

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 498**

51 Int. Cl.:

C02F 3/12 (2013.01)

C02F 3/00 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.04.2019** **PCT/US2019/028829**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.10.2019** **WO19209899**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2019** **E 19793091 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2024** **EP 3784627**

54 Título: **Sistemas y métodos de reactor discontinuo secuencial**

30 Prioridad:

24.04.2018 US 201862661946 P

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

06.11.2024

73 Titular/es:

EVOQUA WATER TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
111 47th Street
Pittsburgh, PA 15201, US

72 Inventor/es:

NORCROSS, KENNETH L.;
BARCZEWSKI, NICHOLAS A. y
KELLY, PATRICK T.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 985 498 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

Sistemas y métodos de reactor discontinuo secuencial

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud reivindica el beneficio según 35 U.S.C. § 119 de la solicitud de patente estadounidense n.º 62/661.946, titulada "Sistema de SBR", presentada el 24 de abril de 2018.

Campo de la tecnología

Los aspectos y realizaciones divulgados en el presente documento se refieren a métodos para el tratamiento de aguas residuales.

Sumario

10 La invención se expone en el conjunto de reivindicaciones adjuntas. La presente invención proporciona un método para tratar aguas residuales como se define en la reivindicación 1. Se exponen características preferidas de la invención en las reivindicaciones dependientes. Según la invención, se proporciona un método para tratar aguas residuales con un sistema de reactores discontinuos secuenciales que tiene una pluralidad de reactores dispuestos en paralelo. El método comprende hacer funcionar la pluralidad de reactores en un modo de flujo discontinuo. El
15 método comprende determinar que un caudal anticipado de las aguas residuales mediante un controlador en una entrada de los reactores durante un primer período de tiempo es mayor que un caudal tolerado por una tasa de carga hidráulica de diseño de los reactores. Un analizador de caudal anticipado mide al menos un parámetro de caudal que tiene un efecto sobre el caudal anticipado y el analizador de caudal anticipado transmite información de caudal anticipado al controlador. El al menos un parámetro de caudal se selecciona de entre las precipitaciones esperadas,
20 las precipitaciones reales y el caudal de alcantarillado esperado. El método comprende seleccionar mediante el controlador uno o más reactores como en un estado capaz de recibir las aguas residuales en un modo de flujo continuo. El método comprende hacer funcionar mediante el controlador el uno o más reactores seleccionados en el modo de flujo continuo, de manera que, después de un segundo período de tiempo, la pluralidad de los reactores están todos funcionando en el modo de flujo continuo.

25 En algunas realizaciones, el modo de flujo continuo puede estar asociado con una tasa de carga hidráulica de aproximadamente el 25 % a aproximadamente el 50 % de una tasa de carga hidráulica asociada con el modo de flujo discontinuo.

El método puede comprender seleccionar el uno o más reactores basándose en un período de ciclo actual del reactor. El método puede comprender seleccionar el uno o más reactores cuando el periodo de ciclo actual es uno de llenado,
30 decantación e inactividad.

El método puede comprender medir uno o más parámetros para cada reactor seleccionados de volumen de llenado disponible, composición de agua afluente, composición de agua de proceso y tasa de carga hidráulica. El método puede comprender seleccionar el uno o más reactores en respuesta al parámetro de reactor medido.

35 En ciertas realizaciones, después de que la pluralidad de reactores estén todos funcionando en el modo de flujo continuo, el método puede comprender además determinar que el caudal anticipado de las aguas residuales en la entrada de los reactores durante un tercer período de tiempo está dentro del caudal tolerado por la tasa de carga hidráulica de diseño de los reactores. El método puede comprender seleccionar uno o más reactores como en un estado capaz de recibir aguas residuales en el modo de flujo discontinuo. El método puede comprender hacer funcionar el uno o más reactores seleccionados en el modo de flujo discontinuo, de manera que, después de un cuarto período
40 de tiempo, la pluralidad de los reactores están funcionando todos en el modo de flujo discontinuo.

En algunas realizaciones, el modo de flujo continuo puede incluir un periodo de transición al inicio del modo de flujo continuo, incluyendo el periodo de transición periodos de ciclo de reacción y de sedimentación. Una cantidad de tiempo del periodo de transición puede ser suficiente para sedimentar una cantidad eficaz de contaminantes. El caudal anticipado puede ser un caudal esperado después de la cantidad de tiempo del período de transición.

45 En algunas realizaciones, puede introducirse una cantidad eficaz de aireación en el uno o más reactores durante el modo de flujo continuo.

El método comprende determinar al menos un parámetro de caudal seleccionado de entre las precipitaciones esperadas, las precipitaciones reales, el caudal de alcantarillado esperado y, opcionalmente, el caudal de alcantarillado real. El método comprende determinar el caudal anticipado en respuesta a al menos un parámetro de
50 caudal. En algunas realizaciones, las precipitaciones esperadas pueden determinarse en respuesta a al menos uno de un evento meteorológico predicho, la hora del día, el momento del año y la ubicación geográfica. En algunas realizaciones, el caudal de alcantarillado esperado puede determinarse en respuesta a al menos uno de un evento de alcantarillado predicho, la hora del día, el momento del año y la ubicación geográfica.

Según otro aspecto que no forma parte de la presente invención, se proporciona un sistema de reactor discontinuo

secuencial. El sistema puede comprender una pluralidad de reactores dispuestos en paralelo, teniendo cada uno de los reactores una entrada conectable de manera fluida a una fuente de aguas residuales y una salida. El sistema puede comprender un subsistema de carga configurado para controlar una tasa de carga hidráulica de aguas residuales en cada uno de los reactores a través de la entrada. El sistema puede comprender un subsistema de medición configurado para medir un parámetro de cada uno de los reactores y transmitir una señal de entrada correspondiente al parámetro medido. El sistema puede comprender un controlador conectado operativamente al subsistema de carga y al subsistema de medición. En algunas realizaciones, el controlador puede estar configurado para recibir y analizar la señal de entrada y determinar un estado de cada uno de los reactores. El controlador puede estar configurado además para transmitir una señal de salida al subsistema de carga, estando configurado el subsistema de carga para analizar la señal de salida para hacer funcionar independientemente cada uno de los reactores en un modo de flujo discontinuo o en un modo de flujo continuo en respuesta al estado de cada uno de los reactores y un caudal anticipado de las aguas residuales.

Según ciertas realizaciones, el controlador puede estar configurado para transmitir la señal de salida para hacer funcionar uno o más reactores en el modo de flujo continuo en respuesta a que el caudal anticipado de las aguas residuales sea mayor que una tasa de carga hidráulica de diseño de la pluralidad de reactores y el uno o más reactores estén en el estado capaz de recibir las aguas residuales en el modo de flujo continuo.

El controlador puede estar configurado para determinar el caudal anticipado en respuesta a al menos un parámetro de caudal seleccionado de entre las precipitaciones esperadas, las precipitaciones reales, el caudal de alcantarillado esperado y el caudal de alcantarillado real. En algunas realizaciones, el controlador puede estar conectado operativamente a un sensor de lluvia configurado para transmitir una medición para las precipitaciones reales al controlador. El controlador puede estar configurado para determinar el caudal anticipado en respuesta a al menos uno de un evento meteorológico predicho, un evento de alcantarillado predicho, la hora del día, el momento del año y la ubicación geográfica. El controlador puede ser programable para reconocer tendencias del caudal anticipado en un programa y transmitir la señal de salida en respuesta a las tendencias reconocidas.

Según ciertas realizaciones, el subsistema de medición puede comprender uno o más de un caudalímetro, un sensor de presión, un sensor de potencial de oxidación-reducción, un sensor de oxígeno disuelto y un sensor de nivel. El controlador puede estar configurado para determinar el estado de cada uno de los reactores basándose en al menos uno de volumen de llenado disponible, composición de agua afluyente, composición de agua de proceso y tasa de carga hidráulica.

El sistema puede comprender además un tanque de ecualización que tiene una entrada conectada de manera fluida a la salida de cada uno de los reactores.

El sistema puede comprender además al menos un tanque de compensación que tiene una entrada que puede conectarse de manera fluida a la fuente de las aguas residuales y una salida que conectada de manera fluida a la entrada de cada uno de los reactores.

