

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 207**

51 Int. Cl.:

<b>G01N 15/06</b>	(2006.01)
<b>G01N 15/04</b>	(2006.01)
<b>G06F 17/18</b>	(2006.01)
<b>G01N 21/53</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/52</b>	(2006.01)
<b>A47L 15/42</b>	(2006.01)
<b>G01N 21/51</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/24</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/56</b>	(2006.01)
<b>C02F 1/66</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2013 PCT/US2013/069844**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2014 WO14078382**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2013 E 13854848 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 2920572**

54 Título: **Determinación de la turbidez de la fase líquida de aguas residuales multifase**

30 Prioridad:

**15.11.2012 US 201261726637 P**  
**08.11.2013 US 201314075613**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.06.2019**

73 Titular/es:

**SOLENIS TECHNOLOGIES CAYMAN, L.P.**  
**(100.0%)**  
**Mühlentalstrasse 38**  
**8200 Schaffhausen, CH**

72 Inventor/es:

**GOLDBLATT, MIKEL, E.**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 718 207 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

Determinación de la turbidez de la fase líquida de aguas residuales multifase

### Campo técnico

5 La presente invención se refiere generalmente a tratamiento de aguas residuales y, más particularmente, a un sistema y métodos para tratamiento de aguas residuales que determina la turbidez de la fase líquida de aguas residuales multifase y ajusta la cantidad de productos químicos añadidos a las aguas residuales basado en ello.

### Antecedentes

10 El tratamiento químico de aguas residuales para reducir los contaminantes se usa en muchos procesos industriales para permitir la reutilización de las aguas residuales, y para asegurar que la descarga de aguas residuales cumple las normas de calidad medioambiental requeridas. El tipo de tratamiento empleado depende de la fuente de las aguas residuales, el tipo de contaminantes en las aguas residuales, y el uso previsto del agua tratada. Las aguas residuales a menudo contiene sólidos en suspensión que comprenden partículas más finas de alrededor de 0.1  $\mu\text{m}$ , que no sólo son difíciles de filtrar, sino que tienden a permanecer en suspensión indefinidamente debido a los efectos de repulsión de las cargas electrostáticas entre las partículas. Para reducir la cantidad de contaminación de partículas finas, o turbidez del agua, los sistemas de tratamiento típicamente introducen agentes de coagulación y/o floculación en las aguas residuales. El agente de coagulación neutraliza las cargas electrostáticas sobre las partículas, que permite que las partículas entren en contacto entre sí y formen partículas más grandes. El floculante puede acelerar el proceso de aglomeración haciendo que los coloides y otras partículas suspendidas en las aguas residuales se agreguen, formando de por ello partículas grandes comúnmente denominadas partículas de flóculo o flóculos. Los flóculos se pueden retirar a continuación del agua tratada, por ejemplo, por sedimentación y/o flotación.

15 Los agentes de coagulación y floculación se añaden típicamente a las aguas residuales en un depósito de mezcla o reacción. Se pueden añadir también en esta etapa productos químicos adicionales, tales como ácidos o bases que se añaden para ajustar el pH del agua para mejorar la efectividad del coagulante, o productos químicos que reaccionan con y neutralizan otros contaminantes. La cantidad de los agentes que se debe añadir depende del nivel de contaminación y del volumen de agua a tratar. Por ejemplo, si se añade demasiado poco del agente de coagulación, la turbidez de las aguas residuales puede no reducirse suficientemente. Por otra parte, la adición de cantidades excesivas de productos químicos a las aguas residuales da como resultado productos químicos desperdiciados, y también puede dar como resultado que los mismos agentes se conviertan en contaminantes no deseados en el efluente tratado.

20 Para determinar si se están añadiendo suficientes agentes de tratamiento químico a las aguas residuales, se pueden tomar muestras de las aguas residuales tratadas y analizar mediante la medida de la turbidez, pH, y/o contenido químico. Típicamente, las muestras de aguas residuales se deben dejar sedimentar antes de medir la turbidez de modo que las partículas de flóculo no interfieran con la medida. Por esta razón, las muestras se toman típicamente después de las etapas de sedimentación y/o flotación del tratamiento. Sin embargo, las muestras de agua obtenidas en esta etapa del tratamiento pueden reflejar los niveles químicos de horas anteriores. De este modo, en el momento en que se detecta un incremento de la turbidez o el contenido químico de las aguas residuales, la cantidad de agentes de tratamiento presentes en el depósito de reacción se puede haber desviado significativamente lejos de su nivel óptimo. Además, debido a que el nivel de contaminación de las aguas residuales entrantes puede cambiar con el tiempo, las medidas de muestras que reflejan las aguas residuales introducidas en el depósito de reacción horas antes pueden no proporcionar una indicación precisa de cuanto agente de tratamiento tiene que ser añadido al depósito de reacción en el momento presente. La medida de la muestra de sedimentación o efluente de flotación puede proporcionar por ello una indicación imprecisa de qué cantidad de un producto químico de tratamiento se necesita añadir a las aguas residuales entrantes.

25 En consecuencia, hay una necesidad de sistemas y métodos mejorados para determinar la turbidez de las aguas residuales, así como de la cantidad óptima de productos químicos a añadir a las aguas residuales en un sistema de tratamiento de aguas residuales.

30 El documento US 2011/0043807 A1 describe un método para la medida de la turbidez en un medio medido usa un sensor de turbidez, que comprende por lo menos un primer y un segundo emisor y por lo menos un primer y un segundo detector. El primer y el segundo emisor se excitan uno después del otro para producir señales de luz dirigidas dentro del medio medido; en el que cada señal de luz viaja a lo largo de un primer camino de propagación a través del medio medido hasta el primer detector, y mediante el cual se convierte en una señal del primer detector; y viaja a lo largo de un segundo camino de propagación a través del medio medido hasta el segundo detector y mediante el cual se convierte en una señal del segundo detector. Un valor de turbidez se confirma basado en las señales del primer y segundo detector; en el que por medio de por lo menos un detector adicional, al que por lo menos una de las señales de luz viaja a lo largo de un camino de propagación adicional, se confirma una señal de detector adicional y, en base a la señal del detector adicional, se verifica el valor de turbidez por lo que respecta a su verosimilitud

### Sumario

La presente invención proporciona un método como se expone en la reivindicación 1, y un aparato como se expone en la reivindicación 10.

**Breve descripción de los dibujos**

5 Los dibujos adjuntos, que se incorporan y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran varias realizaciones de la invención y, junto con la descripción general de la invención dada anteriormente, y la descripción detallada de las realizaciones dadas a continuación, sirven para explicar los principios de la invención.

La FIG. 1 es una vista esquemática de un sistema de tratamiento de aguas residuales que incluye un depósito de reacción y un controlador.

10 La FIG. 2 es una vista esquemática de una porción del sistema de tratamiento de aguas residuales de la FIG. 1, que muestra detalles adicionales del depósito de reacción y del controlador.

La FIG. 3A es una vista esquemática de una muestra de aguas residuales multifase que tiene un primer nivel de turbidez.

La FIG. 3B es un gráfico que muestra muestras de una salida de un sensor de turbidez que corresponde a la muestra en la FIG. 3A.

15 La FIG. 4A es una vista esquemática de una muestra de aguas residuales multifase que tiene un segundo nivel de turbidez menor que el primer nivel de turbidez.

La FIG. 4B es un gráfico que muestra muestras de la salida del sensor de turbidez que corresponde a la muestra en la figura. 4A.

20 La FIG. 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento para el muestreo de la salida del sensor de turbidez y el control de la dispensación de coagulante dentro del depósito de reacción de la FIG. 2.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento para el análisis de las muestras obtenidas en la FIG. 5 para determinar un umbral de señal.

La FIG. 7 es un gráfico que muestra una distribución de probabilidad para las muestras ilustradas en la FIG. 4.

**Descripción detallada**

25 A continuación se describe un método para determinar la turbidez de aguas residuales. El método incluye recibir una señal indicativa de una cantidad de luz dispersada por las aguas residuales y muestrear la señal para producir una pluralidad de valores de muestra de señal. Estos valores de muestra se comparan con un umbral, y se identifican los valores de muestra que caen dentro del umbral. El método incluye además determinar la turbidez de las aguas residuales basada en los valores de muestra que caen dentro del umbral.

30 También se describe un aparato para tratar aguas residuales. El aparato incluye un procesador y una memoria que contiene código de programa. El código de programa se configura de modo que cuando se ejecute el código por el procesador, el código hace que el aparato reciba una señal indicativa de una cantidad de luz dispersada por las aguas residuales y muestree la señal para producir una pluralidad de valores de muestra de señal. El código se configura además para hacer que el aparato compare los valores de muestra con un umbral, identificar los valores  
35 de muestra que caen dentro del umbral, y determinar la turbidez de las aguas residuales basada en los valores de muestra que caen dentro del umbral.

40 La señal indicativa de la cantidad de luz dispersada por las aguas residuales se puede generar detectando una cantidad de luz dispersada de un haz de luz por las aguas residuales, en cuyo caso la señal puede tener un valor más alto (es decir, se detectaría más luz) para agua turbia que para agua clara. En otras realizaciones, esta señal se puede generar detectando una cantidad de luz transmitida a través de las aguas residuales, en cuyo caso la señal puede tener un valor menor (es decir, se detectaría menos luz) para agua turbia que para agua clara.

