceversa), la frecuencia de muestreo debe ser extremadamente alta. La TDR aprovecha el hecho de que el contenido del envase que se está monitorizando cambia muy lentamente en relación con el tiempo de propagación del pulso de interrogación. Por tanto, el reflejo de un primer pulso de interrogación será, a todos los efectos prácticos, indistinguible del reflejo de un segundo pulso de interrogación transmitido, por ejemplo, varios nanosegundos más tarde. Esto evita la necesidad de muestrear el impulso reflejado recibido a la frecuencia de Nyquist (el doble de la frecuencia de la frecuencia de componente más alta presente en la forma de onda muestreada).

En lugar de muestrear una forma de onda recibida completa a la frecuencia de Nyquist, TDR crea un compuesto "expandido en el tiempo" de una forma de onda muestreada acumulando una o más muestras de cada impulso reflejado. Para crear el compuesto, se barre progresivamente el retardo entre el pulso transmitido y el instante en que se recoge una muestra, de modo que la diferencia de tiempo entre muestras sucesivas sea menor o igual al período correspondiente a la frecuencia de Nyquist. No hay ninguna objeción al muestreo a una frecuencia más alta (por ejemplo, recogiendo dos o más muestras por cada pulso de interrogación). El compuesto se puede crear superponiendo muestras recogidas en múltiples pulsos de interrogación. La operación en la señal muestreada puede entonces ser realizada por el circuito de procesamiento de señal como si el compuesto representara una única forma de onda reflejada muestreada en o por encima de la frecuencia de Nyquist.

La frecuencia de muestreo relativamente baja reduce la carga de procesamiento en los circuitos de procesamiento de señales y, de manera similar, permite realizar el procesamiento de señales mediante componentes de menor velocidad y menor coste. La carga de procesamiento se puede reducir aún más muestreando solo la forma de onda reflejada en momentos selectivos. Por ejemplo, puede haber poco interés en analizar la parte de la forma de onda reflejada correspondiente a los reflejos generados por las transiciones de impedancia que ocurren antes de que el pulso de interrogación entre en el envase, como el punto donde la señal está pasando del cable de transmisión a la guía de ondas. Por lo tanto, la ventana de tiempo de muestreo puede restringirse de modo que la forma de onda recibida consista únicamente en reflejos de una región de interés, como la parte de un tanque de combustible que contiene combustible.

Cuando hay una pluralidad de fluidos estratificados dentro de un tanque, puede ser deseable además conocer la altura de cada capa de fluido estratificado. Por ejemplo, cuando el agua se mezcla con combustible de hidrocarburos intencionalmente, como cuando el agua de mar se utiliza como lastre en los petroleros; o involuntariamente, como cuando hay agua presente en el tanque de combustible de un vehículo o cuando el agua subterránea se filtra en los tanques de las bombas de combustible en las estaciones de servicio o debido a la condensación, se puede desear conocer la altura de la(s) capa(s) de combustible a diferencia de capa(s) sin combustible para una determinación precisa del combustible restante. La detección y medición de capas de fluidos estratificados se discute en la solicitud de patente no provisional en tramitación con la presente de los EE. UU. Titulada "System and Method for Optimizing Sweep Delay And Aliasing For Time Domain Reflectometric Measurement of Liquid Height Within A Tank", con número de serie 12/630.305, presentado el 3 de diciembre de 2009 y publicado como US 2010/0153029 A1.

Otra función de medición importante es determinar la presencia y/o la cantidad de cualquier contaminante en el combustible para garantizar el funcionamiento seguro y adecuado de los motores que funcionan con el combustible. La entrada de contaminantes en un motor en funcionamiento puede provocar graves problemas de rendimiento e incluso fallo de motor. Un medio para monitorizar constantemente la presencia y la cantidad de contaminantes, particularmente agua y hielo, es un componente importante de un sistema de medición de combustible.

En el tanque de combustible de aeronave puede haber presente agua de varias formas. Dependiendo de la forma que adopte, el agua puede representar diferentes problemas para el funcionamiento de una aeronave. El agua puede disolverse en otro fluido, emulsionarse con un fluido inmiscible o el agua libre puede acumularse y formar una capa de agua. Además, dependiendo de la temperatura, el agua puede estar presente como una capa de hielo o como una mezcla de hielo y combustible, formando una sustancia similar a un gel. El agua se puede introducir en un tanque de combustible de diferentes maneras. El agua puede entrar en el tanque de combustible de una aeronave en forma de vapor de agua introducido a través de respiraderos de los tanques de combustible, o puede introducirse en el vehículo en el propio combustible como solución. El agua puede acumularse y congelarse, obstruyendo los tanques de combustible y las líneas de combustible. Es algunas aeronaves un procedimiento estándar es verificar de forma rutinaria la presencia de agua en un tanque de combustible después de cierto tiempo de vuelo.

Una mezcla de agua puede existir en el combustible en dos estados: agua disuelta (única fase) o agua emulsionada (dos fases). La cantidad de agua presente en el combustible depende del grado y la temperatura del combustible. Cuando el agua se disuelve, se convierte en parte de la solución basada en la unión de moléculas de agua, por lo que no es práctico eliminarla. Normalmente en el combustible se encuentra una pequeña cantidad de agua disuelta.

Una emulsión es una mezcla de dos o más fluidos inmiscibles, es decir, una mezcla de dos o más fluidos que no se pueden mezclar. Un primer fluido se dispersa en un segundo fluido, donde el segundo fluido está en fase continua. Se dice que el primer fluido está en fase dispersa. La frontera entre la fase dispersa y la fase continua se denomina interfaz. Las emulsiones generalmente aparecen turbias o nebulosas, porque las interfaces de fase tienden a dispersar la luz. Los tanques de combustible en una aeronave se agitan constantemente, por ejemplo, por bombas, turbulencias y movimiento del avión. Es posible que esta agitación no permita que el agua emulsionada en el combustible se separe y se deposite. Si la temperatura desciende cuando, por ejemplo, la aeronave sube de altitud, el agua emulsionada puede comenzar a congelarse, haciendo que el combustible se gelifique.

El agua disuelta o emulsionada se ha detectado tradicionalmente en el combustible con kits de pruebas químicas. Por lo general, esto implica tomar una muestra de combustible, agregar polvo sensible al agua y buscar un cambio de color. Luego, el color del combustible se compara con una tarjeta de colores estándar para determinar si hay presente agua.

El agua libre describe el agua líquida que no está disuelta o emulsionada. El agua libre generalmente se deposita como una capa estratificada en el fondo de un tanque, debajo del combustible. Para las embarcaciones de aviación general, es decir, una aeronave pequeña, generalmente de propulsión por hélice, el método más simple para detectar agua libre en el combustible es una comprobación manual antes del despegue. Se inserta un dispositivo en una válvula en la parte inferior del tanque de combustible que extrae algo de combustible del fondo del tanque. Se extrae una muestra de combustible del fondo del tanque porque el agua es más densa que el combustible y, por lo tanto, se deposita en el fondo del tanque. Una vez que se extrae la muestra, el piloto inspecciona visualmente la muestra de combustible en busca de agua. El agua aparece como burbujas o gotitas transparentes. El combustible generalmente se tiñe de un color, lo que hace que las burbujas de agua se distingan visualmente del combustible. Si se detecta agua, se drena más combustible del fondo del tanque y luego se vuelve a inspeccionar visualmente otra muestra. Este proceso se repite hasta que la muestra parece libre de agua. Sin embargo, este proceso no detecta agua que pueda emulsionarse y posteriormente depositarse durante el vuelo, o agua introducida en el combustible durante el vuelo.

Las aeronaves más grandes pueden tener sistemas de detección de agua incorporados. Sin embargo, los sistemas de detección de agua existentes pueden no ser precisos en muchos escenarios y es posible que no puedan determinar la cantidad de fluido en capas estratificadas y, además, no puedan rastrear o detectar cambios en las características del fluido. Además, es posible que la mayoría de los dispositivos detectores de agua actuales no puedan detectar o diferenciar el agua del hielo. Si bien existen métodos de detección de agua en las aeronaves, es importante tener sistemas de respaldo redundantes. Por lo tanto, es deseable que el sistema de detección de nivel de combustible también detecte hielo o agua libre, así como contaminación en el combustible. Sin embargo, una sonda de capacitancia, que tradicionalmente se ha utilizado para detectar niveles de fluidos en tanques, no puede medir la impedancia en dos o más capas estratificadas de un tanque. Si la sonda de capacitancia cruza la frontera de capa, la impedancia reportada resultante será un valor en algún lugar entre la impedancia de cada capa. Por lo tanto, una sonda de capacitancia es particularmente inadecuada para detectar simultáneamente el nivel de combustible y para detectar agua libre en un tanque. Por esta razón, a menudo se implementan sondas de capacitancia de modo que no se extiendan hasta los 2,54 cm (1 pulgada) o 5,08 cm (dos pulgadas) inferiores de un tanque de combustible, donde es más probable que se acumule agua. Por lo tanto, existe la necesidad de un detector de nivel de combustible para monitorizar la calidad del combustible en tiempo real y detectar agua y otros contaminantes.

Compendio de la invención

La invención se refiere a un método para determinar la identidad de un fluido en un envase usando reflectometría en el dominio del tiempo según la reivindicación 1 y a un sistema para determinar la identidad de un fluido en un envase según la reivindicación 5.

La firma de transición de frontera de referencia a la que se hace referencia en las reivindicaciones 1 y 5 puede ser una entrada en una tabla de firmas de transición de frontera.

Una etapa adicional puede incluir asignar un valor de correlación al reflejo del pulso de interrogación y la transición de frontera de firma.

Otros sistemas, métodos, características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes para un experto en la técnica tras el examen de los siguientes dibujos y la descripción detallada. Se pretende que todos los sistemas, métodos, características y ventajas adicionales que se incluyen en esta descripción estén protegidos por las reivindicaciones adjuntas, en la medida en que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

Muchos aspectos de la invención pueden entenderse mejor con referencia a los siguientes dibujos. Los componentes de los dibujos no están necesariamente a escala, sino que se hace hincapié en ilustrar claramente los principios de la presente invención.

Además, en los dibujos, los mismos números de referencia designan partes correspondientes en las diversas vistas.

Obsérvese que cualquier descripción de proceso o bloque en los diagramas de flujo debe entenderse como que representa módulos, segmentos, partes de código o etapas que incluyen una o más instrucciones para implementar funciones lógicas específicas en el proceso, y se incluyen implementaciones alternativas dentro del alcance de la presente invención en las que las funciones pueden ejecutarse fuera del orden de las mostradas o discutidas, incluyendo sustancialmente al mismo tiempo o en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad involucrada, como lo entenderían los razonablemente expertos en la técnica de la presente invención.

La Figura 1 es un diagrama que representa partes de un sistema de detección de fluidos por TDR para un envase que contiene fluidos estratificados.