En algunas realizaciones, cada uno de los reactores puede tener una segunda entrada conectable de manera fluida a una fuente de oxígeno. El controlador puede estar configurado para introducir una cantidad eficaz de aireación durante el modo de flujo continuo.

Según otro aspecto que no forma parte de la presente invención, se proporciona un método para actualizar un sistema de reactores discontinuos secuenciales que tiene una pluralidad de reactores dispuestos en paralelo y configurados para funcionar en un modo de flujo discontinuo. El método puede comprender proporcionar un controlador configurado para transmitir una señal de salida para hacer funcionar uno o más reactores en un modo de flujo continuo en respuesta a que un caudal anticipado de las aguas residuales es mayor que una tasa de carga hidráulica de diseño de la pluralidad de reactores y estando el uno o más reactores en un estado capaz de recibir las aguas residuales en el modo de flujo continuo. El método puede comprender conectar operativamente el controlador a un subsistema de carga del sistema de reactor discontinuo secuencial configurado para controlar una tasa de carga hidráulica de aguas residuales independientemente en cada uno de los reactores.

En ciertas realizaciones, el método puede comprender conectar operativamente el controlador a un subsistema de medición del sistema de reactores discontinuos secuenciales configurado para medir un parámetro de cada uno de los reactores y transmitir una primera señal de entrada al controlador para determinar el estado de cada uno de los reactores.

El método puede comprender además conectar operativamente el controlador a un analizador de caudal anticipado configurado para transmitir una segunda señal de entrada al controlador para determinar el caudal anticipado.

En algunas realizaciones, conectar operativamente el controlador al subsistema de carga comprende conectar operativamente el controlador a una válvula de entrada y una válvula de salida de cada uno de los reactores. El controlador puede estar configurado para controlar independientemente una tasa de carga de aguas residuales en cada uno de los reactores y una tasa de decantación de agua de cada uno de los reactores en respuesta a la primera señal de entrada en donde el parámetro es la composición del agua de proceso.

Según otro aspecto más que no forma parte de la presente invención, se proporciona un método que facilita el

tratamiento de aguas residuales con un sistema de reactores discontinuos secuenciales que tiene una pluralidad de reactores dispuestos en paralelo y configurados para funcionar en un modo de flujo discontinuo. El método puede comprender proporcionar el sistema de reactor discontinuo secuencial. El método puede comprender proporcionar un controlador configurado para hacer funcionar la pluralidad de los reactores en un modo de flujo discontinuo; determinar que un caudal anticipado de las aguas residuales en una entrada de los reactores durante un primer período de tiempo es mayor que un caudal tolerado por una tasa de carga hidráulica de diseño de los reactores; seleccionar uno o más reactores como en un estado capaz de recibir las aguas residuales en un modo de flujo continuo; y hacer funcionar el uno o más reactores seleccionados en el modo de flujo continuo, de manera que, después de un segundo período de tiempo, la pluralidad de los reactores estén todos funcionando en el modo de flujo continuo. El método puede comprender conectar operativamente el controlador al sistema de reactor discontinuo secuencial para determinar el estado de cada uno de los reactores y controlar una tasa de carga hidráulica de aguas residuales independientemente en cada uno de los reactores. El método puede comprender conectar de manera fluida una entrada del sistema de reactor discontinuo secuencial a una fuente de las aguas residuales. El método puede comprender dar instrucciones a un usuario para hacer funcionar el sistema de reactor discontinuo secuencial para tratar las aguas residuales.

Según ciertas realizaciones, el método puede comprender además proporcionar un analizador de caudal anticipado configurado para determinar el caudal anticipado y conectar operativamente el controlador al analizador de caudal anticipado.

La divulgación contempla todas las combinaciones de uno cualquiera o más de los aspectos y/o realizaciones anteriores, así como combinaciones con una cualquiera o más de las realizaciones expuestas en la descripción detallada y cualesquiera ejemplos.

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

No se pretende que los dibujos adjuntos estén dibujados a escala. En los dibujos, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en diversas figuras se representa por un número similar. Por motivos de claridad, no todos los componentes pueden estar etiquetados en cada dibujo. En los dibujos:

La figura 1 es una vista en planta superior de un sistema de tratamiento de aguas residuales que puede usarse para colocar en su lugar el método de la presente invención, según una o más realizaciones;

la figura 2 es una vista en sección del sistema de tratamiento de aguas residuales de la figura 1;

la figura 3 es una vista lateral en sección transversal tomada a lo largo de la línea de sección 3-3 de la figura 1;

la figura 4 es un diagrama de flujo que muestra un esquema de control que puede implementar un controlador según el método de la presente invención; y

la figura 5 es un gráfico de la tasa de carga hidráulica tolerada para reactores de modo de flujo discontinuo y reactores de modo de flujo continuo.

Descripción detallada

Normalmente, las corrientes de aguas residuales procedentes de fuentes municipales e industriales contienen materia residual tal como sólidos y materiales orgánicos e inorgánicos solubles e insolubles. El documento US 6 383 389 B1 se refiere a un sistema de tratamiento de aguas residuales para tratar una corriente de aguas residuales de fuentes industriales y municipales y a un método de control del mismo. Estas corrientes de aguas residuales requieren descontaminación para cumplir con los requisitos reguladores antes de que entren en el medio ambiente. La descontaminación en sistemas de tratamiento de aguas residuales implica normalmente pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario. El pretratamiento puede implicar igualación, neutralización y eliminación de contaminantes orgánicos insolubles. El tratamiento primario puede implicar sistemas de cribado o sedimentación y otros métodos para eliminar partículas de tamaño fino, medio y grande.

En algunos sistemas de tratamiento de aguas residuales, el tratamiento secundario implica digestión biológica o tratamiento biológico. Específicamente, los sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales emplean normalmente biomasa con bacterias para digerir material biodegradable en sistemas de tratamiento de flujo discontinuo secuencial convencionales. Estos sistemas airean frecuentemente aguas residuales en presencia de bacterias y a continuación clarifican el líquido antes de la descarga al medio ambiente.

Los sistemas y métodos divulgados en el presente documento pueden emplearse para tratar material residual usando un reactor o una serie de reactores. El afluente puede tratarse controlando la actividad metabólica de los microorganismos, por ejemplo, monitorizando la tasa de utilización de oxígeno o la tasa de utilización de oxígeno potencial de la biomasa para determinar la cantidad requerida de oxígeno que se suministrará a la biomasa.

En ciertas realizaciones, puede emplearse un sistema de eliminación de nutrientes biológicos con control de carga de lodo en un sistema de lodo activado discontinuo. El proceso de tratamiento de aguas residuales con lodo activado

puede recibirse en una cubeta de tratamiento de aguas residuales en una primera zona en la que el lodo activado se mezcla y se retiene durante un período suficiente para formar un lodo no voluminoso y absorber compuestos disueltos biodegradables. El lodo puede airearse y someterse a una condición de reposo para permitir la sedimentación del lodo en una zona que tiene menos de aproximadamente el 20 % de la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales originales.

En la mayoría de los casos, estos sistemas pueden usarse para tratar un flujo normal de aguas residuales entrantes. Sin embargo, se producen periódicamente variaciones en las condiciones de flujo y la concentración de contaminantes en las corrientes de aguas residuales entrantes, normalmente conocidas como afluente o corriente afluente. En condiciones normales, el flujo de aguas residuales varía debido a fluctuaciones ordinarias en el uso y la descarga de agua doméstica. Sin embargo, las tormentas y otros eventos meteorológicos húmedos que drenan en un sistema de recogida de aguas residuales, en muchos casos, producen un flujo de aguas residuales más alto que el normal. Las mareas tormentosas, por ejemplo, pueden estar asociados con flujos de aguas residuales de entre 151417 m³/día (40 MGD) y 378541 m³/día (100 MGD). Los sistemas convencionales pueden no estar equipados para manejar mareas mayores de aproximadamente 189271 m³/día (50 MGD) durante un período de tiempo sostenido. Aunque estas situaciones de alto flujo se producen con poca frecuencia, aproximadamente del 10 al 25 % del tiempo anualmente, las instalaciones de tratamiento de aguas residuales deben ser flexibles y acomodar tales desbordamientos.