45 El umbral se puede determinar basado en una distribución de densidad de probabilidad de la pluralidad de valores de muestra. La distribución de densidad de probabilidad producida por los valores de muestra de aguas residuales multifase puede tener dos picos pronunciados. Uno de los picos puede ser el resultado de valores de muestra producidos de luz dispersada por fase líquida o masa de agua sin dispersión o reflexiones adicionales de flóculos. Es decir, un pico se puede producir de dispersión por aguas residuales cuando las partículas de flóculo no se han desviado dentro del camino del haz de luz. El otro pico se puede producir de dispersión por las aguas residuales cuando están presentes partículas de flóculo en el camino del haz de luz, lo que puede incrementar la cantidad de dispersión. El umbral se puede establecer en un valor entre estos dos picos para clasificar los valores de muestra  
50 como indicativos de la turbidez de las aguas residuales o como indicativo de dispersión de flóculos. Debido a que los umbrales determinados de este modo están basados en datos de sensor, el umbral se puede ajustar o mover en respuesta al estado de las aguas residuales de modo que los valores de muestra se clasifiquen óptimamente.

Los valores de muestra que se clasifican como producidos por masa de agua en ausencia de flóculos se pueden usar para producir una señal o valor indicativo de la turbidez de las aguas residuales. Este valor se puede usar a continuación para proporcionar retroalimentación a un controlador para controlar una operación asociada con el tratamiento de aguas residuales, tal como una cantidad de producto químico de tratamiento dispensado dentro de un depósito de reacción.

Las realizaciones de la invención se refieren a sistemas y métodos para la medida de la turbidez de las aguas residuales en un depósito de tratamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales antes de la flotación o sedimentación. Esto se puede conseguir mediante la distinción de dispersión de luz causada por la fase líquida o "masa de agua" de la dispersión de la luz que incluye dispersión causada por partículas de fase sólida o flóculos. Estas medidas, a su vez, se pueden usar para controlar la cantidad de productos químicos dispensados en las aguas residuales. Las aguas residuales en el depósito de tratamiento pueden contener partículas de flóculo que generan lecturas erróneas del sensor de turbidez. El sistema incluye un controlador configurado para muestrear una señal de salida de un sensor de turbidez, y para procesar las muestras de señal de salida para identificar las muestras que están asociados con la dispersión por masa de agua en el depósito de tratamiento. El controlador puede determinar entonces la turbidez de las aguas residuales en base a las muestras identificadas. El controlador también puede estar configurado para ajustar la cantidad de uno o más productos químicos dispensados en o aguas arriba o aguas abajo del depósito de tratamiento basado en la turbidez determinada.

Con referencia ahora a la FIG. 1, se ilustra un sistema 10 de tratamiento de aguas residuales que incluye un depósito 12 de reacción primaria que recibe las aguas residuales 14 entrantes, un controlador 16, y una unidad 18 de flotación por aire disuelto (DAF). La unidad 18 de DAF incluye una cámara 20 de almacenamiento de material flotante, una espumadera 22, una cámara 24 de descarga de sedimentos que recoge el sedimento pesado y retira el sedimento con un tornillo transportador 26, y una cámara 28 de efluente que contiene efluente 30. Una bomba 32 de lodos acoplada a la cámara 20 de almacenamiento de material flotante y la cámara 24 de descarga de sedimentos transporta los residuos sólidos que han flotado a la parte superior o se han depositado en el fondo de la unidad 18 de DAF a uno o más depósitos 34 de manipulación de lodos. Para añadir aire disuelto a las aguas residuales, una porción del efluente 30 aclarado se puede retirar de la cámara 28 de efluente y transportar mediante una bomba 38 de reciclaje a un depósito 40 a presión, donde la porción de efluente 30 aclarado se mezcla con aire 42 comprimido. Para este fin, el efluente reciclado se puede pulverizar en el depósito 40 de presión bajo varias atmósferas de presión. Las pequeñas gotas de agua formadas a partir de la pulverización se pueden por ello saturar con aire presurizado y se recogen en el fondo del depósito 40 para proporcionar una corriente 44 de reciclado aireado.

La corriente 44 de reciclado aireado se puede introducir en las aguas 46 residuales tratadas químicamente que fluyen desde el depósito 12 de reacción para proporcionar aire disuelto para las aguas 46 residuales antes de entrar en la unidad 18 de DAF. A medida que la corriente 44 de reciclado aireado se introduce en las aguas 46 residuales tratadas químicamente, el aire puede salir de la disolución formando burbujas de aire muy pequeñas que se adhieren a las partículas de floculación en el agua 46 residual tratada químicamente. Se puede usar una válvula 48 para controlar la cantidad de corriente 44 de reciclado aireado introducida en el agua 46 residual tratada químicamente, y para mantener la presión en el depósito 40 a presión mediante la restricción del flujo de la corriente 44 de reciclado aireado fuera del depósito 40 de presión. El efluente 30 que se va a descargar del sistema 10 se puede retirar de la cámara 28 de efluente mediante una bomba 50 de descarga.

El controlador 16 se puede acoplar a uno o más dispensadores 52, 54, 56 de productos químicos que dispensan selectivamente los productos químicos en el depósito 12 de reacción en respuesta a señales desde el controlador 16. En una realización de la invención, un dispensador 52 de productos químicos puede dispensar un coagulante 60 en una cámara 62 de coagulación del depósito 12 de reacción. Los coagulantes apropiados pueden incluir coagulantes inorgánicos, tales como sales de hierro o aluminio, que incluyen sulfato férrico o hidrócloruro de aluminio, por nombrar sólo unos pocos. Los coagulantes apropiados también pueden incluir una combinación de coagulantes inorgánicos/orgánicos, tales como Ashland ChargePac™ 55, ChargePac™ 60, ChargePac™ 7, ChargePac™ 10, o ChargePac™ 47, que están disponibles de Ashland Inc., de Covington, Kentucky, EE.UU. Similarmente, otro dispensador 54 de productos químicos puede dispensar una disolución 64 ácida o cáustica a una cámara 66 de ajuste de pH del depósito 12 de reacción para ajustar el pH de las aguas residuales. El pH de las aguas residuales se puede por ello mantener a un nivel que optimiza la efectividad del coagulante. Finalmente, el dispensador 56 de productos químicos adicional puede dispensar un floculante 68 a una cámara 70 de floculación del depósito 12 de reacción. Los floculantes apropiados pueden incluir floculantes aniónicos, tales como Ashland DF2205, DF2220, DF2270, y/o floculantes catiónicos tales como Ashland DF2405, DF2428, DF2445, que están también disponibles de Ashland Inc.

Cada cámara 62, 66, 70 del depósito 12 de reacción puede incluir un agitador 72, 74, 76 para asegurar que los productos químicos añadidos se distribuyen uniformemente por todas las aguas residuales. El funcionamiento de los agitadores se puede ajustar para optimizar las reacciones en esa porción del depósito de reacción primaria. Por ejemplo, el agitador 72 para la cámara 62 de coagulación puede funcionar a una velocidad mayor que el agitador 76 para la cámara 70 de floculación para optimizar la formación de flóculos.

Con referencia ahora a la FIG. 2, se presenta una vista esquemática que ilustra detalles adicionales del controlador 16, dispensadores 52, 54, 56 de productos químicos, y sensor 58 de turbidez. Cada dispensador 52, 54, 56 de

5 productos químicos puede incluir una bomba 78, 80, 82 de distribución de productos químicos acoplada a un respectivo recipiente 84, 86, 88 de productos químicos. Cada bomba 78, 80, 82 de dispensación de productos químicos está configurada para dispensar una cantidad controlada del producto químico de su respectivo recipiente 84, 86, 88 de productos químicos en la cámara 62, 66, 70 respectiva del depósito 12 de reacción en respuesta a señales desde el controlador 16. En una realización alternativa de la invención, los respectivos productos químicos se pueden alimentar por gravedad al depósito 12 de reacción, en cuyo caso las bombas 78, 80, 82 se pueden sustituir por válvulas (no mostradas) que se accionan por las señales desde el controlador 16.

10 El controlador 16 puede ser un controlador disponible comercialmente, tal como un OnGuardiController™, disponible de Ashland Inc., o cualquier otro dispositivo apropiado para controlar los dispensadores 52, 54, 56 de productos químicos y monitorizar el sensor 58 de turbidez. El controlador 16 incluye un procesador 90, una memoria 92, una interfase 94 de entrada/salida (I/O), y una interfase 96 de usuario. El procesador 90 puede incluir uno o más dispositivos seleccionados de microprocesadores, microcontroladores, procesadores de señales digitales, microordenadores, unidades centrales de procesamiento, matrices de puertas programables, dispositivos lógicos programables, máquinas de estado, circuitos lógicos, circuitos analógicos, circuitos digitales, o cualquier otro dispositivo que manipula señales (analógicas o digitales) basado en las instrucciones de funcionamiento que se almacenan en la memoria 92. La memoria 92 puede ser un solo dispositivo de memoria o una pluralidad de dispositivos de memoria que incluyen, pero no están limitados a, memoria sólo de lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria volátil, memoria no volátil, memoria de acceso aleatorio estática (SRAM), memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM), memoria flash, memoria caché, o cualquier otro dispositivo capaz de almacenar información digital. La memoria 92 también puede incluir un dispositivo de almacenamiento masivo (no mostrado), tal como un disco duro, unidad óptica, unidad de cinta, dispositivo de estado sólido no volátil o cualquier otro dispositivo capaz de almacenar información digital.