La Figura 2 es un trazado representativo de la amplitud en función del tiempo, tal como se podría obtener de una sonda de TDR sumergida en un envase que contiene múltiples capas de fluido.

La Figura 3 es un diagrama esquemático que muestra un ejemplo de un ordenador de monitorización de fluidos y el software asociado para implementar un método para la identificación reflectométrica de fluidos en el dominio del tiempo y monitorización de calidad dentro de un envase.

La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un primer ejemplo que no forma parte de la invención de un método para identificar un fluido usando TDR.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un segundo ejemplo que no forma parte de la invención de un método para usar TDR para monitorizar la calidad de fluido.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un tercer ejemplo que no forma parte de la invención de la invención en el que La TDR detecta las condiciones dentro de un envase a medida que cambian con el tiempo.

La Figura 7 es un diagrama de flujo de un método del tercer ejemplo para detectar un cambio en el número de transiciones de frontera detectadas a lo largo del tiempo.

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un método para usar la firma de un impulso reflejado desde una frontera de transición para identificar una o más características de un fluido.

Definiciones

Como se usa en esta memoria descriptiva y en las reivindicaciones, "fluido" puede referirse a una sustancia en estado gaseoso o líquido. Además, fluido puede referirse a una sustancia que pasa de líquido a hielo y a una sustancia que pasa de hielo a líquido.

Como se usa dentro de esta memoria descriptiva y las reivindicaciones, una "frontera de transición" se define como una ubicación que hace que al menos una parte de un pulso de interrogación transmitido se refleje hacia el transmisor. Una frontera de transición puede ser la ubicación de una transición entre dos materiales diferentes. Estos dos materiales pueden ser dos fluidos, por ejemplo, aire y combustible. Alternativamente, el primer material puede ser un fluido y el segundo material puede ser un sólido. Por ejemplo, el primer fluido puede ser combustible y el segundo material puede ser hielo. Una frontera de transición también puede ser una parte del transmisor de pulsos de interrogación que genera un reflejo, como el comienzo o el final de una sonda o guía de ondas.

Como se usa en este documento, una característica derivada de un fluido es una característica, tal como una propiedad física, que puede calcularse a partir de características medidas del tiempo de vuelo de un pulso de interrogación a través de un fluido. El tiempo que tarda un pulso de interrogación en atravesar un fluido entre una primera frontera de transición y una segunda frontera de transición es tal característica medida. Ejemplos de características derivadas incluyen la propagación de la velocidad, la impedancia y la permitividad relativa, a menudo denominada constante dieléctrica.

Como se usa en este documento, una característica de referencia es una propiedad física, tal como densidad, temperatura, impedancia y velocidad de propagación, entre otras, de un fluido de referencia conocido.

Descripción detallada

La presente descripción describe en detalle el uso de TDR para determinar la identidad de un fluido en un envase y para determinar si la calidad de un fluido en un envase está dentro de parámetros aceptables. A continuación se describen realizaciones de métodos para identificar un fluido al comparar una característica derivada de un fluido con una característica de referencia, determinar la calidad de un fluido al determinar si una característica derivada está entre un umbral mínimo de calidad y un umbral máximo de calidad, monitorizar un fluido en cuanto a un cambio dinámico en la calidad e identificar un fluido al comparar una forma de onda de reflejo de transición con una transición de firma de referencia.

Obsérvese que la presente invención no se limita al uso mencionado anteriormente. Estos métodos se ilustran mediante la discusión de aplicaciones ejemplares, incluida la identificación de una capa de fluido en un envase, como combustible, agua líquida libre o hielo, detección de combustible incorrecto o contaminación y detección de cambios de estado en un fluido, como la formación de hielo. La presente invención no se limita a estas aplicaciones ejemplares.

5 Reflectometría en el dominio del tiempo

En la Figura 1 se muestra un ejemplo de un sistema de detección de fluido por TDR 100. Una sonda 110 conectada a un sensor 120 se ubica dentro de un envase 130. El envase 130 contiene un primer fluido 150, un segundo fluido 160 y un tercer fluido 170. En este ejemplo, los fluidos 150, 160 y 170 están estratificados en capas. Por ejemplo, el primer fluido 150 puede ser aire, el segundo fluido 160 puede ser combustible, como avgas (gasolina de aviación, un combustible de alto octanaje utilizado en aeronaves que utilizan motores de pistones o Wankel, a diferencia de la gasolina de motor o mogas), combustible para reactores, gasolina o aceite, y el tercer fluido 170 puede ser, por ejemplo, agua. El primer fluido 150 está limitado en la parte superior por el envase 130, y está limitado en la parte inferior por una primera frontera de transición 180, que marca la transición entre el primer fluido 150 y el segundo fluido 160. El segundo fluido 160 está limitado en la parte superior por la primera frontera de transición 180, y en la parte inferior por una segunda frontera de transición 190. La segunda frontera de transición 190 separa el segundo fluido 160 del tercer fluido 170. El tercer fluido 170 está limitado en la parte superior por la segunda frontera de transición 180 y el fondo de envase 140.

La sonda 110 puede ser una sonda coaxial y puede estar perforada para permitir la entrada de los fluidos 150, 160 y 170. La primera frontera de transición 180 y la segunda frontera de transición 190 persisten dentro de la sonda 110. Por el contrario, un brazo de sonda opcional 115, que puede conectar la sonda 110 al sensor 120, puede estar lleno de un dieléctrico sólido, como teflón, o contener un cable de interconexión coaxial. Obsérvese que, si bien la Figura 1 representa un sistema de detección de fluido por TDR 100 que tiene una sonda 110 conectada a un brazo de sonda 115 en un punto de conexión 125, debe entenderse que otros tipos y configuraciones de sonda deben considerarse dentro del alcance de esta divulgación. Por ejemplo, en algunos sistemas puede no haber un brazo de sonda 115, de modo que el sensor 120 puede conectarse directamente a la sonda 110. De manera similar, el sensor 120 puede conectarse a la sonda 110 a través de múltiples elementos de conexión, incluidos, pero sin limitación a esto, cables coaxiales o brazos rellenos de dieléctrico.

En el ejemplo del sistema de detección de fluido por TDR 100, el sensor 120 transmite un pulso de interrogación, que viaja primero a través del brazo de sonda 115 y hacia la sonda 110. Cuando el pulso de interrogación encuentra transiciones entre medios, por ejemplo, la primera frontera de transición 180 entre el primer fluido 150 y el segundo fluido 160, o la segunda frontera de transición 190 entre el segundo fluido 160 y el tercer fluido 170, se transmite una parte del pulso de interrogación y una parte del pulso de interrogación se refleja de vuelta al sensor 120. Un receptor, que en este caso se ubica en el sensor 120, recibe estos reflejos. De manera similar, el pulso de interrogación puede reflejarse en superficies físicas, como transiciones en la ruta de transmisión. Un ejemplo de una transición en la ruta de transmisión es el punto de conexión 125 entre el brazo de sonda 115 y la sonda 110. El receptor en el sensor 120, por lo tanto, puede recibir una combinación de pulsos reflejados desde cada uno de estos puntos de transición. Esta forma de onda compuesta recibida se analiza luego para resolver y distinguir los reflejos individuales del compuesto de pulsos reflejados en el receptor. Obsérvese que, si bien la Figura 1 representa una sonda coaxial que se extiende físicamente a los fluidos en un envase, las técnicas de TDR descritas aquí son igualmente aplicables a sistemas que utilizan otros tipos de aparatos de detección de fluidos, por ejemplo antenas, bocinas o guías de ondas.

El aparato y las técnicas de TDR descritos y referenciados en esta divulgación no pretenden restringir el alcance de esta divulgación. Los métodos descritos son aplicables a otras técnicas y dispositivos utilizados para medir la diferencia de tiempo entre los reflejos de un pulso de interrogación fuera de una primera transición de frontera y una segunda transición de frontera independientemente del aparato transmisor o receptor específico o de las técnicas de muestreo empleadas.

La Figura 2 es un diagrama de tiempo 200 que indica el tiempo relativo y la amplitud de un pulso de interrogación idealizado y la forma de onda reflejada recibida en el sistema TDR de ejemplo 100 de la Figura 1. El eje vertical del diagrama de tiempo 200 representa la amplitud de la señal y el eje horizontal representa el tiempo. El diagrama de tiempo 200 muestra la superposición de un pulso de interrogación 210 transmitido y una forma de onda reflejada 220 recibida, medida en el sensor 120 (Figura 1). El pulso de interrogación 210 representa la amplitud en el transmisor. El pulso de interrogación 210 se representa como una función escalón unitario, que comienza con una amplitud a_0 y aumenta a una amplitud unitaria a_{unit} en el momento t_0 . Excluyendo cualquier transición en el punto de conexión 125 por simplicidad, la forma de onda reflejada 220 representa la amplitud de la energía del pulso de interrogación 210 reflejado de regreso al sensor 120 (Figura 1) desde la primera frontera de transición 180 (Figura 1), la segunda frontera de transición 190 (Figura 1) y el extremo de la sonda 110 (Figura 1). Inicialmente, la forma de onda reflejada 220 tiene una amplitud baja, pero distinta de cero a_{nf} . Esto representa el piso de ruido en el receptor antes de que se reciba una forma de onda reflejada. En el momento t_1 , la amplitud aumenta, oscilando un poco antes de establecerse en una amplitud a_{t1} . Esto representa la detección del pulso de interrogación 210 fuera de la primera frontera de transición 180 (Figura 1). La diferencia entre el momento t_1 y el momento t_0 representa el tiempo para que el pulso de interrogación abandone el transmisor en el sensor 120 (Figura 1), llegue al primera frontera de transición 180 (Figura 1) y se refleje de vuelta al receptor en el sensor 120 (Figura 1).

En el momento t_2 , la amplitud aumenta, oscilando un poco antes de establecerse en una amplitud a_{12} . Esto representa el momento en el que el receptor ha detectado el reflejo del pulso de interrogación 210 fuera de la segunda frontera de transición 190 (Figura 1). Obsérvese que la amplitud en el momento t_2 representa el agregado del reflejo desde la primera frontera de transición 180 (Figura 1) y la segunda frontera de transición 190 (Figura 1). El tiempo que tardó el borde de ataque del pulso de interrogación 220 en atravesar la capa que contiene el segundo fluido 160 (Figura 1) se puede calcular restando t_1 de t_2 .

Del mismo modo, a_3 representa la amplitud de la señal reflejada en el momento t_3 , que en este ejemplo representa el momento de recepción del reflejo de la parte inferior de la sonda 110 (Figura 1). Como arriba, $t_3 - t_2$ representa el tiempo que tardó el pulso de interrogación en atravesar la capa que contiene el tercer fluido 170 (Figura 1). La velocidad de propagación, v , del pulso de interrogación 210 en la capa que contiene el fluido 170 viene dada por la ecuación 2,

$$v = \frac{d}{t_3 - t_2} \quad (\text{Ec. 2})$$

donde v es la velocidad de propagación, y d es la distancia entre la segunda frontera de transición 190 (Figura 1) y la parte inferior de la sonda 110 (Figura 1).