La incidencia de situaciones de flujo elevado puede variar diariamente, estacionalmente y/o por región geográfica. Ciertos momentos del día o las estaciones del año, por ejemplo, pueden estar asociados normalmente con una mayor incidencia de situaciones de flujo elevado. La incidencia también puede variar dependiendo de la ubicación geográfica, siendo ciertas áreas más propensas a situaciones de flujo elevado que otras. Los sistemas y métodos divulgados en el presente documento pueden aprovechar estos patrones de flujo elevado para responder adecuadamente a una situación de flujo elevado estimada o percibida.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales que responden a caudales altos pueden incluir un reactor de aireación que tiene dos o más celdas conectadas en serie con un clarificador. Cuando el caudal de las aguas residuales entrantes supera un nivel seleccionado, las aguas residuales entrantes pueden fluir hacia la segunda celda hasta que haya disminuido la marea. Los sistemas divulgados en el presente documento pueden comprender un tanque de compensación situado aguas arriba de los reactores discontinuos secuenciales.

Los sistemas divulgados en el presente documento para tratar biológicamente aguas residuales pueden tener un proceso de lodo activado modificado en al menos dos celdas de tratamiento conectadas hidráulicamente en serie. La primera celda puede ser una celda de alimentación para aguas residuales no tratadas entrantes y la última celda puede ser la celda de descarga para la sedimentación de sólidos suspendidos. La última celda puede tener un elemento configurado para transferir sólidos suspendidos de licor mixto y aguas residuales parcialmente tratadas de vuelta a una celda de tratamiento anterior. Se divulgan métodos que implican alimentar aguas residuales a través de una pluralidad de celdas de tratamiento conectadas hidráulicamente en serie, airear en al menos una celda, decantar los sólidos suspendidos de al menos una celda de descarga de tratamiento y transferir los sólidos suspendidos de licor mixto de vuelta a al menos una celda previa.

Los sistemas y métodos divulgados en el presente documento pueden implicar el tratamiento de un reactor discontinuo secuencial en donde las aguas residuales, en cantidades por encima de una cantidad mínima preseleccionada, pueden airearse proporcionalmente. Por ejemplo, los reactores discontinuos secuenciales pueden tener extracciones controladas volumétricamente. Puede usarse un procedimiento de control de tormentas para acortar los tiempos de ciclo según la magnitud de la tasa.

Algunos de los sistemas descritos anteriormente difieren de los sistemas de tratamiento de flujo discontinuo secuenciales convencionales y, en consecuencia, pueden requerir costes de capital sustanciales en comparación con los sistemas de tratamiento de flujo discontinuo secuenciales convencionales.

Según ciertos aspectos que no forman parte de la presente invención, los sistemas y métodos divulgados en el presente documento pueden referirse a un sistema de tratamiento de aguas residuales que tiene un control de flujo como se describe en la patente estadounidense n.º 6,383,389. El sistema de tratamiento de aguas residuales puede incluir un aparato de tratamiento de aguas residuales conectado de manera fluida al sistema de afluente y tener una bomba y una válvula. El sistema de tratamiento de aguas residuales también puede comprender un aparato de regulación que controla una de la bomba y la válvula y comprende un controlador y un aparato de entrada para proporcionar una señal de entrada. El controlador puede analizar la señal de entrada y generar una señal de salida configurada para uno de un modo de flujo discontinuo y un modo de flujo continuo.

El método de la presente invención incluye un controlador para regular un sistema de tratamiento de aguas residuales. El controlador puede estar conectado operativamente a un sensor en el sistema de tratamiento de aguas residuales para recibir una señal de entrada. El controlador puede comprender además un microprocesador para recibir y analizar la señal de entrada según un código de programa lógico y generar una señal de salida correspondiente a uno de un modo de flujo discontinuo y un modo de flujo continuo. El controlador también puede estar conectado operativamente a un aparato de salida para transmitir la señal de salida y accionar una válvula para regular un flujo en el sistema de aguas residuales en uno de los modos de flujo continuo y discontinuo.

El método de la presente invención como se define en la reivindicación 1 comprende introducir la corriente de aguas residuales en un sistema de tratamiento de aguas residuales y medir un parámetro. El método también comprende controlar el sistema de tratamiento de aguas residuales en uno de un modo de flujo discontinuo y un modo de flujo continuo según el parámetro medido.

- 5 En otra realización más, los métodos para controlar un sistema de tratamiento de aguas residuales pueden comprender introducir una corriente de aguas residuales en el sistema de tratamiento de aguas residuales y transmitir una señal de proceso correspondiente a una condición de funcionamiento en el sistema de tratamiento de aguas residuales. El método puede comprender además analizar la señal de proceso y proporcionar una señal de salida correspondiente a uno de un modo de funcionamiento de flujo discontinuo y un modo de funcionamiento de flujo continuo según un conjunto de condiciones predeterminadas. El método también puede comprender accionar una válvula basándose en la señal de salida.

- 10 También se divulga un método para controlar un sistema de tratamiento de aguas residuales que comprende transmitir una señal de proceso desde el sistema de tratamiento de aguas residuales. El método de la invención comprende secuenciar los períodos de tratamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en un modo de flujo discontinuo durante el funcionamiento y secuenciar los períodos de tratamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales en un modo de flujo continuo durante un funcionamiento revisado. Según la invención, el funcionamiento revisado se acciona en respuesta a un caudal anticipado mayor. En particular, el funcionamiento revisado se acciona en respuesta a un caudal anticipado que es mayor que un caudal tolerado por el reactor. En algunas realizaciones, el caudal anticipado puede estar asociado con una tormenta.

- 15 Los sistemas de tratamiento de aguas residuales divulgados en el presente documento pueden ser sistemas de tratamiento biológico aerobio que usan biomasa para digerir o degradar materiales biodegradables en la corriente afluente. Además, los sistemas de tratamiento de aguas residuales pueden incluir al menos un controlador para controlar al menos un reactor con componentes de tuberías y bombeo asociados.

- 20 En funcionamiento, el sistema de tratamiento normalmente descontamina el afluente en un ciclo de tratamiento que incluye una serie de etapas o períodos. Estas etapas de tratamiento pueden variar según varios factores que incluyen, por ejemplo, el caudal de afluente, la concentración y el tipo de contaminantes, la concentración y diversidad o tipo de biomasa, la temperatura ambiente, el flujo de aire, el número de reactores disponibles y otras condiciones tales como la capacidad y disponibilidad aguas abajo.

- 25 Como se usa en el presente documento, "afluente" define una corriente de "aguas residuales", de una fuente municipal o industrial, que tiene contaminantes o "material biodegradable", compuestos inorgánicos u orgánicos capaces de descomponerse por bacterias, que fluyen al sistema de tratamiento de aguas residuales. Un "aparato de tratamiento de aguas residuales" es un sistema, normalmente un sistema de tratamiento biológico, que tiene una "biomasa", una población de microorganismos bacterianos o una diversidad de tipos de bacterias, usados para digerir material biodegradable. Notablemente, la biomasa requiere un entorno que proporcione las condiciones apropiadas para el crecimiento, incluyendo nutrientes.

- 30 "Digestión" se refiere al proceso de biodegradación donde la biomasa consume el material biodegradable y reduce el material biodegradable a material sólido que puede flocularse y eliminarse por sedimentación por gravedad o asentamiento en lodo. Por ejemplo, en el proceso de biodegradación, las bacterias pueden usar enzimas para hidrolizar o descomponer compuestos orgánicos complejos, tales como hidratos de carbono, en moléculas orgánicas simples, como dióxido de carbono y agua. Durante la digestión, las bacterias también pueden reproducirse, lo que da como resultado biomasa adicional. El proceso de asentamiento también puede producir una capa líquida sustancialmente transparente por encima de la capa de lodo sedimentado. Notablemente, el lodo puede contener materiales inorgánicos y orgánicos digeridos y biomasa.

- 35 Además, la digestión puede ser en condiciones aerobias en donde la biomasa y el líquido de aguas residuales se mezclan con oxígeno. Alternativamente, la digestión puede ser en condiciones "anóxicas" o anaerobias, en donde no se añade oxígeno o aire al reactor. Esto último se usa para facilitar la biodegradación de compuestos que contienen nitrógeno, tales como nitratos.