15 El procesador 90 puede funcionar bajo el control de un sistema operativo 98 que reside en la memoria 92. El sistema operativo 98 puede gestionar los recursos del controlador de modo que el código de programa de ordenador configurado como una o más aplicaciones de software de ordenador, tal como una aplicación 100 de controlador que reside en la memoria 92, puede tener instrucciones ejecutadas por el procesador 90. En una realización alternativa, el procesador 90 puede ejecutar las aplicaciones 100 directamente, en cuyo caso el sistema operativo 98 se puede omitir. Una o más estructuras 102 de datos también pueden residir en la memoria 92, y se puede usar por el procesador 90, sistema operativo 98, y/o aplicación 100 de controlador para almacenar datos.

20 La interfase 94 de I/O acopla operativamente el procesador 90 a otros componentes del sistema 10 de tratamiento, tales como el sensor 58 de turbidez, la bomba 78 de distribución de coagulante, la bomba 80 de distribución del producto cáustico, y la bomba 82 de dispensación de floculante. La interfase 94 de I/O puede incluir circuitos de procesamiento de señales que condicionan las señales entrantes y salientes de modo que las señales sean compatibles tanto con el procesador 90 como con los componentes a los que se acopla el procesador 90. Con este fin, la interfase 94 de I/O puede incluir convertidores de analógico a digital (A/D) y/o de digital a analógico (D/A), circuitos de nivel de voltaje y/o desplazamiento de frecuencia, circuitos de aislamiento óptico y/o excitación, y/o cualquier otro circuito analógico o digital apropiado para acoplar el procesador 90 a los otros componentes del sistema 10 de tratamiento.

25 La interfase 96 de usuario puede estar acoplada operativamente al procesador 90 del controlador 16 de una manera conocida para permitir que un operador del sistema interactúe con el controlador 16. La interfase 96 de usuario puede incluir un monitor, tal como un monitor de vídeo, monitores alfanuméricos, una pantalla táctil, un altavoz, y cualquier otro indicador apropiado de audio y visual capaz de proporcionar información al operario del sistema. La Interfase 96 de usuario también puede incluir dispositivos de entrada y controles, tales como un teclado alfanumérico, un dispositivo señalador, teclados, botones de pulsador, botones de control, micrófonos, etc., capaces de aceptar comandos o entrada del operario y transmitir la entrada introducida al procesador 90. De esta manera, la interfase 96 de usuario puede permitir la iniciación manual o selección de las funciones del sistema, por ejemplo, durante la configuración del sistema, calibración, y la carga de productos químicos.

30 En la realización ilustrada, el sensor 58 de turbidez es un sensor de luz dispersada 90 grados situado en la cámara 70 de floculación del depósito 12 de reacción. Un ejemplo de un sensor de luz dispersada 90 grados apropiado es el sensor de turbidez Chemitec S461/T de Liquid Analytical Resource, de Shirley, MA, Estados Unidos. El sensor 58 de turbidez puede estar situado en la cámara 70 de floculación, y puede incluir un alojamiento 103 que contiene una fuente 104 de luz y un sensor 105 de luz. La fuente 104 de luz puede incluir un diodo láser, u otro dispositivo generador de luz apropiado que transmite un haz 106 de luz en las aguas residuales. Las porciones del haz 106 de luz se pueden reflejar y/o dispersar por sólidos grandes y pequeños contenidos en las aguas residuales de la cámara 70 de floculación. Algo de esta luz 107 dispersada se puede detectar y medir por el sensor 105 de luz, que puede estar configurado para detectar la luz dispersada en un ángulo (por ejemplo, un ángulo de 90 grados) del haz 106 de luz. Típicamente, las aguas residuales serán aguas residuales multifase que contienen masa de agua de fase líquida y partículas de flóculos en fase sólida. Las aguas residuales también pueden contener burbujas de fase gaseosa. A medida que el haz 106 de luz pasa a través de las aguas residuales, la luz del haz 106 de luz puede ser reflejada o dispersada por las partículas en las aguas residuales, siendo recibida una porción de esta luz 107 dispersada por el sensor 105 de luz.

Con este fin, el alojamiento 103 puede incluir una o más ventanas 108, 109 para evitar que las aguas residuales entren en el sensor 58 de turbidez. Las ventanas 108, 109 también pueden permitir que el haz 106 de luz salga del alojamiento 103 y que la luz 107 dispersada llegue al sensor 105 de luz. En respuesta a la recepción de la luz 107 dispersada, el sensor 105 de luz puede generar una señal de salida 122 (Fig. 3), que puede ser un voltaje o corriente que es proporcional a la cantidad de luz 107 dispersada incidente sobre el sensor 105 de luz. Esta señal 122 de salida, a su vez, se puede acoplar al procesador 90 vía la interfase 94 de I/O del controlador 16.

Aunque se muestra como situado en la cámara 70 de floculación, las personas que tienen experiencia media en la técnica entenderán que el sensor 105 de luz puede estar situado en otras áreas del sistema 10 de tratamiento para medir la turbidez en las aguas residuales que contiene partículas de flóculo. Por ejemplo, el sensor 58 de turbidez puede estar situado en las cámaras 62, 66 de coagulación o de ajuste de pH, o entre la cámara 70 de floculación y la unidad 18 de DAF. Una persona que tenga experiencia media en la técnica también entiende que un sensor de luz transmitida se podría usar en lugar del sensor de luz dispersada representado. En realizaciones que usan un sensor de luz transmitida, el sensor 105 de luz se puede colocar en la trayectoria del haz 106 de luz. La señal proporcionada por el sensor 105 de luz por ello se reduciría por la presencia de flóculos y/o agua turbia, en lugar de aumentar, debido a la luz que se dispersa. De este modo, la señal proporcionada por un sensor de luz transmitida tendría una relación inversa a la cantidad de turbidez y/o flóculos en comparación con la señal proporcionada por un sensor de luz dispersada.

Con referencia ahora a las FIGS. 3A-4B, las FIGS. 3A y 4A son vistas esquemáticas que ilustran muestras de aguas residuales ejemplares 114, 128 de la cámara 70 de floculación que incluye masa de agua 116, 130 y partículas de flóculo 118, 132. Las FIGS. 3B y 4B proporcionan gráficos 120, 134 que corresponden a las respectivas muestras 114, 128 que incluyen representaciones de turbidez 122, 136 detectada basadas en la señal de salida del sensor 58 de turbidez en una pluralidad de puntos 124, 138 de muestra. En los gráficos ejemplares 120, 134, la turbidez se indica en unidades nefelométricas de turbidez (NTU), aunque se podría usar cualquier unidad apropiada para la medida de la turbidez, o incluso un nivel de voltaje o de corriente.

Como las aguas residuales de la cámara 70 de floculación se mezclan y distribuyen, el haz 106 de luz a veces solo puede encontrar masa de agua 116, 130 cuando el haz 106 de luz pasa a través de la distancia de medida del sensor 58 de turbidez. Durante estas veces, las muestras 124, 138 de la señal de salida del detector de turbidez se pueden agrupar o apiñar dentro de un intervalo de valores que refleja la turbidez de la masa de agua 116, 130. Por ejemplo, en las FIGS. 3A y 3B, la masa de agua contiene un nivel relativamente alto de la turbidez representado por una porción de las muestras 124 delimitada por la línea de puntos, de manera que un subconjunto 126 de las muestras 124 se agrupan dentro de un intervalo de 250 a 350 NTU. Es decir, el subconjunto 126 de muestras 124 cae dentro de 50 NTU de un valor central de 300 NTU. En contraste, las FIGS. 4A y 4B muestran una muestra que tiene masa de agua 130 con una turbidez inferior, de manera que una porción, o un subconjunto 140 de las muestras 138 cae dentro de un intervalo de 80 a 120 NTU, o dentro de 20 NTU de un valor central de 100 NTU. En cada caso, el subconjunto de muestras 126, 140 cae dentro de un intervalo que se correlaciona con la turbidez de las aguas residuales.

En otras ocasiones, una o más partículas de flóculo 118, 132 y/o burbujas de aire pueden pasar a través del haz 106 de luz. En estas ocasiones, la luz reflejada por las partículas de flóculo 118, 132 puede provocar que la cantidad de luz incidente sobre el sensor 105 de luz se incremente, de manera que el sensor 105 de luz genera una señal 122, 136 de salida mucho más alta. En consecuencia, las muestras 124, 138 de la señal de salida del detector de turbidez tomada en estas ocasiones típicamente caerán bastante fuera del intervalo de valores asociados con los subconjuntos 126, 140 de masa de agua. Además, estas muestras pueden caer dentro de un intervalo que tiene un valor central (por ejemplo, 1000 NTU) que es significativamente mayor que el valor central asociado con la turbidez del agua a granel. El intervalo de valores para las muestras 124, 138 asociado con flóculos puede ser relativamente independiente de la turbidez de la masa de agua, de modo que hay poca correlación entre los valores 124, 138 de muestra tomada mientras una partícula de flóculo 118, 132 está reflejando el haz 106 de luz, y la turbidez de las aguas residuales. Por lo tanto, estos datos se pueden identificar y desechar de manera que sólo las muestras que no fueron afectadas por las partículas de flóculo son tenidas en cuenta para indicar la turbidez. La cantidad de luz reflejada por las partículas 118, 132 de flóculo puede ser suficiente para hacer que el sensor 105 de luz indique una máxima turbidez o nivel de la señal de salida saturado, que en la realización ejemplar, se muestra como la lectura de 1000 NTU. Sin embargo, las personas que tienen experiencia media en la técnica comprenderán que este nivel puede variar en función del tipo de sensor usado, así como las características de los flóculos. Las realizaciones de la invención por lo tanto no están limitadas a cualquier intervalo particular de valores de muestra que están asociados a la detección de una partícula de flóculo.