Obsérvese que el diagrama de la Figura 2 está algo simplificado con fines ilustrativos. No incluye reflejos de otros límites de transición que pueden estar presentes en el sistema de transmisión, como cuando el pulso de interrogación atraviesa el punto de conexión 125 entre el brazo de sonda 115 (Figura 1) y la sonda 110 (Figura 1).

En la Figura 3 se muestra un ejemplo de un ordenador de uso general que puede realizar la funcionalidad del sistema de monitorización de fluidos de la presente invención. En la Figura 3, el sistema de monitorización de fluidos se indica con el número de referencia 300. Se debe observar que la comunicación con el sistema de monitorización de fluidos puede proporcionarse por múltiples medios tales como, pero sin limitación a esto, internet. Obsérvese que cuando la siguiente descripción se refiere a un sistema para la medición reflectométrica en el dominio del tiempo de las características de un fluido dentro de un tanque de acuerdo con un aspecto de la presente invención, se debe entender que esta descripción se aplica también a un método para la medición reflectométrica en el dominio del tiempo de características del fluido dentro de un tanque de acuerdo con otro aspecto de la presente invención con la modificación apropiada. El presente sistema puede proporcionarse mediante una aplicación basada en web. La siguiente descripción asume que el presente sistema es proporcionado por una aplicación basada en web. Se debe observar que el sistema también se puede proporcionar en un entorno que no se base en la Web.

El sistema de monitorización de fluidos de la invención se puede implementar en software, firmware, hardware o una combinación de los mismos. En el ejemplo actual, el sistema de monitorización de fluidos se implementa en software, como un programa ejecutable, y es ejecutado por un ordenador digital de uso general o especial, como un ordenador personal (PC; compatible con IBM, compatible con Apple o de otro tipo), estación de trabajo, miniordenador, procesador de señal digital (DSP, del inglés *digital signal processor*), microcontrolador u ordenador central. Específicamente, el sistema de monitorización de fluidos, proporcionado por el ordenador, puede ser accesible a través de un sitio web, a través del cual las partes que utilizan el sistema de monitorización de fluidos pueden interactuar. A continuación se proporciona una descripción adicional del sistema de monitorización de fluidos y la interacción con el mismo.

Generalmente, en términos de arquitectura de hardware, como se muestra en la Figura 3, el ordenador 300 incluye una unidad electrónica 330, un procesador 312, memoria 314, dispositivo de almacenamiento 315 y uno o más dispositivos de entrada y/o salida (E/S) 316 (o periféricos) que se acoplan comunicativamente a través de una interfaz local 318. La interfaz local 318 puede ser, por ejemplo, pero sin limitación a esto, uno o más buses u otras conexiones cableadas o inalámbricas, como se conoce en la técnica. La interfaz local 318 puede tener elementos adicionales, que se omiten por simplicidad, tales como controladores, búferes (cachés), controladores, repetidores y receptores, para permitir las comunicaciones. Además, la interfaz local puede incluir conexiones de dirección, de control y/o de datos para permitir comunicaciones apropiadas entre los componentes mencionados anteriormente.

La Figura 3 también representa el sensor 120 según la Figura 1. El sensor 120, aunque no es parte del sistema informático 300, se incluye en la Figura 3 para ayudar a comprender cómo los elementos del sistema informático 300 se relacionan con el sistema de detección de fluido por TDR 100 de la Figura 1. El sensor 120 incluye un transmisor y un receptor.

El procesador 312 es un dispositivo de hardware para ejecutar software, particularmente el almacenado en la memoria 314. El procesador 312 puede ser cualquier procesador personalizado o disponible comercialmente, una unidad de procesamiento central (CPU), un procesador auxiliar entre varios procesadores asociados con el ordenador 300, un microprocesador basado en semiconductores (en forma de microchip o conjunto de chips), un macroprocesador o, en general, cualquier dispositivo para ejecutar instrucciones de software.

La memoria 314 puede incluir uno cualquiera o una combinación de elementos de memoria volátiles (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM, como DRAM, SRAM, SDRAM, etc.)) y elementos de memoria no volátiles (como ROM, disco duro, cinta, CDROM, etc.). Además, la memoria 314 puede incorporar medios de almacenamiento electrónicos, magnéticos, ópticos y/o de otro tipo. Obsérvese que la memoria 314 puede tener una arquitectura distribuida, en la que diversos componentes se sitúan de forma remota entre sí, pero el procesador 312 puede acceder a ellos.

El software 301 en la memoria 314 puede incluir uno o más programas separados, cada uno de los cuales comprende una lista ordenada de instrucciones ejecutables para implementar funciones lógicas del sistema de monitorización de fluidos, como se describe a continuación. En el ejemplo de la Figura 3, el software 301 en la memoria 314 define la funcionalidad del sistema de monitorización de fluidos de acuerdo con una realización de la presente invención. Además, la memoria 314 puede contener un sistema operativo (SO) 322. El sistema operativo 322 esencialmente controla la ejecución de programas de ordenador y proporciona planificación, control de entrada-salida, administración de archivos y datos, administración de memoria y control de comunicación y servicios relacionados.

Las instrucciones para implementar el sistema de monitorización de fluidos 300 pueden ser proporcionadas por un programa fuente, programa ejecutable (código objeto), script o cualquier otra entidad que comprenda un conjunto de instrucciones a realizar. Un programa fuente se traduce típicamente a través de un compilador, ensamblador, intérprete o similar, que puede o no estar incluido en la memoria 314, para que funcione correctamente en conexión con el SO 322. Además, las instrucciones para implementar el sistema de monitorización de fluidos 300 pueden escribirse como (a) un lenguaje de programación orientado a objetos, que tiene clases de datos y métodos, o (b) un lenguaje de programación de procedimientos, que tiene rutinas, subrutinas y/o funciones.

La memoria 314 también puede usarse para almacenar datos 324, tales como características de referencia de fluidos conocidos, o intervalos de características de fluidos que pueden, por ejemplo, identificar cuándo los contaminantes o aditivos en un fluido están dentro de niveles operacionales aceptables. Estos datos pueden almacenarse en una memoria no volátil o pueden almacenarse en una memoria volátil, lo que permite al operador del sistema actualizar o modificar los datos según lo desee.

Los dispositivos de E/S 316 pueden incluir dispositivos de entrada, por ejemplo, pero sin limitación a esto, teclado, ratón, escáner, micrófono u otro dispositivo de entrada. Además, los dispositivos de E/S 316 también pueden incluir dispositivos de salida, por ejemplo, pero sin limitación a esto, impresora, pantalla u otro dispositivo de salida. Finalmente, los dispositivos de E/S 316 pueden incluir además dispositivos que se comunican a través de entradas y salidas, por ejemplo, pero sin limitación a esto, un modulador/demodulador (módem; para acceder a otro dispositivo, sistema o red), un transceptor de radiofrecuencia (RF) u otro, una interfaz telefónica, un puente, un enrutador u otro dispositivo.

Cuando el sistema de monitorización de fluidos 300 está en funcionamiento, el procesador 312 se configura para ejecutar el software 301 almacenado dentro de la memoria 314, para comunicar datos hacia y desde la memoria 314, y para controlar generalmente las operaciones del ordenador 300 conforme al software 301. El sistema de monitorización de fluidos 300 y el SO 322, en su totalidad o en parte, pero típicamente el último, son leídos por el procesador 312, quizás almacenados en el interior del procesador 312, y luego ejecutados.

Cuando el sistema de monitorización de fluidos 300 se implementa en software, como se muestra en la Figura 3, se debe observar que las instrucciones para implementar el sistema de monitorización de fluidos 300 se pueden almacenar en cualquier medio legible por ordenador para su uso por cualquier sistema o método relacionados con ordenador o en conexión con ellos. Tal medio legible por ordenador puede, en algunas realizaciones, corresponder a cualquiera, o ambos, de la memoria 314 o el dispositivo de almacenamiento 315 mostrados en la Figura 3. Las instrucciones para implementar el sistema de monitorización de fluidos 300 se pueden plasmar en cualquier medio legible por ordenador para su uso por el procesador 312 u otro sistema, aparato o dispositivo, o en conexión con estos, de ejecución de instrucciones. Aunque el procesador 312 se ha mencionado a modo de ejemplo, dicho sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones puede ser, en algunas realizaciones, cualquier sistema basado en ordenador, sistema que contenga procesador u otro sistema que pueda obtener las instrucciones del sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones y ejecutar las instrucciones.

En el contexto de este documento, un "medio legible por ordenador" puede ser cualquier medio que pueda almacenar, comunicar, propagar o transportar el programa para su uso por el procesador 312 u otro sistema, aparato o dispositivo, o en conexión con estos, de ejecución de instrucciones. Dicho medio legible por ordenador puede ser, por ejemplo, pero sin limitación a esto, un sistema, aparato, dispositivo o medio de propagación electrónico, magnético, óptico, electromagnético, infrarrojo o semiconductor, u otro dispositivo o medio físico que pueda contener o almacenar un programa de ordenador para su uso por un sistema o método, o en conexión con estos, relacionados con ordenador. Ejemplos más específicos (una lista no exhaustiva) del medio legible por ordenador incluirían los siguientes: una conexión eléctrica (electrónica) que tiene uno o más cables, un disquete de ordenador portátil (magnético), una memoria de acceso aleatorio (RAM) (electrónica), una memoria de solo lectura (ROM) (electrónica), una memoria de solo lectura programable y borrable (EPROM, EEPROM o memoria Flash) (electrónica), una fibra óptica (óptica) y una memoria de solo lectura de disco compacto portátil (CDROM) (óptico). Obsérvese que el medio legible por ordenador podría ser incluso papel u otro medio adecuado en el que se imprima el programa, ya que el programa puede ser

capturado electrónicamente, por ejemplo, mediante el escaneo óptico del papel u otro medio, luego compilado, interpretado o procesado de otro modo de una manera adecuada si es necesario, y luego almacenarse en una memoria de ordenador.

En una realización alternativa, donde el sistema de monitorización de fluidos 300 se implementa en hardware, el sistema de monitorización de fluidos 300 puede implementarse con cualquiera o una combinación de las siguientes tecnologías, que son bien conocidas en la técnica: un circuito o circuitos lógicos discretos que tienen puertas lógicas para implementar funciones lógicas sobre señales de datos, un circuito integrado específico de aplicación (ASIC) que tiene puertas lógicas combinacionales apropiadas, una matriz o matrices de puertas programables (PGA), una matriz de puertas programables en campo (FPGA), etc.