- 40 En servicio, el sistema de tratamiento de aguas residuales funciona y descontamina predominantemente como un sistema de tratamiento de flujo discontinuo, normalmente con al menos un reactor discontinuo (BRT) o un reactor discontinuo secuencial (SBR). Durante las incidencias de flujo elevado, el sistema de tratamiento de aguas residuales puede funcionar y descontaminar como un sistema de tratamiento de flujo de afluente continuo, normalmente como un reactor discontinuo de flujo continuo (CFBRT).

- 45 El modo de funcionamiento de flujo discontinuo incluye normalmente ciclos de llenado, reacción o aireación, sedimentación, decantación e inactividad. El modo de funcionamiento de flujo continuo incluye normalmente llenado mientras se produce al menos uno de aireación, mezclado, sedimentación y decantación. Cuando el sistema de tratamiento de aguas residuales funciona o trata aguas residuales en el modo de flujo discontinuo, el reactor en el sistema de tratamiento de aguas residuales realiza etapas o períodos de tratamiento sobre una cantidad discontinua de afluente contenido en el reactor antes de la descarga. Por el contrario, cuando el sistema de tratamiento de aguas

residuales funciona en el modo de flujo continuo, entra un flujo continuo de afluente en el reactor mientras el reactor realiza ciclos a través de las etapas de tratamiento.

Un inconveniente de los sistemas que funcionan exclusivamente en modo de flujo discontinuo es la capacidad de manejar caudales de afluente aumentados. Los sistemas de flujo discontinuo tienen normalmente conexiones a drenajes de aguas pluviales. Cuando se produce un evento de tormenta, el caudal a la instalación de tratamiento de residuos puede aumentar drásticamente. El aumento puede ser a menudo de dos a cinco veces el flujo de afluente normal. Si el sistema de tratamiento no puede manejar el flujo aumentado, el exceso de flujo se descarga normalmente al medio ambiente sin tratar. Esta es una condición no deseada. Los sistemas y métodos divulgados en el presente documento implican sistemas de reactores discontinuos secuenciales capaces de ajustar parámetros operativos del sistema en respuesta a un evento de flujo elevado. En particular, los sistemas y métodos pueden ser capaces de ajustar parámetros operativos en respuesta a un evento de flujo elevado anticipado, con tiempo suficiente para completar un ciclo de transición antes de que el flujo aumentado llegue al sistema de tratamiento. Los eventos de flujo aumentado pueden estar asociados con precipitaciones o un aumento del caudal de alcantarillado.

Como se divulga en el presente documento, el modo de flujo continuo puede estar asociado con una tasa de carga hidráulica de entre aproximadamente el 25 % y aproximadamente el 50 % de la tasa de carga hidráulica asociada con un modo de flujo discontinuo. Durante el modo de flujo continuo, las aguas residuales pueden disiparse a través de todos los reactores que funcionan en modo continuo simultáneamente. Para sistemas que tienen entre 2 y 4 reactores que funcionan en modo de flujo continuo, el flujo hidráulico de aguas residuales a cada reactor puede reducirse hasta aproximadamente el 50 %, aproximadamente el 33 % o aproximadamente el 25 % del flujo del reactor de modo discontinuo convencional, respectivamente. Por consiguiente, los reactores que funcionan en modo de flujo continuo pueden ser capaces de tratar eventos de caudal elevado.

Según ciertas realizaciones, el controlador puede regular el sistema de tratamiento de aguas residuales, monitorizar el flujo de aguas residuales, monitorizar al menos un parámetro del reactor y determinar el modo de funcionamiento. Según la presente invención, el controlador determina si cambiar el funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de un modo de flujo discontinuo a un modo de flujo continuo, y opcionalmente de vuelta a un modo de flujo discontinuo. En ciertos aspectos que no forman parte de la presente invención, se divulgan métodos para modificar o actualizar un sistema de tratamiento de flujo discontinuo existente con un mínimo gasto de capital significativo. Los métodos pueden proporcionar una solución de actualización rentable para situaciones en donde tales sistemas existentes tienen una capacidad de tratamiento insuficiente.

Los sistemas anteriores estaban equipados para cambiar del modo de flujo discontinuo al modo de flujo continuo en respuesta a un caudal medido en una entrada o dentro del sistema. A un caudal de transición bajo, tal diseño corre el riesgo de activación durante períodos transitorios rutinarios de flujo elevado, tal como durante las horas punta de la mañana. A un caudal de transición elevado, tal diseño puede no permitir suficiente capacidad o tiempo para que el sistema pase al modo de flujo continuo sin descargar agua tratada inadecuadamente. Para proporcionar un tratamiento adecuado, el diseño requiere un volumen adicional del reactor del 20 %-30 %, que está asociado con altos costes y hace que la actualización de los sistemas existentes sea difícil y costosa.

El método de la presente invención divulgado en el presente documento implica cambiar del modo de flujo discontinuo al modo de flujo continuo en respuesta a un caudal anticipado en una entrada del sistema. En determinadas realizaciones, los sistemas y métodos asignan una activación de la transición a un operario de planta de modo que el activador se activa solo cuando sea apropiado. En otros métodos, un controlador puede incorporar un control aprendido para determinar si el caudal anticipado requerirá una transición al modo de flujo continuo.

Los sistemas y métodos divulgados en el presente documento también incorporan un control independiente de cada reactor. Los métodos pueden emplear una decisión de transición reactor a reactor que aborda las condiciones únicas en cada reactor y controla la transición entre modos como y cuando sea apropiado. Estas características pueden permitir que el interruptor de modo de funcionamiento se active solo cuando se espera un evento de flujo aumentado, tal como una tormenta. Un beneficio es que la transición puede iniciarse por lo tanto tempranamente cuando los caudales de afluente son todavía relativamente bajos y los reactores tienen tiempo para aumentar su capacidad de reserva. La transición también puede realizarse con poca frecuencia, de modo que no se pierden las ventajas del proceso de funcionamiento de modo discontinuo. Los sistemas y métodos divulgados en el presente documento pueden reducir o eliminar adicionalmente la incidencia de la descarga de agua tratada de manera inadecuada debido a un flujo de entrada repentino de aguas residuales.

Según ciertas realizaciones, un sistema 10 de tratamiento de aguas residuales que puede usarse en el método de la presente invención se muestra en la figura 1 con un reactor 12 y un sistema de bombeo con bomba 14 conectada a un colector 16 de tuberías. En la figura 1 se muestran dos reactores, sin embargo, los sistemas divulgados en el presente documento pueden incluir más reactores. Los sistemas pueden incluir, por ejemplo, 2, 3, 4, 5 o 6 reactores. El sistema 10 de tratamiento de aguas residuales puede ser un sistema de reactor discontinuo secuencial. En algunas realizaciones, cada reactor puede incluir un interruptor de flotador de emergencia ubicado cerca del nivel de líquido de capacidad completa del reactor. Por ejemplo, el reactor puede tener un interruptor de flotador de emergencia ubicado aproximadamente a 0,3 m (1 pie) de la parte superior del reactor. El reactor puede tener un interruptor de flotador de emergencia ubicado a una altura que corresponde sustancialmente a aproximadamente el 95 % del

volumen de llenado, aproximadamente el 90 % del volumen de llenado, aproximadamente el 85 % del volumen de llenado o aproximadamente el 80 % del volumen de llenado. Un controlador puede estar configurado para cerrar la válvula de afluente en respuesta al flujo de afluente que llega al interruptor de flotador de emergencia.