Se ha determinado que tomando una pluralidad de muestras y calculando una distribución de probabilidad de la turbidez indicada, se pueden obtener medidas precisas de la turbidez de la masa de agua en muestras de agua que contienen flóculos. Ventajosamente, esto permite la determinación de la turbidez de las aguas residuales en la cámara 70 de floculación en tiempo real o casi en tiempo real. Al permitir que el sensor 58 de turbidez se coloque en la cámara 70 de floculación en lugar de en algún momento después de la unidad 18 de DAF, u otro dispositivo de retirada de flóculos apropiado, tal como un clarificador de sedimentación (es decir, después de que se ha retirado el flóculo de las aguas residuales), las realizaciones de la invención pueden permitir que el controlador 16 reaccione mucho más rápidamente a los cambios en la turbidez de las aguas residuales que los controladores en los sistemas

convencionales. Este tiempo de respuesta más rápido puede, a su vez, mejorar la precisión con la que se controlan los niveles de coagulante, reduciendo la cantidad de productos químicos gastados, así como los niveles de contaminación en el efluente 30.

5 Con referencia ahora a la FIG. 5, se presenta un diagrama de flujo 150 según una realización de la invención que ilustra una secuencia de operaciones para la aplicación 100 del controlador que se puede usar para determinar la turbidez de las aguas residuales en la cámara 70 de floculación. En el bloque 152, la aplicación 100 del controlador muestrea la señal de salida del sensor 58 de turbidez. A esta muestra se le puede asignar un valor correspondiente al nivel de turbidez indicado por la señal de salida del sensor 58 de turbidez, y se puede almacenar como una estructura 102 de datos en la memoria 92.

10 En el bloque 154, la aplicación 100 determina un umbral que se puede usar para clasificar la muestra. Determinar el umbral puede incluir seleccionar un valor de una tabla de consulta en base a los valores de una o más muestras de señal de salida almacenados en la memoria 92, o puede incluir un análisis estadístico de una pluralidad de muestras de un grupo de muestras obtenidas previamente. En una realización alternativa de la invención, el umbral se puede establecer en un valor predeterminado basado en datos empíricos o un nivel de turbidez esperado en la cámara 70 de floculación, en cuyo caso el bloque 154 se puede omitir. En cualquier caso, el umbral puede incluir uno o más valores que separan las muestras en una pluralidad de conjuntos o grupos de muestra. Por ejemplo, el umbral puede tener un valor inferior y un valor superior que define un intervalo de señal indicativa de una lectura de masa de agua, o el umbral puede ser un solo valor que representa un valor de señal por debajo del cual la lectura se considera que es una lectura de masa de agua.

20 En el bloque 156, la aplicación 100 compara la muestra de señal de salida obtenida en el bloque 152 con el umbral determinado en el bloque 154 antes de pasar al bloque 158 de decisión. Si la muestra de señal de salida está fuera del umbral (por ejemplo, mayor que el umbral) (la rama "Sí" del bloque 158 de decisión), la aplicación marca la muestra como fuera del umbral en el bloque 160 antes de volver al bloque 152 para tomar otra muestra. Si la muestra está dentro del umbral (por ejemplo, inferior o igual al umbral) (la rama "No" de bloque 158 de decisión), la aplicación 100 pasa al bloque 162 y marca la muestra como que está dentro del umbral. Las muestras marcadas como fuera del umbral pueden ser descartadas, o se pueden guardar en la memoria 92 para su uso en la determinación de los futuros niveles de umbral. Las muestras marcadas que están dentro del umbral se pueden añadir a un conjunto o subconjunto de muestras que son indicativas de la turbidez de las aguas residuales.

30 En el bloque 164, la aplicación 100 determina la turbidez de las aguas residuales basado en el subconjunto de muestras que están marcadas como que están dentro del umbral. La turbidez de aguas residuales se puede determinar basándose en un valor estadístico de las muestras. Este valor estadístico puede ser un promedio o valor medio de las muestras dentro del umbral, un valor de la mediana de las muestras dentro del umbral, un valor filtrado de las muestras dentro del umbral (por ejemplo, basado en la salida de un filtro de respuesta finita al impulso (FIR) o respuesta infinita al impulso (IIR), o simplemente basado en la última muestra obtenida que se marcó como que está dentro del umbral. El subconjunto de muestras marcadas como dentro del umbral puede incluir un número fijo de muestras seleccionadas basado en una metodología First In - First Out (FIFO), varias muestras obtenidas dentro de una ventana de tiempo predeterminado, o cualquier otro método apropiado de definir el subconjunto.

40 En el bloque 166, la aplicación 100 compara la turbidez determinada con un nivel o valor de referencia, que puede representar un nivel de turbidez objetivo para las aguas residuales que fluyen fuera de la cámara 70 de floculación. La diferencia entre el nivel de turbidez determinado y el valor de referencia puede proporcionar una señal de error a un algoritmo de control en la aplicación 100 del controlador. Por ejemplo, la señal de error se puede procesar por medio de un algoritmo de control proporcional-integral-derivativo (PID) que produce una salida que indica la cantidad de un producto químico, tal como la coagulante, a añadir al depósito 12 de reacción. En una realización de la invención, el valor de referencia puede comprender un intervalo de turbidez aceptable. Los valores de turbidez que caen dentro de este intervalo no producirían una señal de error, produciendo por ello una banda muerta o zona neutra en la salida del controlador.

50 Para este fin, en el bloque 168 de decisión, si la turbidez determinada está por encima del deseado intervalo o valor de referencia (rama "Sí" del bloque 168 de decisión), la aplicación 100 del controlador puede pasar al bloque 170. En el bloque 170, se incrementa la cantidad de coagulante añadido al depósito 12 de reacción. Este incremento, por ejemplo, se puede conseguir enviando una señal a la bomba de dispensación 78 que proporcione una mayor cantidad de coagulante 60 a la cámara de coagulación 62. Si la turbidez determinada no está por encima del intervalo deseado (rama "No" del bloque 168 de decisión), la aplicación 100 pasa al bloque 172 de decisión.

55 Si la turbidez determinada está por debajo del deseado intervalo o valor de referencia (rama "Sí" del bloque 172 de decisión), la aplicación 100 puede pasar al bloque 174. En el bloque 174, la aplicación 100 disminuye la cantidad de coagulante dispensado al depósito 12 de reacción. Por ejemplo, la aplicación 100 puede enviar una señal a la bomba 78 de dispensación acoplada al recipiente 84 de coagulante que reduzca el caudal de coagulante 60 proporcionado a la cámara 62 de coagulación, o cerrar el flujo 60 de coagulante totalmente. Si la turbidez determinada no está por debajo del intervalo deseado (rama "No" del bloque 172 de decisión), la aplicación 100 puede volver al bloque 152 y obtener otra muestra de la señal de salida del sensor de turbidez.

La aplicación 100 del controlador se puede por ello configurar para determinar la turbidez de la masa de agua 116, 130, y activar selectivamente una o más de las bombas 78, 80, 82 de dispensación en respuesta a señales desde el sensor 58 de turbidez de manera que se optimicen las cantidades de productos químicos añadidos a las aguas residuales entrantes. En una realización de la invención, la determinación de la turbidez también puede incluir la determinación de una densidad de probabilidad de muestra basada en las muestras de la señal de salida del sensor de turbidez. Se puede pensar que esta función de densidad de probabilidad es una distribución esperada para una gran población de muestras, sirviendo un grupo de muestras obtenidas por la aplicación 100 del controlador como una muestra aleatoria de esa población esperada.

Con referencia ahora a la FIG. 6, se presenta un diagrama de flujo 180 según una realización de la invención. El diagrama de flujo 180 ilustra una secuencia de operaciones que se pueden usar para determinar un umbral usado para clasificar o identificar muestras de la señal de salida del sensor de turbidez que son indicativas de la turbidez de aguas residuales. En el bloque 182, la aplicación 100 muestrea la salida del sensor 58 de turbidez. En el bloque 184, se añade esta muestra a un grupo de muestra. El grupo de muestra puede representar un conjunto de muestras que tienen un número fijo de muestras, un conjunto de muestras recogidas a lo largo de una ventana de tiempo móvil que termina con la última muestra, o cualquier otra metodología apropiada para agrupar muestras.

En el bloque 186, la aplicación 100 determina una densidad de probabilidad basada en el grupo de muestra. Con este fin, las muestras en el grupo de muestra pueden ser vistas como una muestra aleatoria de un universo mayor de muestras que representan una salida esperada del sensor 58 de turbidez. Para ilustrar esto aún más, la FIG. 7 presenta un gráfico 190 ilustrativo de una función de densidad de probabilidad representada por la línea 192 del gráfico para las muestras 138 que se muestran en la FIG. 4B. En la realización ilustrada, el gráfico 190 tiene un eje 194 horizontal que proporciona el nivel de turbidez indicada en NTU, y un eje 196 vertical que indica la probabilidad de que se obtenga una muestra que tiene ese valor de turbidez. La aplicación 100 del controlador puede usar cualquier método apropiado para determinar la función 192 de densidad de probabilidad, tal como una ventana de Parzen, una técnica de agrupación de datos, tales como cuantificación vectorial, o mediante la generación de un histograma reescalado de las muestras en el grupo de muestra. Una vez que la función 192 de densidad de probabilidad ha sido determinada para las muestras en el grupo de muestra, la aplicación 100 del controlador puede pasar al bloque 198.