10 Identificar un fluido comparando una característica derivada de un fluido con una característica de referencia

Como se ha mencionado anteriormente, una sonda de capacitancia no es adecuada para medir las propiedades de dos o más capas de fluido estratificado, ya que devolvería resultados indeterminados a través de una frontera de fluido. Por el contrario, la TDR puede detectar capas estratificadas de fluidos dentro de un envase, un ejemplo de lo cual se muestra en la solicitud de patente no provisional de los EE. UU. en tramitación con la presente Titulada "System and Method for Optimizing Sweep Delay And Aliasing For Time Domain Reflectometric Measurement of Liquid Height Within A Tank", que tiene número de serie 12/630.305, presentada el 3 de diciembre de, 2009 (US 2010/0153029 A1).

Hay muchas aplicaciones en las que es deseable tanto detectar la presencia de capas estratificadas como determinar la identidad de una capa de fluido estratificado. Dado que, por ejemplo, puede entrar agua en un envase tal como un tanque de combustible en cantidades suficientes para formar su propia capa, puede ser ventajoso tanto detectar los límites de la capa de agua como identificar la capa como agua.

La Figura 4 es un diagrama de flujo 400 que representa un primer ejemplo que no forma parte de la invención de un método para identificar un fluido usando TDR. Como se muestra en el bloque 410, se transmite un pulso de interrogación a un fluido sujeto a identificar. Como se muestra en el bloque 420, de una o más fronteras de transición se recibe un reflejo del pulso de interrogación. Como se muestra en el bloque 430, los límites de transición se detectan usando técnicas de análisis TDR descritas anteriormente. Entonces se deriva una característica de fluido del fluido sujeto (bloque 440). Algunos ejemplos de características de fluido derivadas incluyen, pero no se limitan a estos, permitividad, velocidad de propagación o impedancia.

Como se muestra en el bloque 450, de la memoria se recupera una característica de referencia. La característica de referencia es del mismo tipo que la característica derivada del fluido sujeto, pero es la característica de un fluido conocido, donde el fluido conocido está típicamente en un estado puro y no contaminado. Como se muestra en el bloque 460, la característica derivada del fluido sujeto se compara con la característica de referencia. Obsérvese que para que esta comparación sea significativa, la característica de referencia puede seleccionarse en función de la temperatura o densidad del fluido sujeto. Por ejemplo, si el fluido en cuestión se prueba a temperatura ambiente y la característica derivada es la impedancia, entonces la característica de referencia puede ser la impedancia del fluido de referencia a temperatura ambiente. Esto se debe a que muchas características varían con la temperatura y/o la densidad, por lo que una comparación entre las características derivadas y de referencia puede tener en cuenta la temperatura y/o la densidad.

Como se muestra en el bloque 470, se determina si la característica derivada y la característica de referencia coinciden. En algunos casos, una coincidencia puede requerir que la característica derivada y la característica de referencia sean idénticas. En otros casos, se puede declarar una coincidencia si la característica derivada es casi idéntica, es decir, dentro de un intervalo definido por encima o por debajo de la característica de referencia. A continuación, se presenta una discusión sobre intervalos aceptables. Si se encuentra una coincidencia (bloque 470), se declara que el fluido es el mismo que el fluido de referencia (bloque 490). De lo contrario, como se muestra en el bloque 480, el fluido permanece sin identificar.

45 Tabla de constantes dieléctricas

Un ejemplo del primer ejemplo de un método que identifica un fluido es usar una tabla de constantes dieléctricas como referencia para una constante dieléctrica derivada para un fluido sujeto usando TDR. Una tabla de constantes dieléctricas de este tipo puede estar ubicada, por ejemplo, en la memoria 314 (Figura 3). La tabla dieléctrica puede contener las constantes dieléctricas de varios fluidos en función de la temperatura. Entonces, para este ejemplo, el bloque 450 podría implicar el uso de la tabla de constantes dieléctricas para buscar una constante dieléctrica calculada de un fluido a la temperatura del fluido cuando se prueba. La tabla puede estar restringida a los fluidos que se espera que estén presentes en el envase. La constante dieléctrica proporcionada para cada fluido en la tabla puede representar típicamente la constante dieléctrica de ese fluido cuando no está contaminado. Dado que las impurezas o la contaminación pueden cambiar la constante dieléctrica de un fluido, cada entrada de la tabla también puede contener valores de compensación configurables que representan tanto un alcance bajo aceptable para la constante dieléctrica como un alcance alto aceptable para la constante dieléctrica. Por ejemplo, si un primer fluido que tiene una constante dieléctrica, a , se mezcla con un segundo fluido contaminante que tiene una constante dieléctrica b , donde $a > b$, la constante dieléctrica medida de la mezcla será menor que a . Por otro lado, si el primer fluido se mezcla con

un tercer fluido que tiene una constante dieléctrica c , donde $a < c$, la constante dieléctrica de la mezcla será mayor que a . En ambos casos, la divergencia entre el valor puro a y el valor calculado dependerá de las diferencias en los valores de constante dieléctrica de los dos fluidos, las proporciones relativas de cada fluido en la mezcla y la temperatura de los fluidos cuando se midan.

El piso de alcance bajo aceptable y el techo de alcance alto aceptable para cada fluido se pueden configurar en función de varios factores. Alguna variación entre el valor ideal y el valor medido puede considerarse normal. Por ejemplo, los combustibles pueden contener aditivos, como anticongelantes o agentes antioxidantes. Los alcances bajo y alto aceptables pueden tener en cuenta la presencia de niveles aceptables de tales aditivos. Además, los niveles mínimos de otros contaminantes, como el agua en el combustible, pueden no provocar una degradación del rendimiento. Por lo tanto, la tabla de constantes dieléctricas factoriza en presencia de cantidades aceptables de aditivos y contaminantes.

La tabla de constantes dieléctricas se puede utilizar para identificar un fluido como sigue. El sistema TDR detecta dos transiciones de frontera y calcula la constante dieléctrica del fluido correspondiente al fluido entre las dos fronteras. La constante dieléctrica calculada se compara con valores de la tabla de constantes dieléctricas. Es decir, si la constante dieléctrica calculada cae por debajo del valor alto de entrada de tabla y por encima del valor de alcance bajo de valor de tabla para un material, la función de búsqueda de tabla devuelve una coincidencia exitosa. La tabla de constantes dieléctricas puede contener entradas para más de un estado de un fluido. Por ejemplo, el hielo de agua tiene una constante dieléctrica más baja que el agua líquida, pero aún mucho más grande que el combustible líquido. Por lo tanto, una tabla de constantes dieléctricas de referencia puede tener una entrada para identificar agua líquida y otra entrada para identificar agua helada.

Si bien una tabla de constantes dieléctricas puede contener entradas para un gran número de fluidos, puede haber situaciones en las que sea ventajoso limitar el número de entradas. El contenido esperado del tanque de combustible puede ser útil para crear la tabla de constantes dieléctricas. Por ejemplo, si la aplicación está detectando el contenido de un tanque de combustible de una aeronave de aviación general, la tabla dieléctrica puede contener únicamente entradas para aire, avgas, agua helada y agua líquida. No sería necesario incluir una entrada para el combustible para reactores para en la tabla de constantes dieléctricas. De manera similar, los valores de alcance alto y bajo para avgas en la tabla serían más eficaces si reflejaran valores correspondientes a niveles aceptables de aditivos o niveles tolerables de contaminantes.

Si bien el ejemplo anterior utiliza la constante dieléctrica como ejemplo de una característica de referencia, otras características de referencia también son adecuadas para identificar un fluido usando TDR. Ejemplos de otras características de referencia adecuadas de un fluido incluyen, pero no se limitan a estos, el coeficiente de reflejo, la impedancia y la velocidad de propagación. Pero dado que el tiempo de propagación de un pulso de interrogación a través de un medio es directamente proporcional a la constante dieléctrica de un fluido, se puede realizar un proceso de identificación de fluido similar sin tener que calcular la constante dieléctrica del fluido. En lugar de una tabla de constantes dieléctricas, la tabla puede contener velocidades de propagación de diversos fluidos y los correspondientes valores de alcance alto y bajo basados en niveles aceptables de aditivos o contaminantes.

Monitorización de la calidad del fluido

La TDR puede utilizar dos o más parámetros medidos, como la temperatura y la altura de la capa, para derivar otra característica del fluido, como la constante dieléctrica. Como se ha descrito anteriormente, la tabla de búsqueda de constante dieléctrica puede usarse para determinar la identidad de un fluido si se desconoce el fluido. Si se conoce la identidad del fluido, las características de referencia del fluido conocido pueden compararse con las características derivadas del fluido previamente identificado para detectar condiciones en las que el fluido puede ser inadecuado para la aplicación prevista. Por ejemplo, la constante dieléctrica del combustible cambia con las impurezas, como el agua o los crecimientos microbianos, y de manera similar cambia con la introducción de aditivos a base de etanol o alcohol, como anticongelantes o inhibidores de la óxido. Los niveles altos de ciertos contaminantes o aditivos en el combustible pueden provocar una caída en la potencia del motor o provocar un mal funcionamiento del motor. Dado que la proporción de las diversas impurezas o aditivos puede ser desconocida y dado que pueden estar presentes simultáneamente dos o más aditivos y contaminantes, la identidad de las impurezas puede ser difícil de determinar. Aun así, monitorizar la calidad del fluido con TDR puede determinar si el fluido está dentro de las tolerancias operativas, incluso si no se puede determinar la identidad del agente contaminante. De manera similar, aunque puede detectarse la presencia de mezcla de agua y combustible, puede ser difícil discernir si el agua está disuelta, emulsionada o una combinación de los dos.

Un segundo ejemplo que no forma parte de la invención de un método para usar TDR para monitorizar calidad de fluido se muestra en el diagrama de flujo 500 de la Figura 5. Como se muestra en el bloque 510, un pulso de interrogación se transmite a un fluido objetivo que se monitoriza. Se recibe un reflejo del pulso de interrogación fuera de los límites de transición del fluido objetivo (bloque 520). Como se muestra en el bloque 530, los límites de transición de fluido objetivo se identifican usando técnicas de análisis TDR descritas anteriormente. Como se muestra en el bloque 540, se deriva una característica de fluido del fluido objetivo. Ejemplos de características de fluido derivadas incluyen, pero no se limitan a estos, permitividad, velocidad de propagación o impedancia. Como se muestra en el bloque 550, una característica de referencia del fluido objetivo se recupera de la memoria. Un valor de piso y un valor

de techo de un intervalo de calidad del fluido objetivo se recuperan de la memoria (bloque 560). Como antes, este intervalo puede ajustarse basándose en los parámetros conocidos del fluido objetivo, por ejemplo, la temperatura del fluido objetivo, o la temperatura del fluido objetivo medida, por ejemplo, por un densitómetro.