La figura 1 muestra cada reactor asociado a un sistema de decantación 18, un sistema de aireación con un conducto 20, una fuente 22 de aire, una estructura 24 de distribución y un conducto 26 de lodo. El reactor puede ser conectable de manera fluida a una fuente de aguas residuales 28 (mostrada en la figura 2). Las aguas residuales, por ejemplo, procedentes de una fuente municipal o industrial, fluyen al reactor a través de un sistema de llenado a través del colector 16 de tuberías y un conducto 30 de distribución (mostrado en la figura 2) ubicado cerca del fondo del reactor 12. En la vista en sección de la figura 2, el colector 16 de tuberías incluye al menos una válvula 32 de afluente, para estrangular y regular el flujo de afluente, conductos 34 y 36, conectados de manera fluida a la válvula 32 y al conducto 30 de distribución. El sistema de llenado puede incluir al menos una pared deflectora para disipar cualquier turbulencia de entrada. La válvula 32 de afluente puede proporcionar control de flujo para reducir o evitar el reflujo. Por ejemplo, la válvula 32 de afluente puede ser una válvula de retención. En algunas realizaciones, el colector 16 de tuberías puede incluir una bomba o caudalímetro para proporcionar control de flujo. La bomba o caudalímetro puede estar configurado para controlar el flujo de afluente de manera igual o sustancialmente igual a cada tanque.

Como se muestra en la vista en sección transversal de la figura 3, el conducto 30 de distribución se conecta a la fuente 28 de aguas residuales a través de un tubo descendente o tubo ascendente 38. Cada conducto 30 de distribución puede tener una pluralidad de aberturas 40 espaciadas a lo largo de su longitud a través de las cuales entra el afluente en el reactor 12 y se une con el líquido 42.

En otra realización, el sistema de afluente puede incluir al menos una pared deflectora. Además, el sistema de afluente puede incluir un sistema de distribución que tiene al menos una pared deflectora que permite que el afluente entre en el reactor 12 sin alterar sustancialmente el líquido 42 o al menos evitando cualquier turbulencia significativa en el líquido 42 que destruya las condiciones anóxicas. La prevención de turbulencias puede emplearse, por ejemplo, durante el modo de flujo continuo. En ciertas realizaciones, el sistema de distribución puede incluir un cabecero conectado de manera fluida a la pluralidad de reactores. El sistema de distribución puede incluir un divisor de flujo conectado de manera fluida a la pluralidad de reactores. El cabecero o divisor de flujo puede incluir una pared deflectora y estar configurado para distribuir el afluente por igual a los reactores y/o evitar el reflujo de los reactores. El cabecero o divisor de flujo puede estar configurado para evitar la descarga del afluente en el decantador. En la práctica, las aguas residuales afluentes pueden fluir hacia arriba y sobre la pared del reactor y hacia un deflector.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales divulgados en el presente documento también pueden tener un sistema de aireación que suministra aire u oxígeno al líquido 42. Como se muestra en la figura 1, el sistema de aireación puede tener al menos una estructura 24 de distribución conectada a al menos una fuente 22 de aire por el conducto 20. Además, la estructura 24 de distribución, como se muestra en la figura 2, tiene una serie de boquillas 44 colocadas alrededor de su perímetro a través de las cuales pasa el aire y entra en contacto con el líquido 42.

El sistema de aireación puede usarse como sistema de mezclado introduciendo aire o líquido a una velocidad suficiente para crear turbulencia y efectuar el mezclado del líquido 42. Por lo tanto, en una realización, el aire entra en el reactor 12 desde la fuente 22 de aire a través de las boquillas 44 de la estructura 24 de distribución a una velocidad que promueve el mezclado del líquido 42. En otra realización, el mezclado del líquido 42 puede efectuarse extrayendo al menos una porción del líquido 42 a través de, por ejemplo, las aberturas 40 a lo largo del conducto 30, e introduciendo esa porción extraída del líquido 42 a través de las boquillas 44 de la estructura 24 de distribución a una velocidad suficiente para crear turbulencia y mezclado del líquido 42.

Como se muestra en la figura 2, el sistema de bombeo incluye normalmente al menos una bomba 14 conectada de manera fluida al colector 16 para hacer circular, transferir o mover fluido. Ilustrada particularmente en la realización de la figura 2, la bomba 14 se conecta con los conductos 26, 34 y 46 del colector 16 a través de las válvulas 48, 50, 52, 54 y 56. Conexiones adicionales en el colector 16 pueden incluir el conducto 60 que conecta el conducto 46, aguas abajo de la válvula 50, al conducto 34, entre la bomba 14 y la válvula 48; y el conducto 62 que conecta el conducto 34, entre la válvula 48 y el conducto 36, al conducto 26 antes de la válvula 56. Pueden incluirse otras conexiones similares en el colector 16 para proporcionar un funcionamiento y control flexibles del sistema de tratamiento de aguas residuales. Por ejemplo, pueden proporcionarse conexiones adicionales a otros reactores de modo que puedan transferir fluidos de un reactor a otro.

En otra realización, el sistema de tratamiento de aguas residuales incluye además un sistema de retirada o extracción de lodos para extraer o retirar lodos o sólidos recogidos cerca del fondo del reactor a una instalación 64 de tratamiento de lodos. Por ejemplo, con referencia a la realización ilustrada en la figura 2, el conducto 34 conecta el conducto 30 de distribución al lado de entrada o succión de la bomba 14 a través de la válvula 48. Y, los conductos 26 y 46 conectan la descarga de la bomba al sistema 64 de tratamiento de lodos a través de la válvula 56. De esta manera, el sistema de bombeo puede hacerse funcionar, conjuntamente con la alineación apropiada de la válvula, para eliminar los lodos del reactor 12.

En otra realización más, el sistema de tratamiento de aguas residuales puede incluir al menos un sistema 18 de decantación para retirar una capa sustancialmente transparente cerca de la parte superior del líquido 42 y descargar

a la eliminación 66 de efluente. La realización del sistema 18 de decantación representada en la figura 1 incluye al menos un aparato receptor 68, identificado en la figura 2, con al menos un aparato 70 de flotación. El aparato 70 de flotación proporciona suficiente flotabilidad al sistema de decantación de modo que el aparato receptor 68 permanece cerca de la superficie superior del líquido 42. Normalmente, el aparato receptor 68 retira una capa 80 sustancialmente transparente de líquido, mostrada en la figura 3. En el aparato receptor, el líquido, como efluente, fluye a través de los conductos 72, 74 y 76 y descarga a la eliminación 66 de efluente a través de la válvula 78 de efluente. En funcionamiento, el sistema de decantación puede transferir la capa superior de líquido 42 sin ayuda de bombeo.

Alternativamente, el sistema de decantación puede conectarse al colector 16 de tuberías y al sistema de bombeo. En esta disposición, el lado de succión de la bomba 14 se conecta al sistema de decantación a través de al menos uno de los conductos 72, 74 y 76. El lado de descarga de la bomba 14 se conecta entonces a la eliminación 66 de efluente a través del conducto 46 y la válvula 78 de efluente. Por lo tanto, el sistema de bombeo puede funcionar para ayudar al sistema de decantación a transferir o retirar la capa superior de líquido 42.

Se emplea un controlador para supervisar la instalación de tratamiento para un funcionamiento óptimo. El controlador recibe normalmente una señal de entrada asociada con las condiciones de proceso de cada reactor en el sistema de tratamiento de aguas residuales y determina y analiza la señal de entrada para controlar los reactores. El controlador genera normalmente al menos una señal de salida para dirigir, proporcionar y efectuar tal control. Según la presente invención, el controlador determina un caudal anticipado, compara ese caudal anticipado con un punto de ajuste asociado con una tasa de carga hidráulica de diseño del reactor, y luego dirige el funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales según un modo de flujo discontinuo o continuo. El controlador puede determinar adicionalmente un estado del reactor cuando se selecciona uno o más reactores para la transición entre el modo de flujo discontinuo y el modo de flujo continuo. Además, el controlador puede estar configurado para que sea suficientemente flexible y adaptativo para ignorar condiciones de funcionamiento transitorias o intermitentes en el sistema de tratamiento. Por ejemplo, el controlador puede ser lo suficientemente adaptativo como para ignorar picos transitorios en las mediciones de flujo de afluente que no requieren inmediatamente un cambio en el modo de funcionamiento.

La tasa de carga hidráulica de diseño de un reactor puede referirse a una tasa de carga hidráulica máxima tolerable por el reactor para producir efluente tratado eficazmente. La tasa de carga hidráulica de diseño puede considerar un caudal de aguas residuales en el reactor y un caudal de efluente fuera del reactor.