En el bloque 198, la aplicación 100 del controlador puede identificar uno o más picos 200-204 de la función 192 de densidad de probabilidad. Aunque se muestra que cada uno de los uno o más picos 200-204 tiene un valor máximo bien definido en el gráfico 190 ilustrativo, en realizaciones de la invención, uno o más de los picos 200-204 pueden ser picos aplanados, o pueden tener una forma que carece de un valor máximo bien definido. Por ejemplo, si un gran número de muestras 124, 138 se agrupan cerca de 300 NTU, puede haber muestras 124, 138 que tienen otros valores (por ejemplo, 1000, 5000, o 10000 NTU) que no forman un pico fácilmente identificable. En cualquier caso, los picos 200-204 pueden representar valores de turbidez indicada que es más probable que sean indicados por la salida del sensor 58 de turbidez. Estos niveles de salida del sensor de turbidez esperados pueden estar concentrados en dos picos 200, 204, con un pico 200 localizado en un valor 205 más bajo del eje horizontal asociado a las lecturas de turbidez de las aguas residuales (es decir, lecturas de la masa de agua en ausencia de dispersión por flóculos), y el otro pico 204 localizado en un valor 206 más alto del eje horizontal asociado a una lectura errónea que es el resultado de flóculos en las aguas residuales.

En el bloque 207, la aplicación 100 puede identificar el pico 200 que se produce en el valor 205 más bajo del eje horizontal (por ejemplo, el más bajo nivel indicado de NTU) que tiene una localización 208 de pico. La aplicación 100 puede a continuación pasar al bloque 210 y establecer un umbral 212 basado en la localización 208 del pico 200 identificado. Este umbral 212, por ejemplo, se puede establecer en un valor que proporciona una distancia 214 deseada desde la localización 208 del pico. Esta distancia 214 puede ser, por ejemplo, una distancia predeterminada (por ejemplo, 100 NTU) o establecerse en un número predeterminado de desviaciones estándar (por ejemplo,  $2 \times \sigma$ ) calculada para el grupo de muestra. La aplicación 100 también puede establecer un umbral 216 más bajo que establece un límite inferior para las muestras que se incluirán en el grupo de muestra. Es decir, la aplicación puede definir un intervalo con umbrales 212, 216 que identifica muestras a incluir en el grupo de muestra.

La terminología usada aquí es para el propósito de describir solo realizaciones particulares y no se pretende que sea limitante de la invención. Como se usa aquí, las formas singulares "un", "una" y "el" se desea que incluyan las formas plurales también, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos "comprende" y/o "que comprende", cuando se usan en esta memoria descriptiva, especifican la presencia de características, números enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes expresados, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes, y/o grupos de los mismos diferentes. Además, las referencias aquí a términos tales como "vertical", "horizontal", etc. se realizan a modo de ejemplo, y no a modo de limitación, para establecer un marco de referencia absoluto.

Se entenderá que cuando se describe que un elemento está "conectado" o "acoplado" a o con otro elemento, puede estar conectado o acoplado directamente al otro elemento o, en cambio, pueden estar presentes uno o más elementos intermedios. Por el contrario, cuando se describe que un elemento está "conectado directamente" o "directamente acoplado" a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes. Cuando se describe que un

elemento está "conectado indirectamente" o "acoplado indirectamente" a otro elemento, hay por lo menos un elemento intermedio presente.

5 Tal como se usa aquí, la expresión "en respuesta a" quiere decir "en reacción a" y/o "después" de un primer evento. De este modo, un segundo evento que ocurre "en respuesta a" un primer evento puede ocurrir inmediatamente después del primer evento, o puede incluir un retraso de tiempo que se produce entre el primer evento y el segundo evento. Además, el segundo evento puede ser provocado por el primer evento, o puede simplemente ser posterior al primer evento sin ninguna conexión causal.

10 Aunque la invención se ha ilustrado mediante la descripción de una o más realizaciones de la misma, y aunque las realizaciones se han descrito en considerable detalle, no se pretende que restrinjan o limiten en modo alguno el alcance de las reivindicaciones adjuntas hasta tal detalle. Se les ocurrirán fácilmente ventajas y modificaciones adicionales a las personas expertas en la técnica. Por ejemplo, aunque la invención se ha descrito con respecto a un sensor 58 de turbidez que tiene una configuración de 90 grados entre la fuente 104 de luz y el sensor 105 de luz, las personas de experiencia media en la técnica entenderán que se podrían usar otros tipos de sensores. Por ejemplo, un sensor que detecta la atenuación de una fuente de luz, o que está localizado a un ángulo distinto de 90 grados con respecto a la fuente de luz. En estas realizaciones alternativas, la señal de salida del sensor de turbidez puede estar invertida con respecto al sensor a 90 grados descrito aquí. Es decir, un nivel de señal más alto puede ser indicativo de un nivel más bajo de turbidez. La invención en sus aspectos más amplios, por lo tanto, no está limitada a los detalles específicos, aparato y métodos representativos y ejemplos ilustrativos mostrados y descritos. En consecuencia, se pueden realizar desviaciones de tales detalles sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

20

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para determinar la turbidez de la fase líquida de aguas residuales multifase en un sistema (10) de tratamiento de aguas residuales que comprende una cámara (70) de floculación y un dispositivo (18) de retirada de flóculos, comprendiendo el método las etapas de
  - 5 colocar un sensor (58) de turbidez que incluye una unidad (103) de alojamiento que contiene un emisor (104) de luz y un sensor (105) de luz dentro de las aguas residuales multifase antes del dispositivo (18) de retirada de flóculos;
  - 10 emitir una señal de luz y recibir una señal en el sensor (105) de luz indicativa de una cantidad de luz dispersada o transmitida a través de las aguas residuales, caracterizado por el hecho de que además comprende las etapas de
    - 15 muestrear la señal para producir una pluralidad de valores de muestra de señal en el que los valores de muestra producidos por la fase líquida de las aguas residuales en ausencia de partículas (118) de flóculo producen un primer conjunto de valores de muestra y en el que los valores de muestra producidos cuando las partículas (118) de flóculo están en el camino de la señal producen un segundo conjunto de valores de muestra;
    - 20 identificar el primer conjunto de valores de muestra basado en un umbral, comparando los valores de muestra con el umbral para identificar y desechar el segundo conjunto de valores de muestra, en base a que las partículas (118) de flóculo reflejan luz de tal modo que un valor central del primer conjunto de valores de muestra es significativamente más alto que un valor central del segundo conjunto de valores de muestra; y
    - determinar la turbidez de la fase líquida de las aguas residuales basado en el primer conjunto de valores de muestra identificado.
2. El método de la reivindicación 1 que comprende además:
  - 25 determinar el umbral basado por lo menos en parte en los valores de las muestras.
3. El método de la reivindicación 1, en el que determinar el umbral comprende además:
  - 30 identificar el primer conjunto de muestras que tienen valores agrupados alrededor de un primer valor de la señal;
  - identificar el segundo conjunto de muestras que tienen valores agrupados alrededor de un segundo valor de la señal; y
  - establecer el umbral en un valor entre el primer valor de la señal y el segundo valor de la señal.
4. El método de la reivindicación 3 en el que el segundo valor de la señal es un valor que indica un mayor nivel de turbidez que el primer valor de la señal.
5. El método de la reivindicación 1 que comprende además:
  - 35 generar una señal de control basada en la turbidez determinada de las aguas residuales.
6. El método de la reivindicación 5 en el que:
  - 40 determinar la turbidez de las aguas residuales incluye determinar un valor estadístico del primer conjunto de valores de muestra; y
  - generar la señal de control incluye comparar el valor estadístico con un valor de referencia, y establecer un valor de la señal de control basado en la diferencia entre el valor estadístico y el valor de referencia;
  - en el que el valor estadístico puede ser un promedio o valor medio, un valor de la mediana, o un valor filtrado del primer conjunto de valores de muestra, o puede estar basado en la última muestra obtenida en el primer conjunto de valores de muestra.
7. El método de la reivindicación 5 que comprende además
  - 45 ajustar una cantidad de un producto químico añadido a las aguas residuales basada en la señal de control.
8. El método de la reivindicación 7 en el que el producto químico incluye un coagulante.