Como se muestra en el bloque 570, se determina si la característica derivada del fluido sujeto está dentro del intervalo de calidad. Si el fluido sujeto está dentro del intervalo (bloque 590), el proceso ha finalizado. Si la característica derivada del valor sujeto está fuera de intervalo (bloque 580), se activa una alarma. La alarma puede ser una señal, como una alarma audible o un indicador de alarma encendido, o puede ser un mensaje eléctrico o generado por ordenador que indica que el fluido monitorizado está fuera de las tolerancias esperadas. Obsérvese que en algunas realizaciones, la alarma puede no activarse hasta que múltiples mediciones sucesivas indiquen que la calidad del fluido está fuera de intervalo. Aún otras realizaciones pueden usar un filtro de suavizado, de modo que el fluido objetivo debe medirse para que está fuera de intervalo la mayoría de las veces en una ventana de medición. Estas y otras técnicas pueden ser utilizadas por una persona con conocimientos ordinarios en la técnica para evitar que se active una alarma de fuera de intervalo provocada por lecturas falsas o anómalas.

El valor de intervalo de suelo y techo de un fluido de referencia también puede modificarse. Por ejemplo, el intervalo aceptable de avgas puede establecerse en límites más amplios cuando se sabe que ciertos aditivos, como anticongelante, están en uso. Otra aplicación para el segundo ejemplo es detectar combustible incorrecto (es decir, cuando un tanque se ha llenado inadvertidamente con el combustible incorrecto). Por ejemplo, si se prueba un combustible usando el segundo ejemplo inmediatamente después de repostar y se mide como fuera del intervalo aceptable, se puede indicar que hay combustible incorrecto.

Monitorización de un fluido para un cambio dinámico en la calidad.

La TDR también se puede utilizar para detectar condiciones cambiantes dentro de un envase a medida que ocurren. Un tercer ejemplo que no forma parte de la invención es un método utilizado para monitorizar cambios de fluido con TDR. En la Figura 6 se muestra un diagrama de flujo 600 que ilustra el método del tercer ejemplo. Se mide una característica de fluido con TDR por primera vez, t_1 (bloque 610). Como en el segundo ejemplo, se supone que el fluido es conocido en el momento de la primera medición y la característica de fluido puede medirse o derivarse directamente. Tales características incluyen, pero no se limitan a estas, constante dieléctrica, permitividad, coeficiente de reflejo y velocidad de propagación. La misma característica del mismo fluido se mide por segunda vez t_2 , donde t_2 es posterior a t_1 (bloque 620). La característica de fluido medida la primera vez se compara con la característica de fluido medida en la segunda vez (bloque 630).

En algunos casos, para la comparación del fluido en t_1 con el fluido en t_2 sea significativa, las dos características comparadas deben normalizarse con respecto a la temperatura a la que se tomaron. Si la temperatura es diferente la primera vez que la segunda vez, una diferencia en las características del fluido no sería notable. Sin embargo, si las características se normalizan con respecto a una temperatura de referencia, entonces una diferencia entre las dos mediciones puede ser el resultado de un cambio que puede ser considerable. De manera similar, la normalización se puede calcular en referencia a otros parámetros conocidos, por ejemplo, la densidad del fluido medida por, por ejemplo, un densitómetro.

Continuando con el ejemplo de aviación general, considérese el caso en el que el tanque de combustible de aeronave contiene inicialmente solo aire y avgas. Dado que la aeronave se repostó en un área de alta humedad, se introdujo vapor de agua en el aire del tanque de combustible. A medida que baja la temperatura, el vapor de agua se condensa y se forma una capa de agua líquida en el tanque. El sistema TDR podría detectar la formación de esta capa de agua mediante nuevos reflejos de transición en la parte superior e inferior de la capa de agua. Luego, la capa podría identificarse como agua usando el primer ejemplo como se describe anteriormente.

Un segundo ejemplo de cambios dinámicos en el tanque de combustible de nave de aviación general es si el vapor de agua del ejemplo anterior, en lugar de separarse como capa de agua, se mezcla con el combustible como agua emulsionada. Esto elevaría efectivamente la constante dieléctrica de la capa de combustible, y este cambio se puede monitorizar usando el tercer ejemplo, como se ha descrito anteriormente.

Un tercer ejemplo de cambios dinámicos en el tanque de combustible de nave de aviación general es si la temperatura bajó en el segundo ejemplo, lo que provocó que el agua emulsionada comenzara a congelarse. Dado que la constante dieléctrica del agua líquida es más alta que la constante dieléctrica del hielo de agua, la constante dieléctrica calculada de la capa de combustible comenzaría a caer. Nuevamente, este cambio puede ser monitorizado por el sistema TDR usando la tercera realización. La observación de cambios a lo largo del tiempo en la forma de onda TDR reflejada puede proporcionar información adicional sobre las condiciones dentro del tanque de combustible. La constante dieléctrica descendente en una capa de combustible puede ser provocada, por ejemplo, por la sedimentación del agua emulsionada y la formación de un nivel de agua líquida.

Las características comparadas en el bloque 630 de la Figura 6 pueden incluir la constante dieléctrica, la velocidad de propagación, la impedancia u otras características de un solo fluido medido en dos momentos. Alternativamente, la característica de fluido comparada en el bloque 630 puede incluir el número de transiciones de frontera detectadas. La Figura 7 es un diagrama de flujo 700 de un método para detectar un cambio en el número de transiciones de

frontera detectadas a lo largo del tiempo, lo que puede indicar, por ejemplo, la formación de una nueva capa de fluido en un envase. Como se muestra en el bloque 710, el número de transiciones de frontera se cuenta en un primer momento t_1 . Como se muestra en el bloque 720, el número de transiciones de frontera se cuenta en un segundo momento t_2 . Se detecta un cambio en el número de condiciones de frontera (bloque 730), lo que implica comparar el número de transiciones de frontera detectadas en t_1 con el número de transiciones de frontera detectadas en t_2 . Si no se detecta ningún cambio, el proceso finaliza (bloque 740). Si se detecta un cambio, se identifica cada capa de fluido (bloque 750), por ejemplo, usando la primera realización como se describe anteriormente.

Volviendo al tercer ejemplo, un nivel de agua líquida recién formado puede detectarse según el diagrama de flujo 700 e identificarse con TDR como se describe en la primera realización. Por otro lado, una constante dieléctrica descendente que no va acompañada de la detección de una capa de agua líquida puede indicar la formación de hielo o un gel de hielo-combustible en la capa de combustible. Por lo tanto, el tercer ejemplo puede usarse tanto para monitorizar cambios en una capa existente como para detectar la formación de una nueva capa al detectar las transiciones de frontera adicionales a medida que la nueva capa se forma con el tiempo. Tras la detección de la nueva capa, el fluido de la nueva capa se puede identificar utilizando el primer ejemplo, como se indicó anteriormente, o mediante un cuarto ejemplo que cae dentro del alcance de las reivindicaciones, discutidas a continuación bajo el subtítulo, "Identificar un fluido comparando una forma de onda de reflejo de transición con una transición de firma".

La discusión de la Figura 7 se ha concentrado hasta ahora en la aparición de una nueva capa. Sin embargo, puede haber escenarios en los que el número de transiciones de frontera en el bloque 730 disminuya. Esto puede indicar, por ejemplo, que el agua que previamente formaba su propia capa de fluido se ha mezclado con una capa de combustible, quizás en forma emulsionada provocada por la agitación de un tanque de combustible. En tal escenario, el bloque 750 implicaría identificar cada capa de fluido detectada, como con el método de la primera realización. Obsérvese que el agua emulsionada en el combustible cambiaría significativamente las propiedades del combustible en comparación con las propiedades de un combustible de referencia que no incluye agua emulsionada. Por lo tanto, la identificación de la capa de combustible que contiene agua emulsionada usando el primer ejemplo puede requerir tener en cuenta el cambio en las propiedades del combustible provocado por el agua emulsionada, como aceptar una constante dieléctrica significativamente más alta que la que tendría un combustible de referencia sin mezclar. Por tanto, si en el momento t_1 se detecta una capa de aire, una capa de combustible y un nivel de agua, y en el momento t_2 se detecta una capa de aire, pero en lugar de detectar una capa de combustible o una capa de agua, estas dos capas son reemplazadas por una capa no identificada con una constante dieléctrica por encima de la del combustible puro y por debajo de la del agua pura, se puede inferir que la capa identificada es una mezcla de combustible y agua. A continuación, esta capa puede probarse según el segundo ejemplo para determinar si la emulsión de agua ha provocado que el combustible se contamine más allá de las tolerancias operativas seguras.

Identificar un fluido comparando una forma de onda de reflejo de transición con una transición de firma

Cuando un pulso de interrogación atraviesa una transición de frontera, el cambio en las propiedades del fluido a través de la frontera genera características predecibles y repetibles en la señal reflejada de acuerdo con los fluidos en cada lado de la transición de frontera. Estas características, incluidas, pero sin limitación a esto, la fase, la pendiente y la amplitud relativa, forman juntas una firma de transición de frontera. Esta firma de transición de frontera puede indicar propiedades de los fluidos en ambos lados de la transición. Además, si se conoce la identidad de un primer fluido en un lado de la transición de frontera, la firma de transición de frontera puede indicar una o más características del segundo fluido. La firma de transición de frontera puede indicar un cambio de impedancia de CA entre los fluidos primero y segundo. Por ejemplo, los cambios en la fase y la pendiente de la señal reflejada inmediatamente después de la transición de frontera, y las amplitudes relativas de la señal reflejada después de que se ha depositado a través de la transición de frontera pueden indicar si el segundo fluido tiene una carga resistiva, capacitiva o inductiva en comparación con el primer fluido.

Un cuarto ejemplo que plasma la invención incluye comparar la firma de un pulso de interrogación reflejado recibido en una transición de frontera con una firma de transición de frontera de referencia. La Figura 8 es un diagrama de flujo 800 que ilustra un método para usar la firma de un impulso reflejado desde una frontera de transición para identificar una o más características de un fluido. Se transmite un pulso de interrogación (bloque 810) y se recibe una forma de onda reflejada (bloque 820). La parte de la forma de onda reflejada en una frontera de transición está aislada (bloque 830). A continuación, se caracterizan las propiedades de la forma de onda en la transición, tales como cambio de fase, sobreimpulso de amplitud, amplitud estabilizada y tiempo de estabilización (bloque 840). Como se muestra en el bloque 850, las propiedades caracterizadas se comparan con una firma de transición de frontera de referencia, que puede estar en una tabla de firmas de transición de frontera de referencia. Una coincidencia o casi coincidencia de la señal recibida con una firma de transición de frontera se puede utilizar para determinar la identidad de un fluido en un lado del frontera. Obsérvese que una firma de transición de frontera de referencia puede incluir una forma de onda almacenada que se usará para la comparación, o puede incluir parámetros individuales, por ejemplo, fase, pendiente y amplitud relativa, que se pueden usar para comparar la firma recibida con una firma conocida en dos fluidos. La firma de transición de frontera de referencia también puede contener tanto representaciones de formas de onda almacenadas como parámetros individuales.