El sistema como se muestra en la figura 2 incluye el controlador 82, que puede ser automatizado, que proporciona al menos una señal de salida a un subsistema de carga que normalmente incluye al menos un aparato o dispositivo de salida. Por ejemplo, el aparato o dispositivo de salida puede seleccionarse de una de las válvulas 32, 48, 50, 52, 54, 56 y 78. El subsistema de carga puede estar configurado para controlar una tasa de carga hidráulica de aguas residuales en cada uno de los reactores a través de la entrada. El subsistema de carga puede estar configurado para controlar la carga y decantación de los reactores. El controlador 82 también puede proporcionar una señal de salida a la bomba 14 y a la fuente 38 de aire. En otra realización, el controlador puede incluir o estar conectado operativamente a al menos uno de una interfaz inalámbrica de radio u otro tipo, un puerto de entrada y salida par en serie y/o paralelo (puerto de E/S), un reloj interno en tiempo real y una pantalla de proceso capaz de representar y/o imprimir o registrar el estado operativo del sistema de tratamiento de aguas residuales. Estos componentes periféricos se incluyen normalmente para acomodar el funcionamiento flexible del sistema y pueden proporcionar modificaciones posteriores.

El controlador puede funcionar automáticamente con uno o más reactores en modo automático y puede permitir el mantenimiento, fallo del equipo o control del operario. En particular, el controlador puede estar conectado operativamente a un módulo de control de operario. El módulo de control de operario puede usarse para transmitir una señal de entrada para un caudal anticipado o un estado de un reactor. En la práctica, el módulo de control de operario puede ser un dispositivo móvil u otro dispositivo electrónico, que señala al controlador que efectúe la transición de al menos un reactor entre el modo discontinuo y el continuo en el momento actual o en un momento futuro predeterminado. El controlador puede transmitir adicionalmente una o más señales de salida al módulo de control de operario para la notificación del estado del sistema. Tal realización puede permitir la monitorización y el control del sistema desde una ubicación remota. En ciertas realizaciones, el controlador puede estar configurado para detectar el fallo de un equipo crítico, tal como válvulas de afluente, fuentes de aire, válvulas de aire o sistemas de decantación. Durante tales condiciones, el controlador puede notificar a un operario y, opcionalmente, funcionar automáticamente para retirar del servicio el reactor fallido, o el reactor asociado con el equipo fallido, y proporcionar alarma o advertencias en consecuencia.

En ciertas realizaciones, el sistema incluye un subsistema de medición que incluye al menos un aparato 84 de entrada conectado operativamente al controlador 82. El subsistema de medición puede estar configurado para medir un parámetro de cada uno de los reactores. La realización a modo de ejemplo ilustrada en la figura 2 representa un sensor o indicador de nivel de fluido que proporciona una señal de entrada al controlador 82. El indicador de nivel normalmente transmite una señal analógica de 4 a 20 miliamperios (mA) correspondiente a una altura o nivel de líquido 42 en el reactor 12. Un convertidor de analógico a digital (convertidor A/D) puede convertir esa señal analógica transmitida en una señal digital y transmitir la señal digital al controlador 82. Sin embargo, otros tipos de aparatos de entrada, tales como un caudalímetro, un sensor de presión, un analizador de composición y un indicador de temperatura o un sensor de nivel de indicación de encendido/apagado, pueden estar conectados para proporcionar señales de entrada similares, individualmente o en combinación, a uno del convertidor A/D y el controlador 82. Por ejemplo, el aparato de

entrada puede incluir un caudalímetro en el conducto 36 que mide el caudal de afluente, otro caudalímetro en el conducto 76 que mide el caudal de efluente, otro caudalímetro en el conducto 20 que mide el caudal de aire, y un analizador de composición, tal como un cromatógrafo, en el conducto 76 que mide la composición del efluente. En una realización alternativa, el aparato de entrada puede ser un teclado, u otra interfaz hombre-máquina tal como un ordenador con un teclado y una interfaz gráfica, que proporciona al operario de la instalación de tratamiento la capacidad de monitorizar, operar y controlar componentes individuales del sistema de tratamiento. El aparato de entrada puede ser el módulo de control de operario que tiene una interfaz gráfica como se describe en el presente documento. Por ejemplo, la interfaz puede mostrar la etapa particular en el ciclo de tratamiento para cada reactor y el estado de cada válvula en el sistema de tratamiento, así como el tiempo de ciclo transcurrido, el tiempo de etapa transcurrido e incluso los puntos de ajuste.

La señal o señales de salida del controlador 82 pueden ser una señal digital o analógica que dirige al menos una de las válvulas 32, 48, 50, 52, 54, 56, 78, la bomba 14 y la fuente 38 de aire. Alternativamente, el controlador 82 puede enviar una señal o señales de salida digitales a un convertidor de digital a analógico (convertidor D/A) para controlar cualquiera de los aparatos de salida. Por ejemplo, el controlador 82 puede generar una señal de salida digital que luego puede convertirse en una señal analógica de 4 a 20 mA, o una señal analógica neumática de 3 a 15 lbf/pulg², por el convertidor D/A. Esta señal analógica puede enviarse a cualquiera de la válvula o accionador de válvula o centro de control para estrangular la válvula o para activar la bomba o fuente de aire. Notablemente, la conexión entre el controlador 82 cualquiera de los aparatos de entrada o salida puede ser por cable o puede ser inalámbrica. En ciertas realizaciones, el controlador 82, y cualquiera de los aparatos de entrada o salida, puede estar conectado operativamente a través de uno o más servidores y/o sistemas basados en la nube.

El controlador 82 puede comprender al menos un microprocesador, tal como un PC, un sistema de temporizador/interruptor, un controlador lógico programable (PLC) o un sistema de control distribuido (DCS), que tiene capacidad computacional, al menos un elemento de memoria, al menos un elemento de visualización, interfaz hombre-máquina, código de programa y punto de ajuste o requisito, como conoce un experto habitual en la técnica. El código de programa o programa, descrito en el presente documento, puede estar compuesto por elementos lógicos tales como lógica de escalera y puede incluir los puntos de ajuste que desencadenan cambios en el funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.

El sistema de tratamiento de aguas residuales que va a usarse en el método de la presente invención puede comprender además o ser conectable operativamente a un analizador de caudal anticipado. El analizador de caudal anticipado está configurado para medir un parámetro de caudal que tiene un efecto sobre el caudal anticipado. Según ciertas realizaciones, el analizador de caudal puede incluir un caudalímetro o un sensor de lluvia. El analizador de caudal está configurado para transmitir información de caudal anticipado al controlador. Por ejemplo, el sensor de lluvia puede estar configurado para transmitir información de precipitaciones real al controlador. El controlador puede recibir una señal de entrada de precipitaciones reales y determinar que una marea de aguas residuales llegará inminentemente al sistema de tratamiento de aguas residuales. Según ciertas realizaciones, el sensor de lluvia puede ser un controlador que puede estar configurado para pasar del modo de flujo discontinuo al modo de flujo continuo en respuesta a unas precipitaciones mayores de aproximadamente 5 cm/hora (2 pulgadas/hora). El controlador puede considerar adicionalmente uno o más de un evento meteorológico predicho, un evento de alcantarillado predicho, la hora del día, el momento del año y la ubicación geográfica para determinar el caudal anticipado.

El sistema de tratamiento de aguas residuales puede estar conectado adicional o alternativamente de manera fluida a un subsistema de pretratamiento o un subsistema de postratamiento. Los subsistemas de pretratamiento y postratamiento pueden utilizar cualquier método de tratamiento de agua conocido convencionalmente en la técnica. Según ciertas realizaciones no limitantes, los subsistemas de pretratamiento y/o postratamiento pueden comprender uno o más de un filtro de tamiz, un filtro de membrana, una unidad de ósmosis inversa, una unidad de intercambio iónico, una unidad de tratamiento ultravioleta, una unidad de dosificación de cloro, un filtro de arena y una unidad de tratamiento primaria o secundaria tal como un clarificador o tanque de sedimentación. Las aguas residuales pueden tratarse para eliminar los sólidos voluminosos antes del tratamiento en el sistema de reactor discontinuo secuencial. El efluente puede tratarse para producir agua de cualquier calidad deseada, por ejemplo, agua potable, agua desionizada o agua ultrapura, como conoce un experto en la técnica. Adicionalmente, el sistema de tratamiento de aguas residuales puede estar conectado de manera fluida a uno o más tanques de ecualización aguas arriba o aguas abajo de los reactores. El sistema de tratamiento de aguas residuales puede estar conectado adicional o alternativamente de manera fluida a uno o más tanques de compensación aguas arriba de los reactores.