9. El método de la reivindicación 1 que comprende además:  
 determinar una distribución de probabilidad de las muestras;  
 identificar un primer pico de probabilidad que ocurre en una primera localización asociado con la fase líquida de las aguas residuales en ausencia de partículas (118) de flóculo;
- 5 identificar un segundo pico de probabilidad que ocurre en una segunda localización asociado con valores producidos cuando las partículas (118) de flóculo están en el camino de la señal; y  
 determinar la turbidez de las aguas residuales basada en un valor de la primera localización,  
 en el que el valor de la primera localización es indicativo de un nivel de turbidez diferente de un valor de la segunda localización.
- 10 10. Un aparato (16) para determinar la turbidez de la fase líquida de unas aguas residuales multifase en un sistema (10) de tratamiento de aguas residuales que comprende una cámara (70) de floculación y un dispositivo (18) de retirada de flóculos, en el que un sensor (58) de turbidez que incluye una unidad (103) de alojamiento que contiene un emisor (104) de luz y un sensor (105) de luz se coloca en las aguas residuales multifase antes del dispositivo (18) de retirada de flóculos, comprendiendo el aparato:  
 15 un procesador (90); y  
 una memoria (92) que contiene código de programa que, cuando se ejecuta por el procesador, hace que el aparato:  
 controle el sensor (58) de turbidez para emitir una señal de luz y recibir una señal en el sensor (105) de luz  
 20 indicativa de una cantidad de luz dispersada o transmitida a través de las aguas residuales, caracterizado por el hecho de que al aparato se le hace  
 muestrear la señal para producir una pluralidad de valores de muestra de señal en el que los valores de muestra producidos por la fase líquida de las aguas residuales en ausencia de partículas (118) de flóculo produce  
 un primer conjunto de valores de muestra y en el que los valores de muestra producidos cuando partículas  
 25 (118) de flóculo están en el camino de la señal producen un segundo conjunto de valores;  
 identificar el primer conjunto de valores de muestra basado en un umbral, comparando los valores de muestra con el umbral para separar el primer y segundo conjunto de valores de muestra, en el que las partículas (118) de flóculo reflejan luz de tal modo que un valor central del primer conjunto de valores de muestra es significativamente más alto que un valor central del segundo conjunto de valores de muestra; y  
 30 determinar la turbidez de las aguas residuales basada en el primer conjunto de valores de muestra identificado.
11. El aparato (16) de la reivindicación 10 en el que el código de programa está configurado además para hacer que el aparato (16) determine el umbral en base a los valores de las muestras:  
 35 identificando un primer grupo de muestras que tienen valores agrupados alrededor de un primer valor de la señal; y  
 estableciendo el umbral de modo que por lo menos una porción del primer grupo de muestras se encuentre por debajo del umbral.
12. El aparato (16) de la reivindicación 11, en el que el código de programa está configurado además para hacer que el aparato (16) determine además el umbral:  
 40 identificando un segundo grupo de muestras que tienen valores agrupados alrededor de un segundo valor de la señal; y  
 estableciendo el umbral en un valor entre el primer valor de la señal y el segundo valor de la señal, en el que  
 45 el segundo valor de la señal es un valor que indica un mayor nivel de turbidez que el primer valor de la señal.
13. El aparato (16) de la reivindicación 10 en el que el código de programa está configurado además para generar una señal de control basada en la turbidez determinada de la fase líquida de unas aguas residuales multifase.

14. El aparato (16) de la reivindicación 13, en el que:
- determinar la turbidez de las aguas residuales incluye determinar un valor estadístico del primer conjunto de valores de muestra; y generar la señal de control incluye comparar el valor estadístico con un valor de referencia, y establecer un valor de la señal de control basado en la diferencia entre el valor estadístico y el valor de referencia;
- 5 en el que el valor estadístico puede ser un promedio o valor medio, un valor de la mediana, o un valor filtrado del primer conjunto de valores de muestra, o puede estar basado en la última muestra obtenida en el primer conjunto de valores de muestra.
- 10 15. El aparato (16) de la reivindicación 13, en el que la señal de control se usa para ajustar una cantidad de un producto químico añadido a las aguas residuales.