En el cuarto ejemplo, cuando el pulso de interrogación reflejado recibido se compara con una firma de transición de frontera de referencia, al par se le puede asignar un valor de correlación (bloque 860). El valor de correlación indica lo

cerca que coincide el pulso de interrogación reflejado recibido con la entrada de la tabla de firmas de transición de frontera. Por ejemplo, un par que tenga un valor de correlación alto puede indicar una mejor coincidencia que un par que tenga un valor de correlación más bajo. El valor de correlación del emparejamiento puede compararse con un valor de correlación umbral. Si el valor de correlación del emparejamiento supera el valor de correlación de umbral, se declara una coincidencia de firma.

5

De manera similar, se puede utilizar el examen de la firma de transición de frontera para determinar la calidad del fluido. Las variaciones en la firma recibida con una firma almacenada pueden indicar la presencia de impurezas o aditivos en un fluido. Obsérvese que, si bien se puede utilizar una coincidencia de firma fuerte para identificar un fluido, una coincidencia de firma débil no necesariamente descarta la identificación de un fluido, ya que factores como la temperatura o la presencia de contaminantes o aditivos pueden contribuir a que una forma de onda reflejada no se alinee con una firma de transición de frontera de referencia.

10

Si bien la presente invención se ha descrito en relación con varias realizaciones de la misma, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar muchos cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la presente invención. Por consiguiente, las reivindicaciones adjuntas pretenden cubrir todos los cambios y modificaciones que entran dentro del alcance de la invención.

15

REIVINDICACIONES

1. Un método para determinar la identidad de un fluido en un envase usando reflectometría en el dominio del tiempo, que comprende las etapas de:
transmitir un pulso de interrogación (210) a un envase (130) que contiene un fluido (150, 160, 170);
5 recibir un reflejo del pulso de interrogación desde una frontera de transición (180, 190);
caracterizado por que el método comprende además las etapas de:
caracterizar las propiedades del reflejo, donde las propiedades comprenden cambio de fase, cambio de pendiente y amplitud relativa que forman juntos una firma de transición de frontera; y
10 comparar las propiedades de la firma de transición de frontera con una firma de transición de frontera de referencia,
en donde una coincidencia o casi coincidencia de la firma de transición de frontera y la firma de transición de frontera de referencia se usa para determinar la identidad de un fluido en un lado de la frontera de transición (180, 190).
2. El método de la reivindicación 1, que comprende además la etapa de asignar un valor de correlación a el reflejo del pulso de interrogación y la firma de transición de frontera de referencia, indicando el valor de correlación lo cerca que están las propiedades del reflejo coinciden con las propiedades de un fluido conocido en un estado no contaminado.
3. El método de la reivindicación 1, que comprende además las etapas de:
recibir un primer reflejo del pulso de interrogación desde una primera frontera de transición (180);
20 recibir un segundo reflejo del pulso de interrogación desde una segunda frontera de transición (190);
medir el tiempo entre recibir el primer reflejo y recibir el segundo reflejo;
calcular una característica derivada del fluido (160) ubicado entre la primera frontera de transición (180) y la segunda frontera de transición (190) sobre la base del tiempo entre recibir la primer reflejo y recibir el segundo reflejo; y
25 comparar la característica derivada del fluido (160) con una característica de referencia,
en donde la característica derivada del fluido es una de un grupo que consiste en constante dieléctrica, velocidad de propagación e impedancia.
4. El método de la reivindicación 1, en donde la característica de referencia se selecciona como función de la temperatura.
5. Un sistema para determinar la identidad de un fluido en un envase, que comprende:
un transmisor (120) configurado para transmitir un pulso de interrogación (210) al envase (130);
un receptor (120), configurado para recibir partes reflejadas del pulso de interrogación;
una unidad electrónica (330) en comunicación con dicho transmisor (120) y dicho receptor, la unidad electrónica configurada para transmitir pulsos de interrogación (210) al transmisor y recibir reflejos del receptor (120) para la medición reflectométrica del fluido en el dominio del tiempo;
35 una memoria (314); y
un procesador (312) en comunicación con la unidad electrónica y la memoria (314), el procesador (312) configurado por la memoria para realizar etapas que comprenden:
recibir un reflejo del pulso de interrogación (210) desde una frontera de transición (180, 190);
40 el sistema se caracteriza por que dicho procesador se configura además para realizar las etapas de:
caracterizar las propiedades del reflejo, donde las propiedades comprenden cambio de fase, cambio de pendiente y amplitud relativa que forman juntos una firma de transición de frontera; y
comparar las propiedades de la firma de transición de frontera con una firma de transición de frontera de referencia,

en donde una coincidencia o casi coincidencia de la firma de transición de frontera y la firma de transición de frontera de referencia se usa para determinar la identidad de un fluido en un lado de la frontera de transición (180, 190).

- 5 6. El sistema de la reivindicación 5, en donde el procesador (312) se configura además para realizar las etapas de:
- recibir un primer reflejo del pulso de interrogación desde una primera frontera de transición (180);
- recibir un segundo reflejo del pulso de interrogación desde una segunda frontera de transición (190);
- medir el tiempo entre recibir el primer reflejo y recibir el segundo reflejo;
- 10 calcular una característica derivada del fluido (160) ubicado entre la primera frontera de transición (180) y la segunda frontera de transición (190) sobre la base del tiempo entre recibir la primer reflejo y recibir el segundo reflejo; y
- comparar la característica derivada del fluido con una característica de referencia.
- 15 7. El sistema de la reivindicación 6, en donde la característica derivada del fluido es la constante dieléctrica del fluido y la característica de referencia es la constante dieléctrica de un fluido de referencia.