En funcionamiento, el sistema de tratamiento de aguas residuales puede descontaminar el afluente en un modo de flujo discontinuo o en un modo de flujo continuo. Específicamente, el modo de flujo discontinuo de funcionamiento trata el afluente en lotes de modo que cada reactor realiza etapas de tratamiento en una cantidad discontinua de aguas residuales. Por el contrario, el modo de funcionamiento de flujo continuo trata una corriente de aguas residuales que fluye continuamente de modo que los reactores, individualmente, en serie o en paralelo, aceptan continuamente afluente mientras realizan las etapas de tratamiento. El control específico del sistema de tratamiento de aguas residuales, incluyendo el control específico de los reactores en el sistema de tratamiento de aguas residuales en los modos de flujo discontinuo o de flujo continuo depende de varios factores que incluyen, por ejemplo, el nivel de líquido, el caudal de afluente, la concentración de contaminantes, las condiciones ambientales y el caudal de efluente.

Por lo tanto, según ciertos aspectos, el controlador 82 puede funcionar basándose en al menos un punto de ajuste de transición asociado con un caudal anticipado y un período de tiempo, de modo que, en funcionamiento cuando un caudal anticipado se encuentra por debajo del punto de ajuste de transición, el controlador 82 secuenciar los reactores en el modo de flujo discontinuo. Cuando se determina que el caudal anticipado está a aproximadamente o por encima del punto de ajuste de transición durante un periodo de tiempo predeterminado, el controlador 82 selecciona independientemente uno o más reactores, dependiendo de varios factores que incluyen, por ejemplo, la etapa de tratamiento particular en el instante de conmutación, para comenzar la transición al modo de flujo continuo. Por el contrario, cuando se determina que el caudal previsto se encuentra por debajo del punto de ajuste de transición durante un período de tiempo predeterminado, o resultan evidentes otras condiciones que ya no requieren una alta capacidad de flujo, el controlador 82 selecciona independientemente uno o más reactores, dependiendo de los mismos factores o similares, para comenzar la transición del modo de flujo continuo al modo de flujo discontinuo. El factor de tiempo puede considerarse para evitar puntos de ajuste falsos positivos. Concretamente, el factor de tiempo puede considerarse para evitar la transición para eventos transitorios.

El controlador puede seleccionar adicional o alternativamente de forma independiente una velocidad de carga hidráulica para cada reactor incluyendo, por ejemplo, la velocidad de llenado y/o la velocidad de decantación. La tasa de carga hidráulica puede ser proporcional al volumen de llenado disponible en el reactor. En algunas realizaciones, el controlador puede seleccionar independientemente el caudal de llenado para cada reactor correspondiente al caudal de aguas residuales y al volumen de llenado disponible. En algunas realizaciones, el controlador puede seleccionar independientemente la velocidad de decantación para cada reactor correspondiente al caudal de aguas residuales, el volumen de llenado disponible y el tiempo de decantación llena restante. La velocidad de decantación puede seleccionarse para alcanzar un nivel de agua de fondo deseado en el tiempo de decantación llena restante.

Como se ha mencionado, el modo de flujo discontinuo puede incluir etapas de tratamiento, tales como llenado, aireación, mezclado, reacción, sedimentación en reposo, decantación o inactividad. La secuenciación y duración de estas etapas de flujo discontinuo puede variarse a través del programa mediante algoritmos de control programados que incluyen, por ejemplo, lógica difusa o inteligencia artificial. El modo de flujo continuo puede incluir etapas de tratamiento, tales como, llenado anóxico, llenado aireado, sedimentación llena y decantación llena. Como con el modo de flujo discontinuo, la secuenciación y duración de estas etapas de flujo continuo pueden variarse mediante algoritmos de control preprogramados que incluyen, por ejemplo, lógica difusa o inteligencia artificial. Además, el controlador puede funcionar basándose en una serie de puntos de ajuste correspondientes, por ejemplo, a condiciones de afluente crecientes que desencadenan una modificación por etapas, o continua, de cada etapa de tratamiento, en el modo de flujo discontinuo o en el modo de flujo continuo, de modo que la duración de una o más etapas de tratamiento puede acortarse o alargarse en consecuencia dependiendo, por ejemplo, del caudal de afluente y la concentración de contaminantes del afluente.

Además, el controlador puede considerar bucles de control que controlan o supervisan componentes o un subsistema del sistema de tratamiento de aguas residuales. Específicamente, los bucles de control individuales pueden implicar cualquiera o una combinación de controles proporcionales, integrales o diferenciales. Estos bucles de control pueden existir y funcionar independientemente del programa o pueden residir dentro del programa. Por ejemplo, el controlador puede funcionar basándose en bucles de control que controlan cada reactor o cada válvula, bomba o incluso etapa en cada uno de los modos de flujo discontinuo o continuo. Estos bucles individuales requieren normalmente ajuste o ajuste específico según cualquiera de las prestaciones del bucle de control, prestaciones de la válvula y prestaciones del actuador.

El controlador puede implementar algoritmos de control programados que incluyen, por ejemplo, lógica difusa o inteligencia artificial, para determinar el caudal anticipado. Según ciertas realizaciones, el controlador puede ser programable para reconocer tendencias del caudal anticipado en una programación. El controlador puede considerar parámetros tales como eventos meteorológicos predichos, eventos de alcantarillado predichos, hora del día, momento del año y ubicación geográfica para determinar el caudal anticipado. El controlador puede por tanto ser capaz de hacer funcionar el sistema de tratamiento de aguas residuales en respuesta a las tendencias reconocidas.

El subsistema de medición puede incluir al menos un aparato de entrada, por ejemplo, un sensor. Según ciertas realizaciones, el aparato de entrada puede enviar una señal de entrada analógica o digital correspondiente al nivel de líquido 42 en el reactor. Un convertidor A/D cambia esta señal analógica a una señal digital según un factor de conversión predeterminado. El controlador 82 recibe la señal de entrada y calcula un nivel de líquido y compara simultáneamente el nivel de líquido con el punto de ajuste o puntos de ajuste. El controlador 82 puede convertir la señal de entrada de nivel de líquido para determinar el volumen disponible del reactor. En algunas realizaciones, el controlador 82 puede recibir una señal de entrada a través de al menos un puerto de E/S.

Durante el modo de flujo discontinuo, si, por ejemplo, el nivel de líquido está en o por encima de un punto de ajuste (más particularmente, si el volumen disponible está en o por debajo de un punto de ajuste), el controlador 82 puede terminar el ciclo de llenado para ese reactor de llenado y desviar el flujo de afluente al siguiente reactor disponible. Específicamente, el controlador 82 envía una señal de salida, normalmente una señal de salida digital que corresponde a accionar al menos la válvula 32. Esta señal de salida puede enviarse a través de un puerto de E/S a un convertidor D/A. El convertidor D/A puede cambiar la señal de salida digital a una corriente de 4 a 20 mA en un circuito analógico de 12 o 24 voltios o a una señal de accionamiento neumática de 3 a 15 lbf/pulg². El aparato de salida, la válvula o el

accionador de la válvula 32 en este ejemplo, recibe la señal de salida analógica y reacciona en consecuencia. El controlador 82 puede generar señales de salida similares para otro aparato de salida. Al final de la etapa de llenado, el controlador 82 puede preparar el reactor para la siguiente etapa.