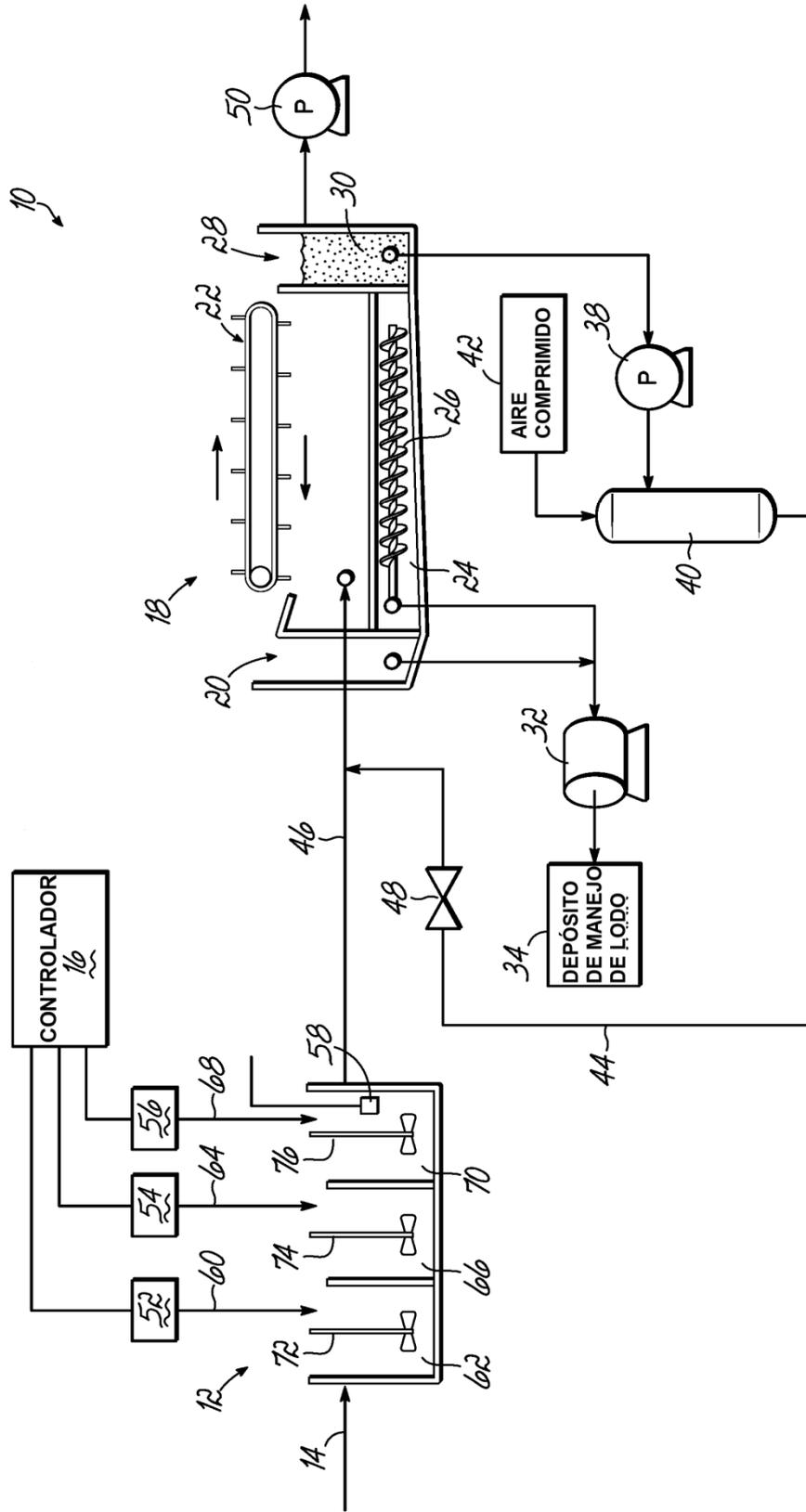


FIG. 1

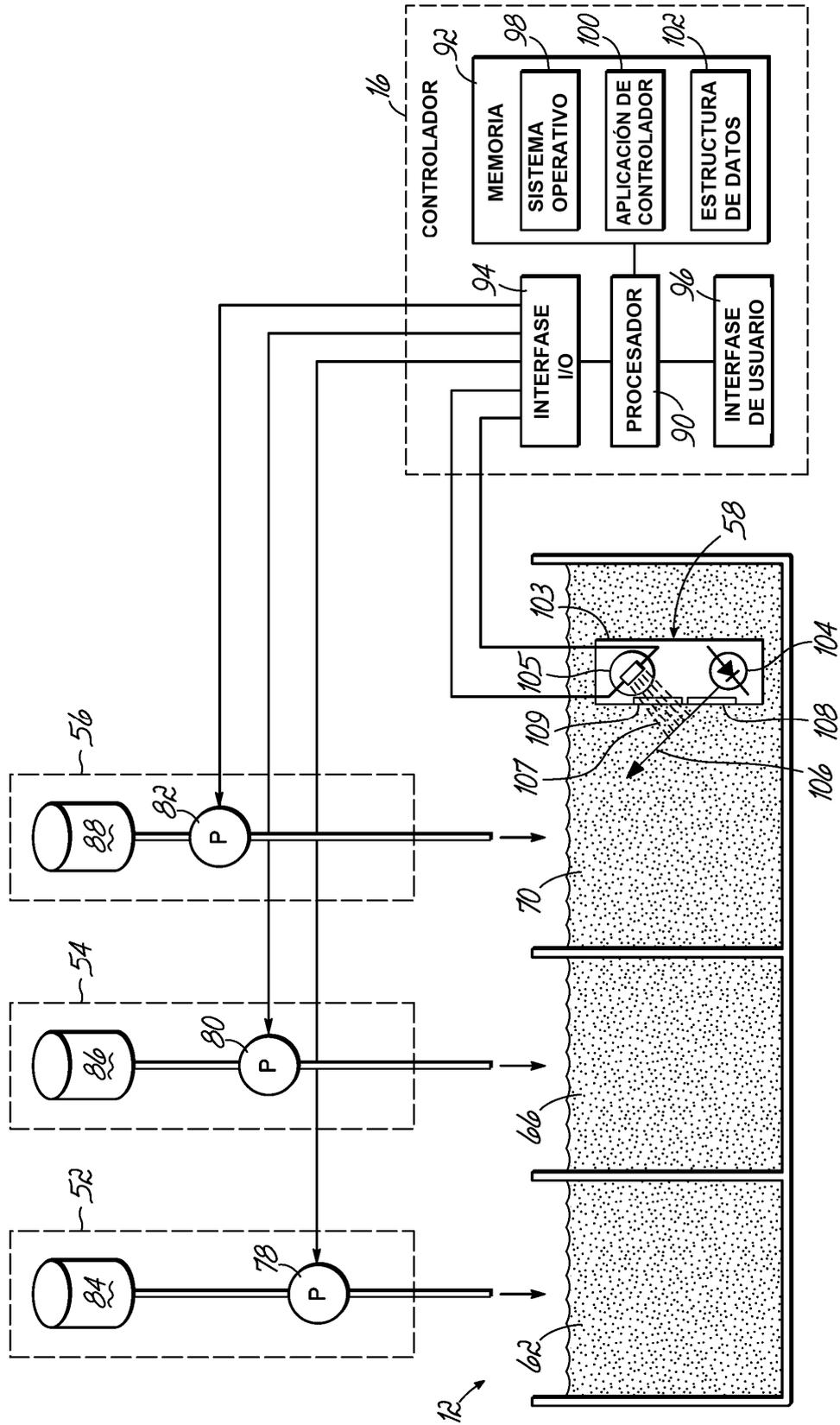


FIG. 2

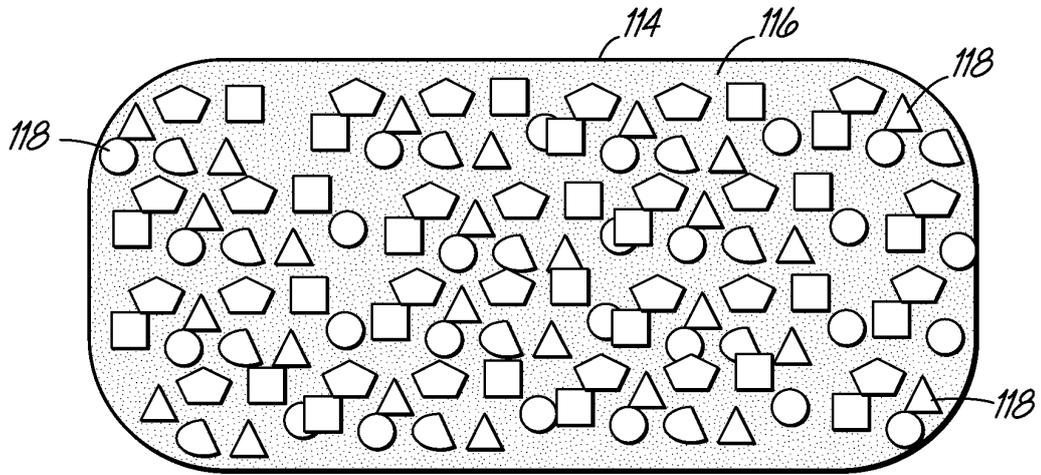


FIG. 3A

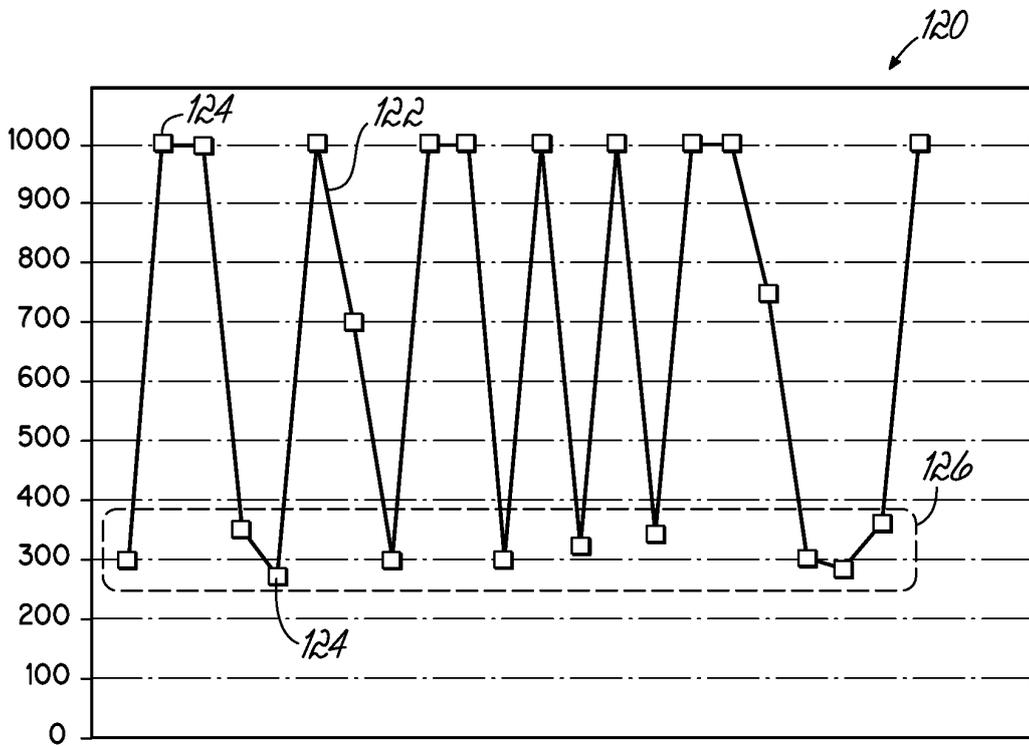


FIG. 3B

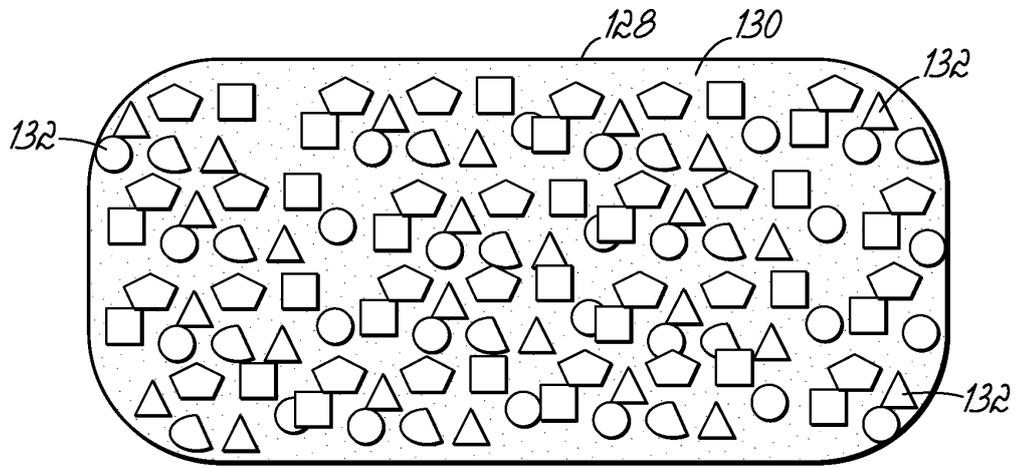