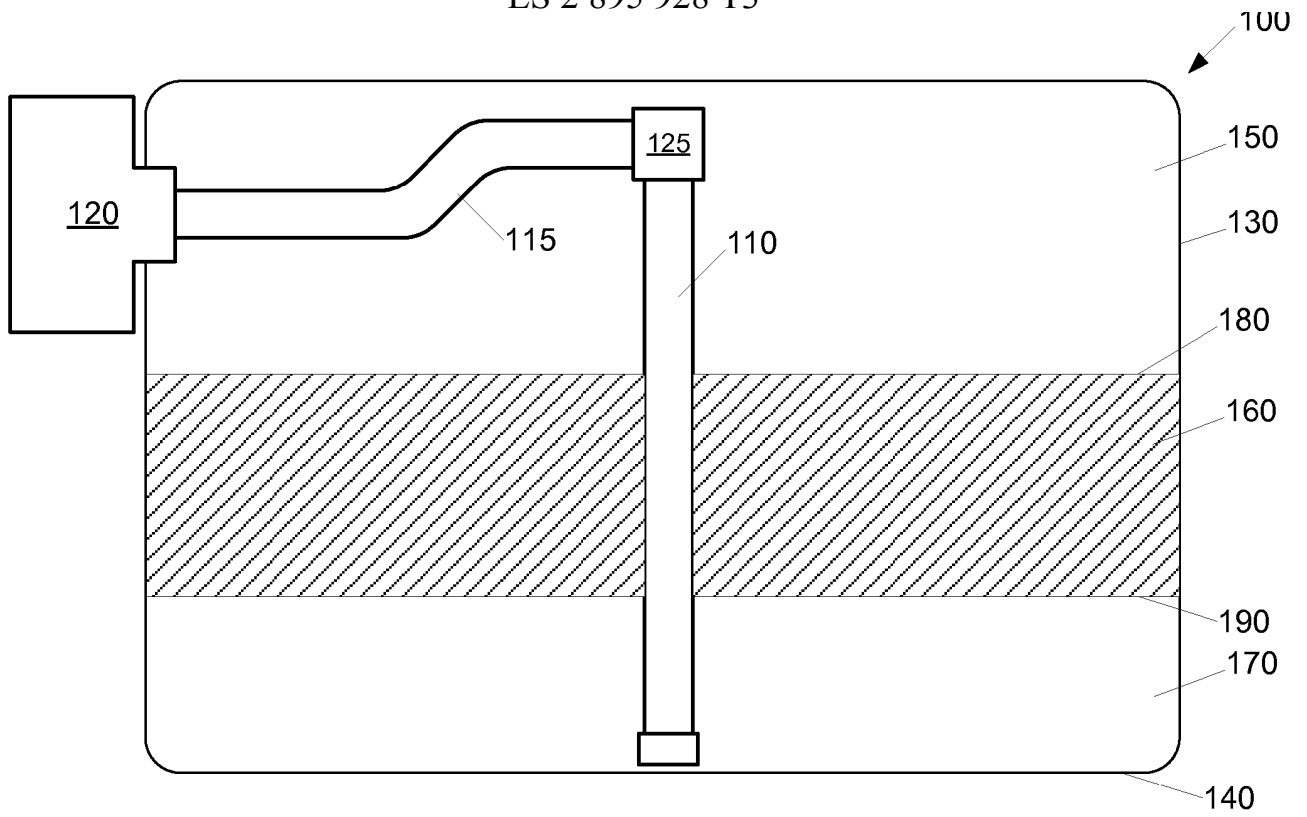


Fig. 1

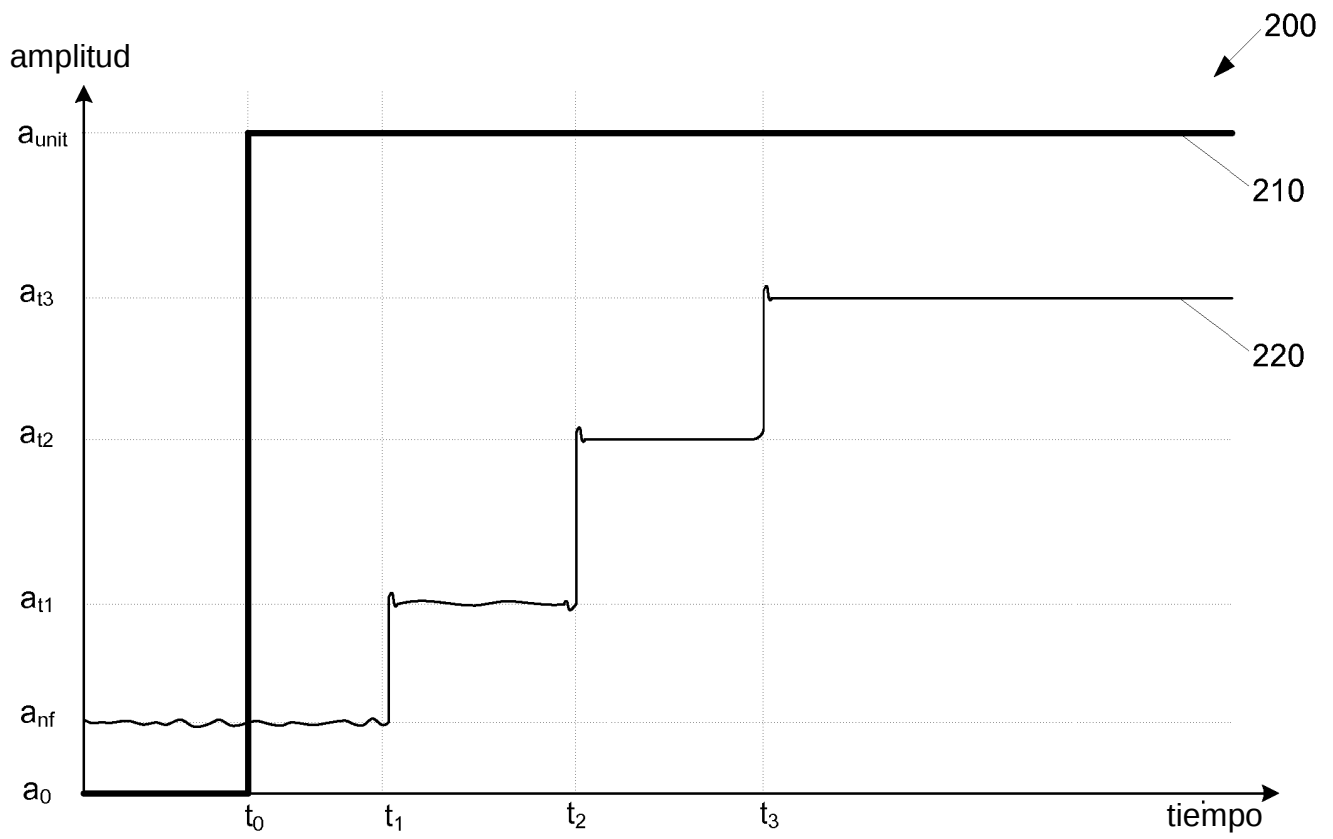


Fig. 2

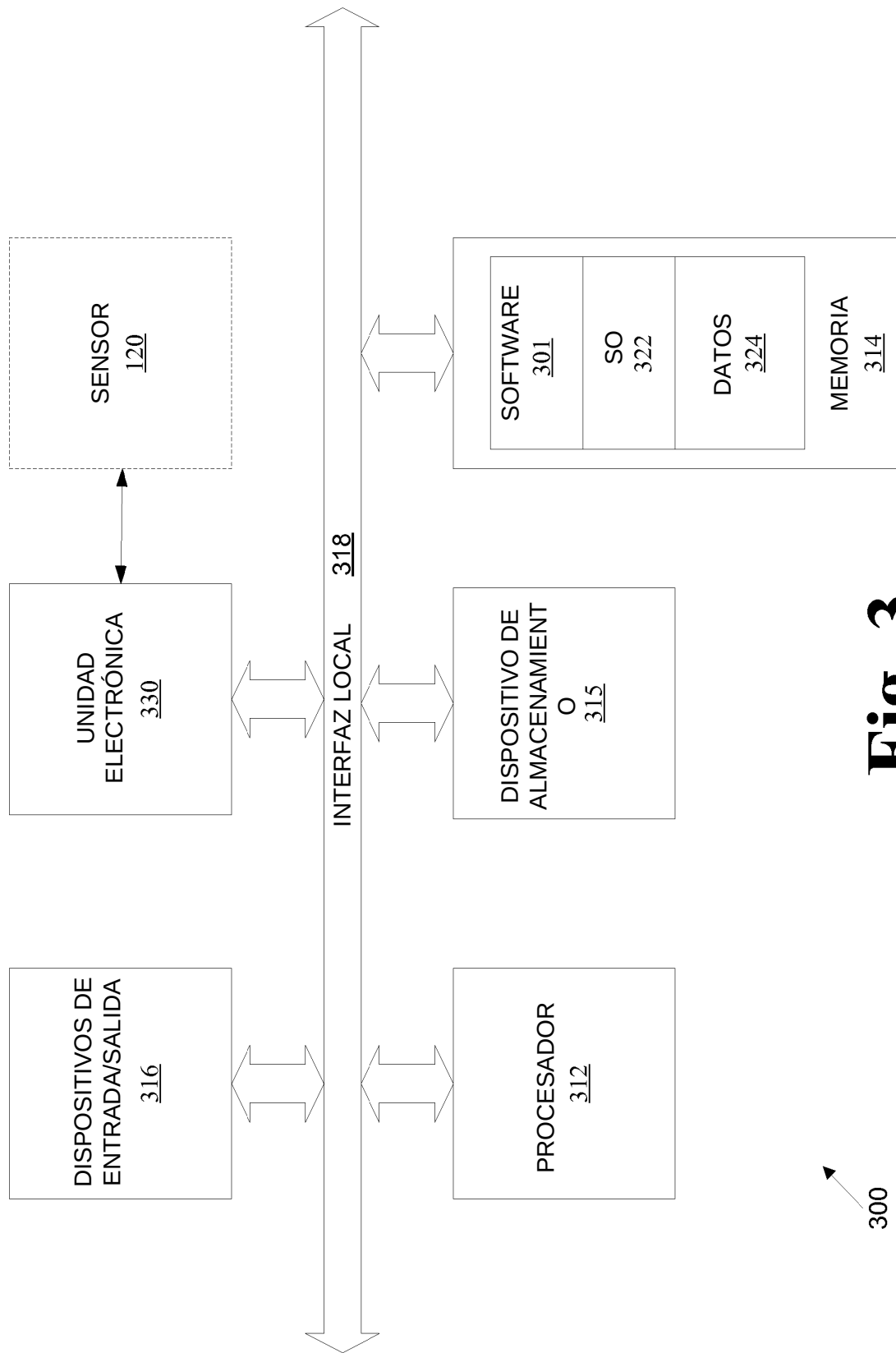


Fig. 3

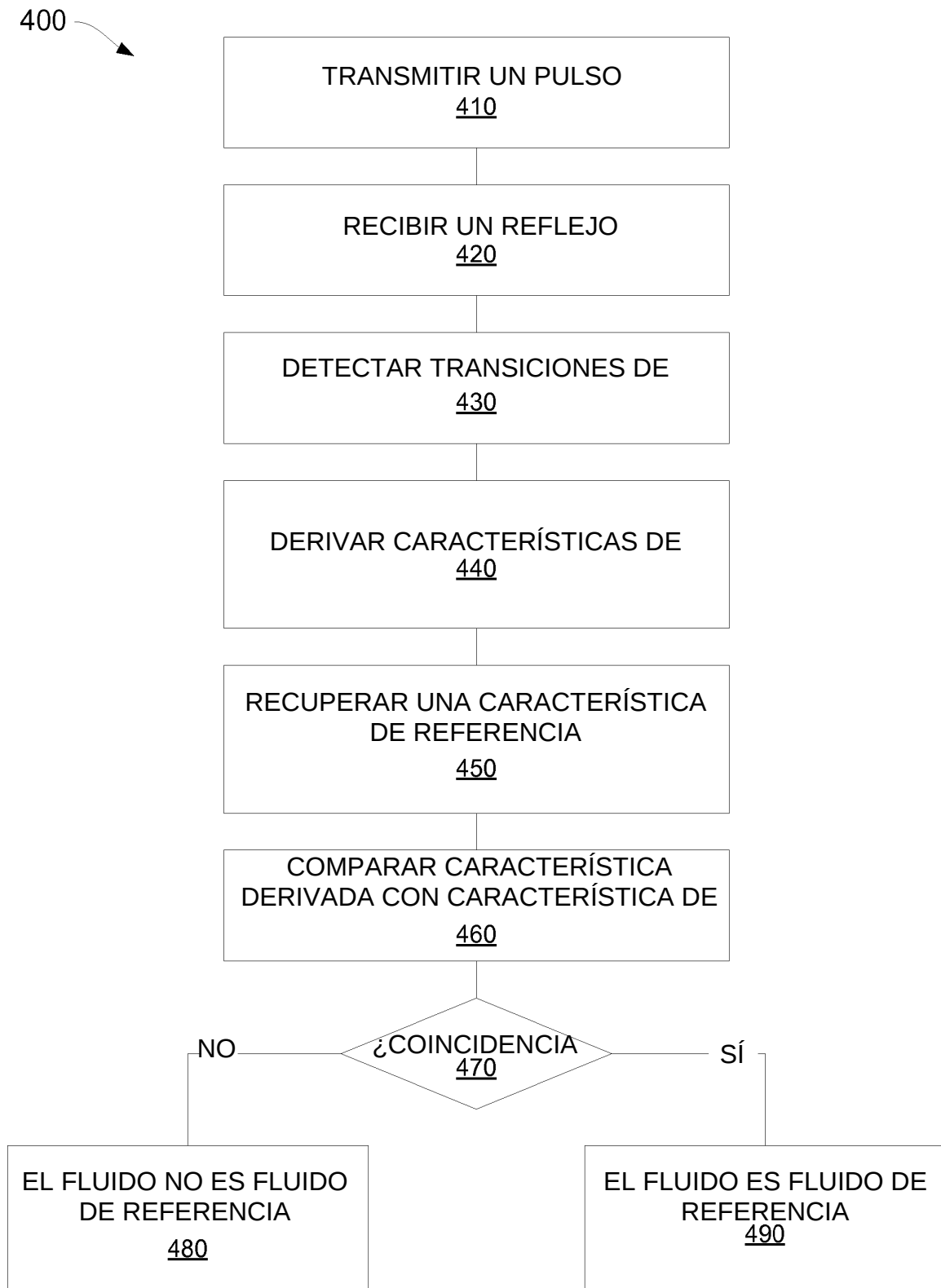


Fig. 4