FIG. 4A

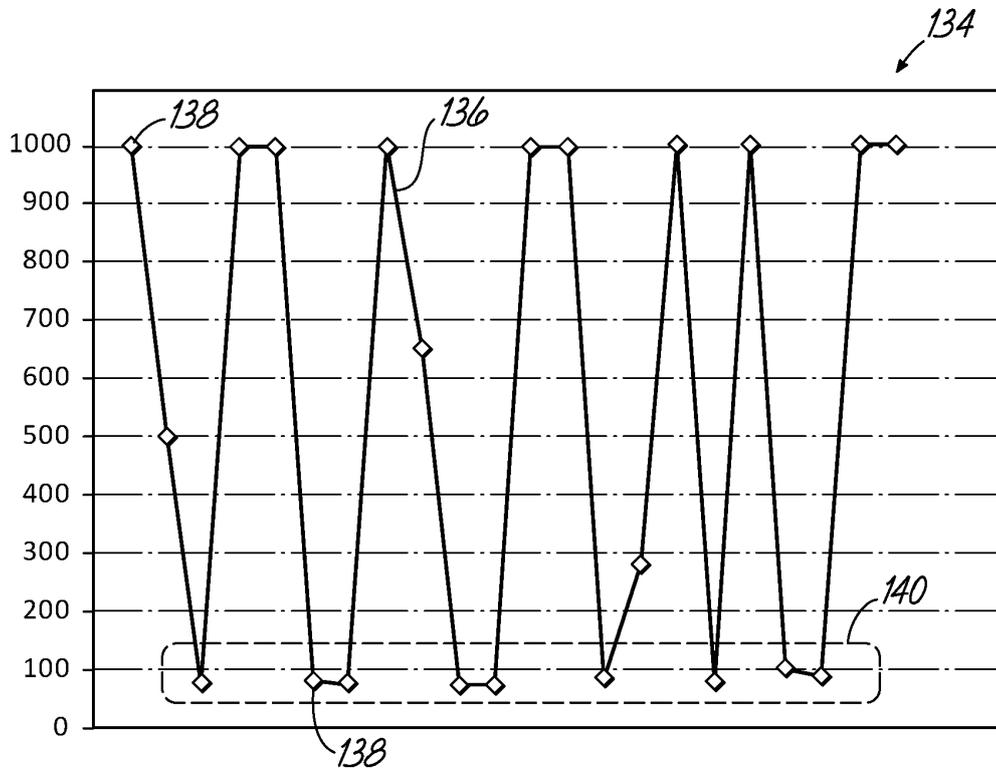


FIG. 4B

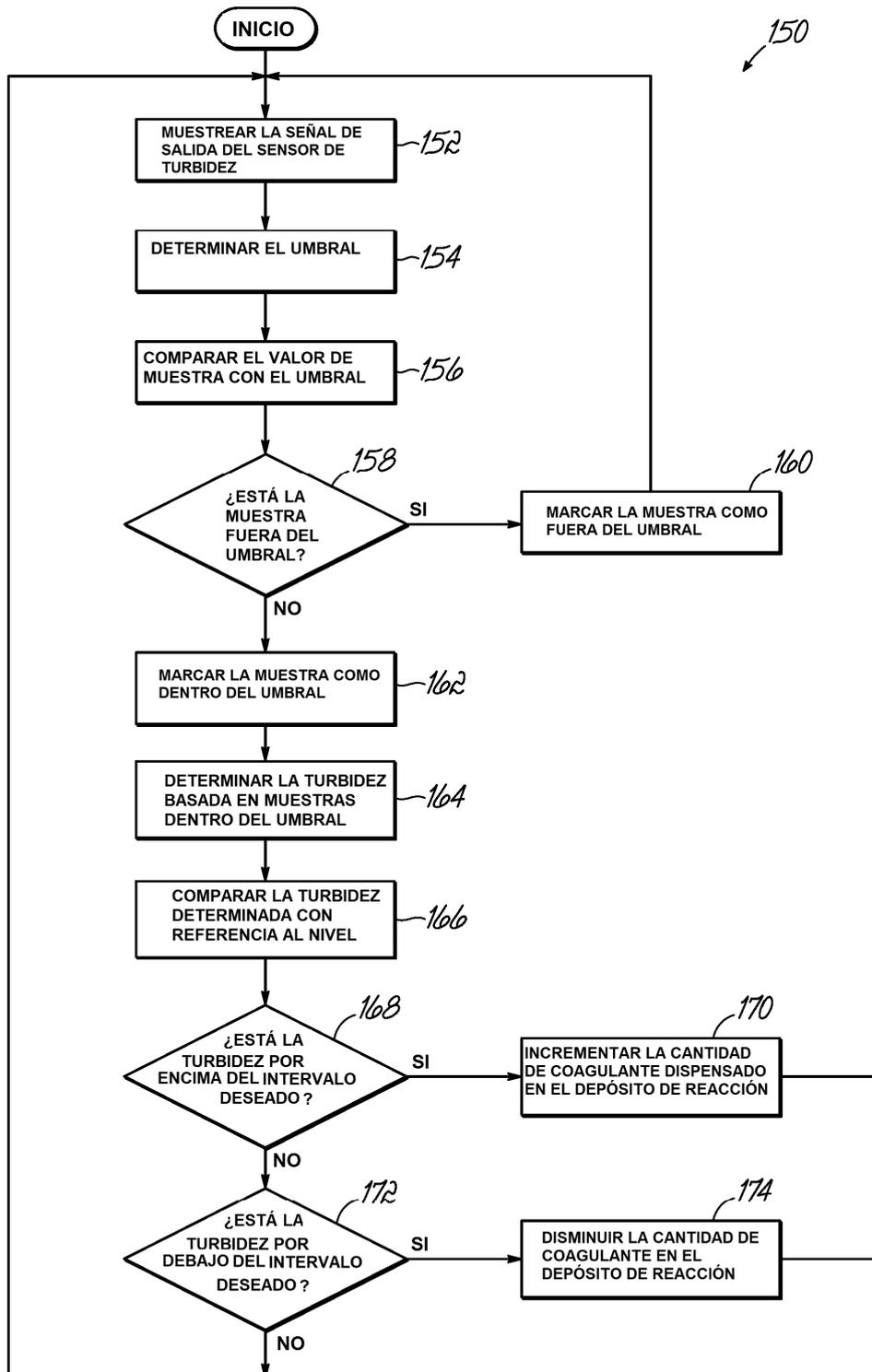


FIG. 5

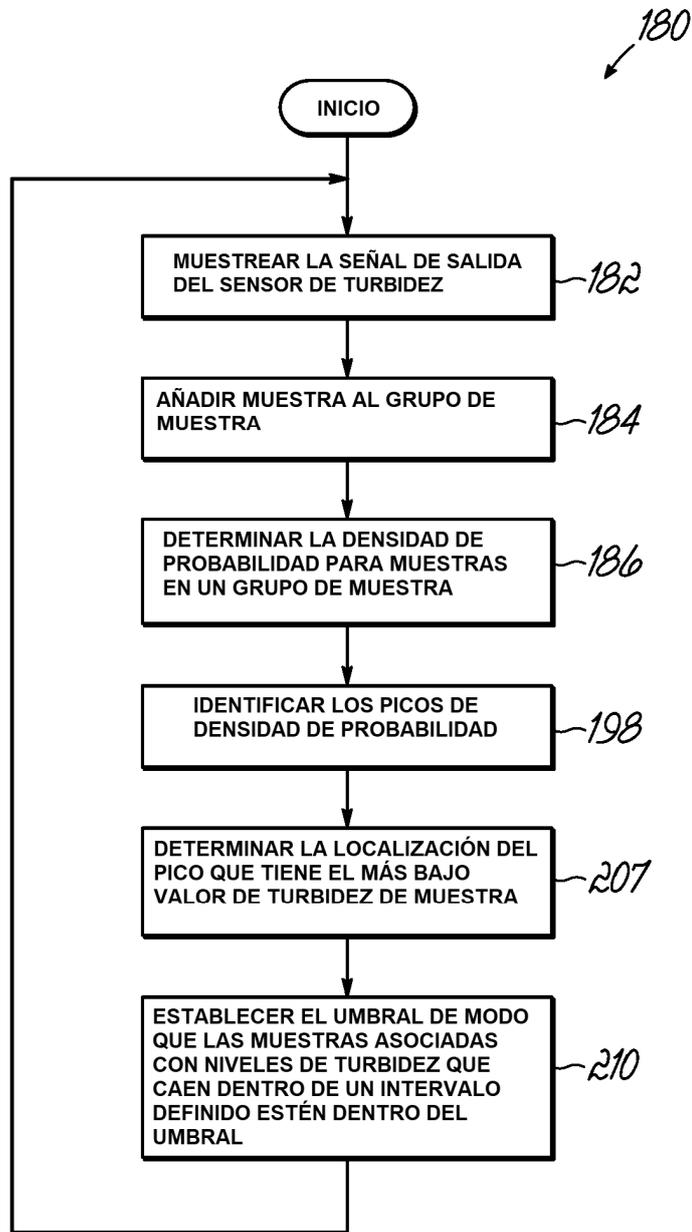


FIG. 6

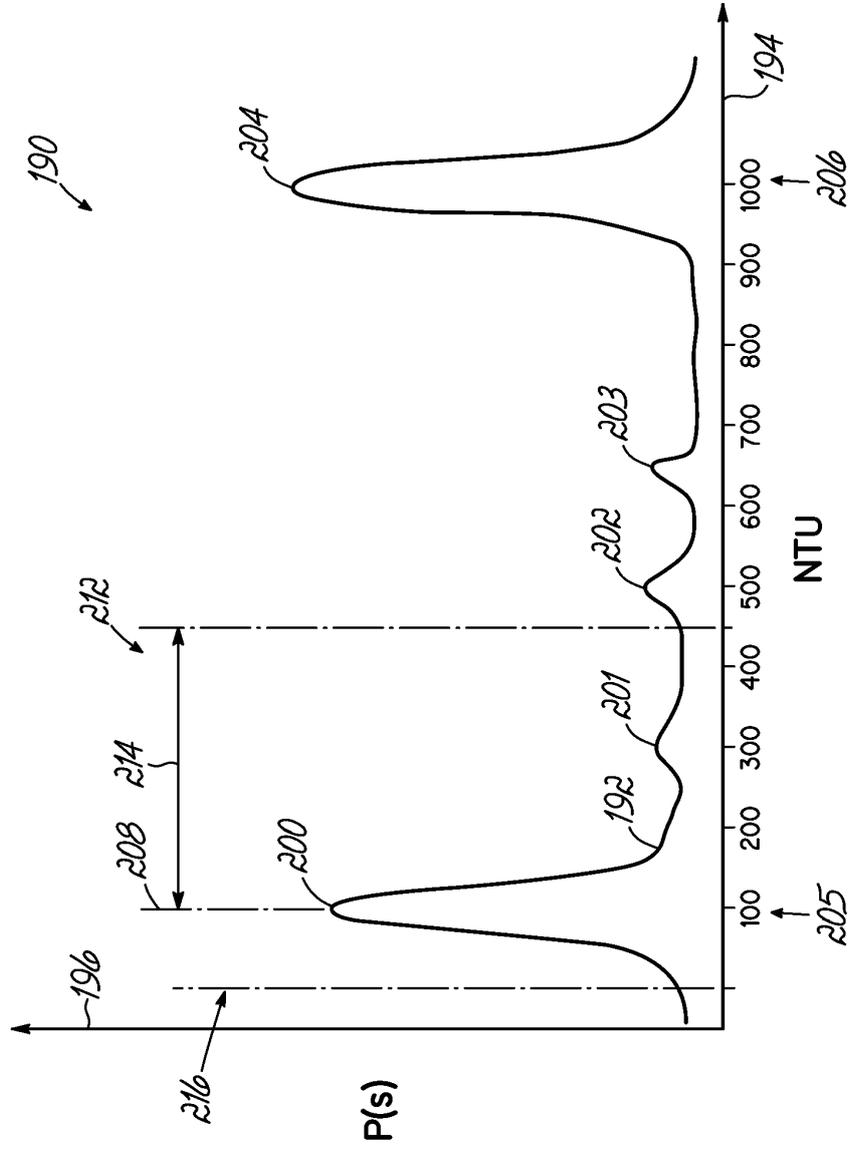


FIG. 7