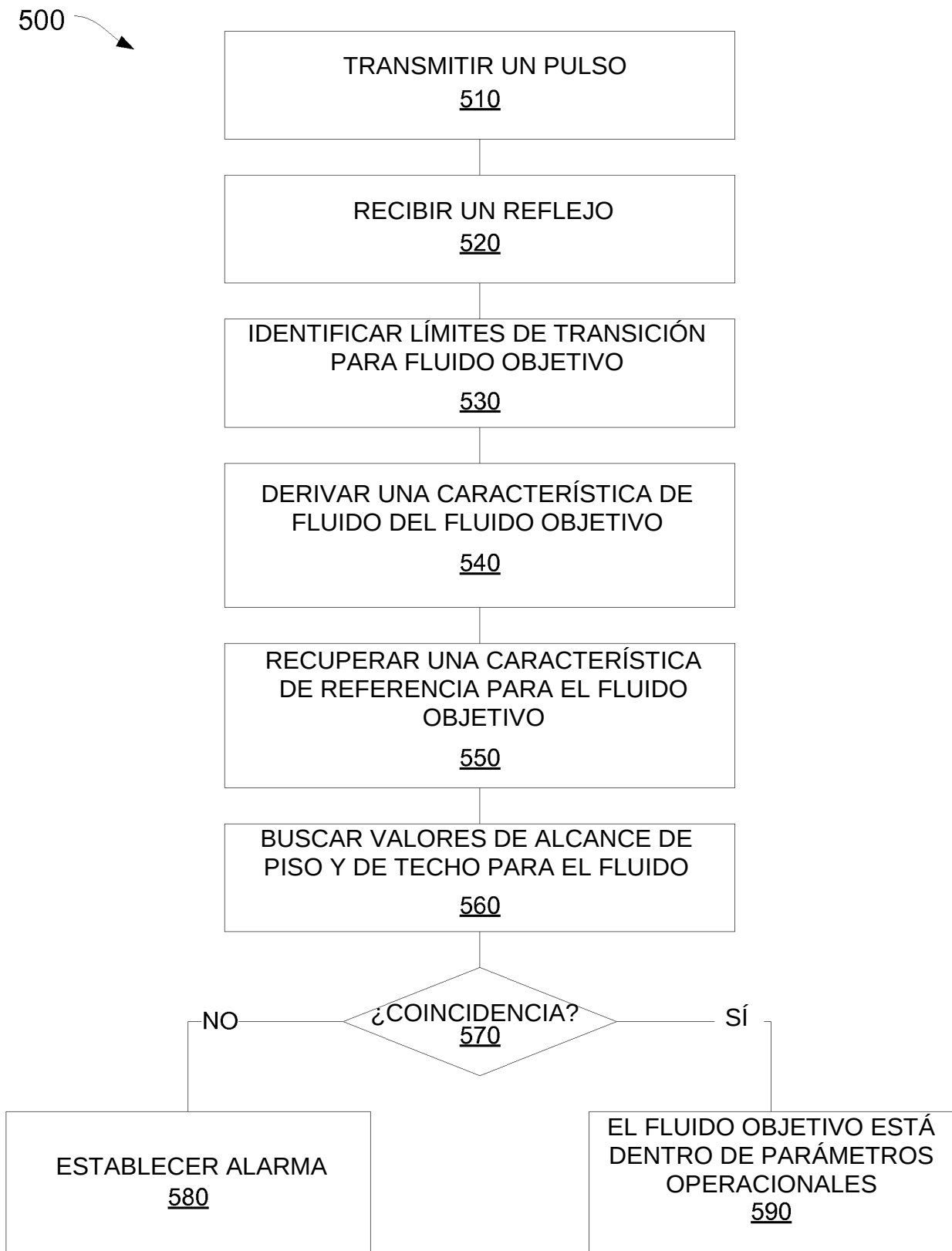


Fig. 5

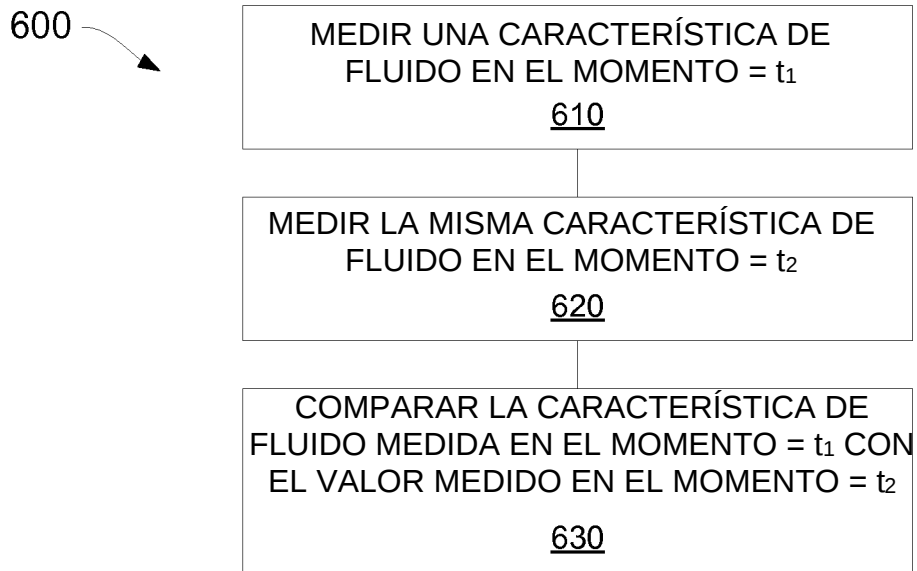


Fig. 6

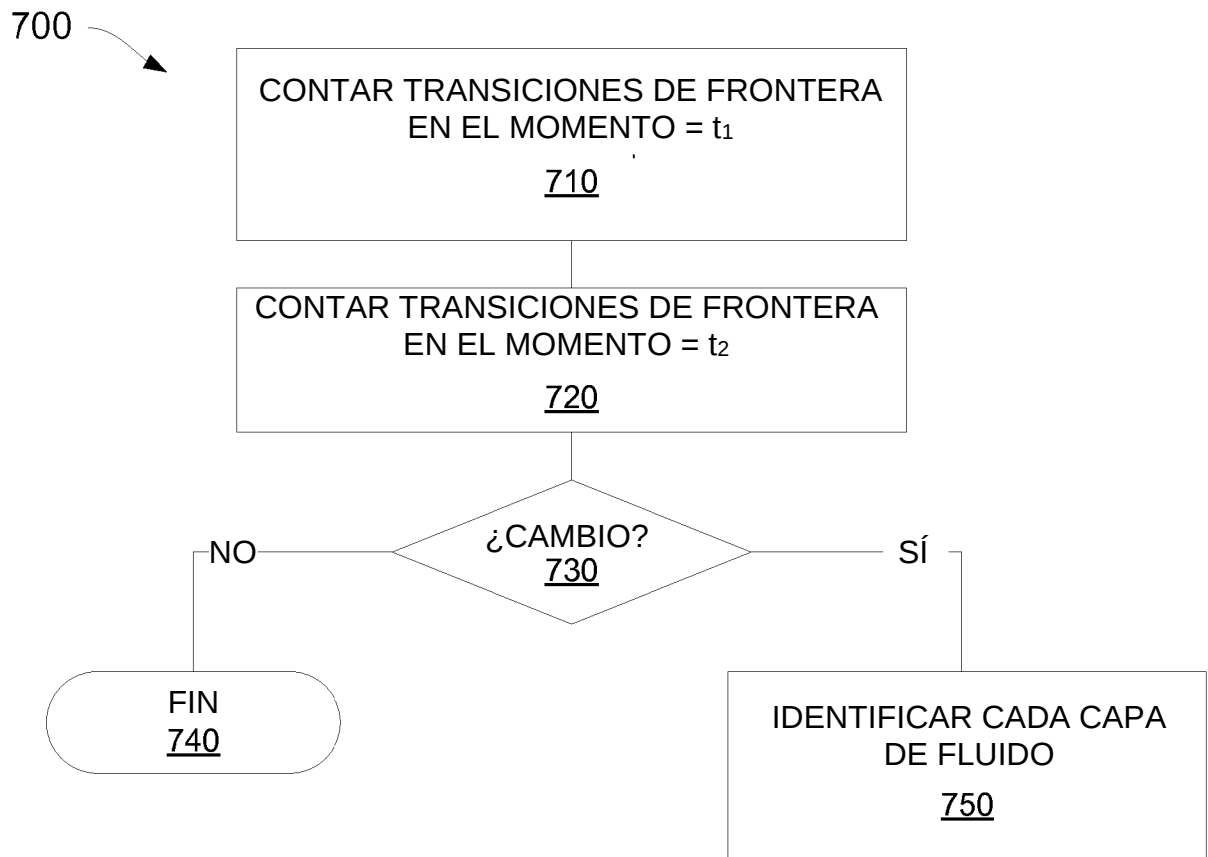


Fig. 7

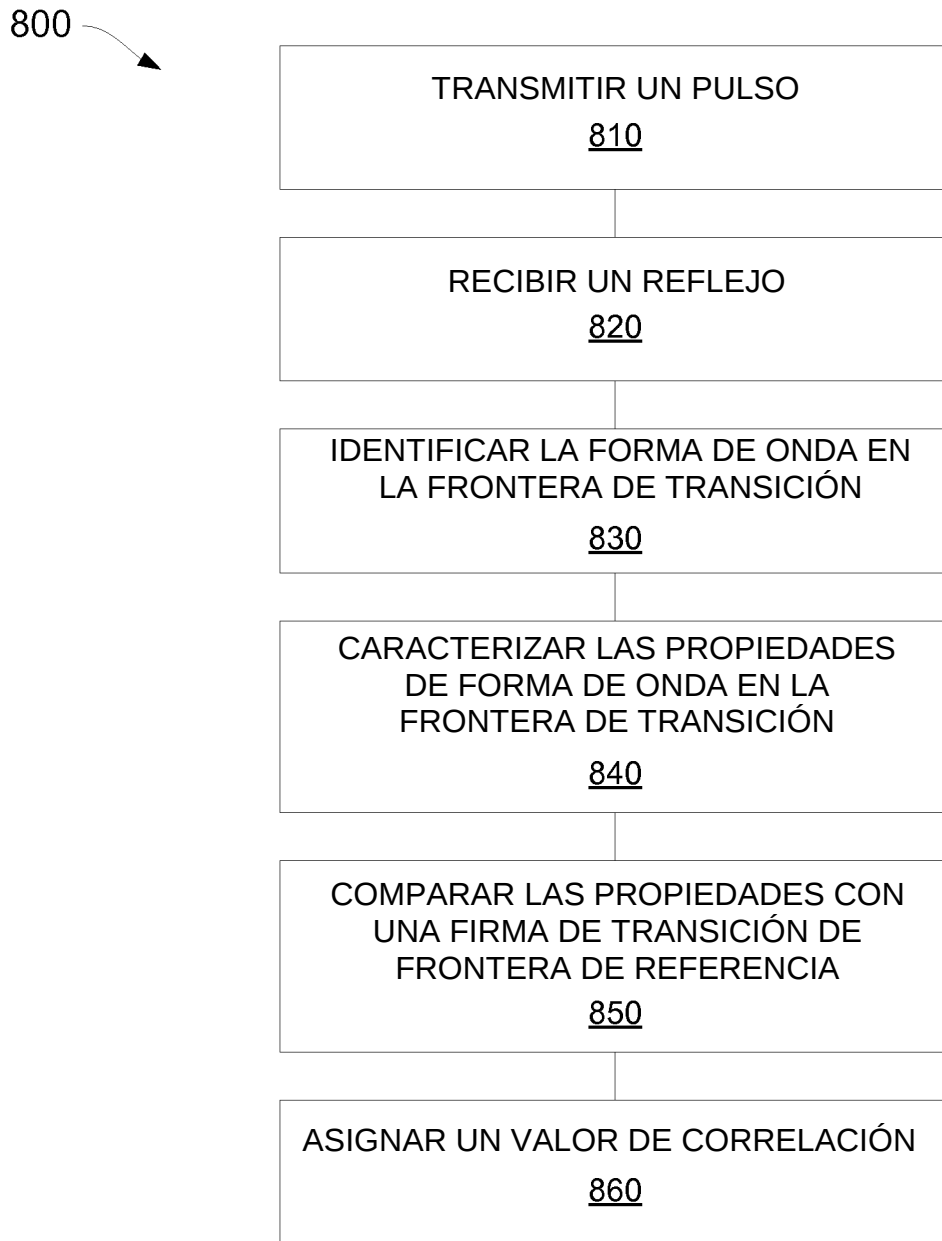


Fig. 8