5 Durante una transición al modo de flujo continuo, o tras recibir una indicación de que el caudal anticipado está por encima de un punto de ajuste, el controlador 82 puede recibir una señal de entrada desde el subsistema de medición correspondiente a un nivel de líquido 42 en uno o más de los reactores. El controlador 82 puede determinar el nivel de líquido y el volumen disponible y comparar los valores con el punto de ajuste o los puntos de ajuste. Si el nivel de líquido está en o por debajo de un punto de ajuste (más particularmente, si el volumen disponible está en o por encima de un punto de ajuste), el controlador 82 puede comenzar la transición para el reactor dado del modo de flujo discontinuo al modo de flujo continuo. El controlador puede seleccionar independientemente un reactor para la transición en respuesta a un cálculo de transición independiente realizado para cada reactor. Puede iniciarse un período de transición que proporcione un tratamiento adecuado del líquido 42 dentro del reactor en ese momento. Después de la finalización del período de transición, o después del tratamiento adecuado del líquido 42, el controlador 82 puede enviar una señal de salida que corresponde a al menos una válvula de efluente para comenzar el tratamiento en modo de flujo continuo. Tras seleccionar uno o más reactores para que realicen la transición al modo de flujo continuo, el controlador 82 puede enviar una señal de salida para distribuir las aguas residuales de manera sustancialmente uniforme a todos los reactores que realizan la transición al modo de flujo continuo.

20 Si uno o más reactores tienen un nivel de líquido en o por encima de un punto de ajuste (más particularmente, si el volumen disponible está por debajo de un punto de ajuste), el controlador 82 puede continuar el tratamiento en el modo de flujo discontinuo y seleccionar un punto de tiempo en el futuro para volver a evaluar el nivel de líquido del reactor dado. El controlador 82 puede continuar generalmente evaluando los reactores para la transición al modo de flujo continuo hasta que todos los reactores hayan alcanzado el punto de ajuste y se les haya instruido para que realicen la transición. Notablemente, el controlador 82, o el convertidor A/D, puede muestrear o determinar de otro modo el nivel de líquido a intervalos fijos o variables predeterminados. Por ejemplo, el nivel de líquido puede muestrearse o calcularse una vez cada milisegundo o cada segundo o solo después de que haya transcurrido un tiempo de llenado predeterminado. De esta manera, el controlador 82 puede optimizarse para reducir sus tareas computacionales.

30 Pueden considerarse una o más mediciones distintas, además o en lugar del nivel de llenado, cuando se selecciona un reactor para la transición entre el modo de flujo continuo y discontinuo. Por ejemplo, el controlador 82 puede recibir una señal de entrada desde cualquier aparato de entrada en el subsistema de medición, como se describió anteriormente. El subsistema de medición puede comprender uno o más de un caudalímetro, un sensor de presión, un sensor de potencial de oxidación-reducción y un sensor de oxígeno disuelto. El controlador 82 puede considerar el nivel de llenado del reactor y/o el volumen disponible del reactor en relación con el ciclo de tratamiento del reactor actual, la composición del agua afluente, la composición del agua de proceso y la tasa de carga hidráulica. Como se describe en el presente documento, el ciclo de tratamiento del reactor se refiere a una etapa de tratamiento en modo de flujo discontinuo. El controlador 82 puede seleccionar uno o más reactores que están en un periodo de ciclo de tratamiento actual de llenado, decantación o inactividad. Como se describe en el presente documento, la tasa de carga hidráulica puede referirse a un caudal de llenado y/o decantación del reactor.

40 En ciertas realizaciones, como en la etapa de llenado del modo de flujo discontinuo, y con referencia de nuevo a la figura 1, el afluente normalmente fluye al interior de al menos un reactor a través del conducto 36, el tubo descendente 38 y a través de las aberturas 40 del conducto 30 de distribución. En una disposición alternativa, la bomba 14 retira afluente y conduce el afluente al conducto 30 de distribución o a la estructura 24 de distribución. Con referencia a la figura 2, la disposición de válvulas específica para tal configuración de flujo requiere que las válvulas 32, 48 y 50 estén abiertas mientras que todas las demás válvulas estén cerradas. Como se ha mencionado, el sistema de tratamiento de aguas residuales puede controlarse según una instrucción predeterminada o programada. En una realización, el controlador 82 envía al menos una señal de salida a la válvula o al accionador de las válvulas 32, 48 y 50 para abrir o permitir un flujo deseado a través de estas válvulas. Simultáneamente, el controlador 82 envía también señales de salida a la válvula o a los accionadores de las válvulas 52, 54, 56 y 78 para cerrar estas válvulas e impedir el flujo de fluido. Notablemente, el llenado puede realizarse con o sin mezclado o turbulencia en el líquido. En particular, puede emplearse generalmente llenado anóxico de manera que la operación promueva la distribución del afluente sin la alteración de los sólidos sedimentados y ayude a controlar la diversidad o selectividad de la población de biomasa.

55 Otra etapa siguiente en el modo de flujo discontinuo puede implicar mezclar el líquido en el reactor lleno. No es necesario que esta etapa siga necesariamente a la etapa de llenado y puede, en algunos ciclos, superponerse con otras etapas o puede eliminarse. Por ejemplo, esta etapa puede producirse con la etapa de aireación. Esta etapa puede implicar extraer una porción del líquido a través del conducto 30 de distribución. En una realización, el líquido fluye al reactor a través del colector 16 de tuberías y la estructura 24 de distribución. En tal configuración, por ejemplo, las válvulas 48 y 50 están abiertas y las válvulas 32, 52, 54, 56 y 78 están cerradas. Así, el controlador 82 envía señales de salida para permitir un flujo deseado a través de las válvulas 48 y 50 y al centro de control para activar la bomba 14. El controlador 82 también puede enviar señales de salida para cerrar las válvulas 32, 52, 54, 56 y 78.

60 Otra etapa en el modo de flujo discontinuo puede incluir la aireación del líquido 42 para promover la biodigestión o degradación. En la etapa de aireación, una fuente de oxígeno puede oxigenar el líquido y la biomasa para promover la actividad biológica y la digestión del material biodegradable. La fuente de oxígeno puede proporcionar aire, oxígeno

u ozono. La fuente de oxígeno, por ejemplo, la fuente 22 de aire, suministra aire a la estructura 24 de distribución. El aire sale de la estructura 24 de distribución a través de las boquillas 44 y entra en contacto con la biomasa en el líquido 42. La aireación generalmente proporciona oxígeno a la biomasa para promover la bioactividad y puede promover, en algunos casos, la mezcla del líquido y la biomasa. La aireación puede comenzar tan pronto como la última fase de la etapa de llenado, pero no es necesario que siga inmediatamente a la etapa de llenado. La aireación, en otra realización, puede continuar o superponerse con la etapa de eliminación de lodos de modo que el líquido extraído del conducto 30 se mezcle con el aire de la fuente 22. En otra realización, el controlador 82 regula la aireación activando la fuente 22 de aire de modo que el aire se vuelva suficientemente presurizado para superar la presión de cabeza ejercida por el líquido 42 sobre la estructura 24 de distribución forzando así al aire a fluir y a burbujear hacia fuera a través de las boquillas 44. Una válvula de aire (no mostrada) también puede controlarse por el controlador 82 de modo que el aire que fluye a través del conducto 20 pueda regularse.

En la etapa de sedimentación, o sedimentación en reposo del modo de flujo discontinuo, puede terminarse la aireación y se permite que la biomasa, los materiales digeridos y los sólidos se sedimenten. La etapa de sedimentación implica normalmente un flujo de líquido mínimo o nulo, que entra o sale del reactor. La etapa de sedimentación estratifica normalmente el líquido de manera que los sólidos se depositen cerca del fondo, y se forma una capa sustancialmente transparente, cerca de la parte superior del líquido 42, por encima de los sólidos sedimentados.

La etapa de decantación extrae la capa de líquido 80 sustancialmente transparente, o líquido casi libre de sólidos, de la parte superior del líquido en el reactor, a través del sistema de decantación. El líquido sustancialmente transparente fluye al interior del aparato receptor 68, a través de los conductos 72, 74 y 76, y descarga a la eliminación 66 de efluente a través de la válvula 78 de efluente. Si el sistema de bombeo también se conecta al sistema de decantación, el lado de succión de la bomba 14 recibe fluido del aparato receptor 68 y a través de al menos uno de los conductos 72, 74 y 76. El lado de descarga de la bomba 14 descarga a la eliminación 66 de efluente. En algunas realizaciones, el controlador 82 abre al menos una de la válvula 78 y la bomba 14 y cierra al menos una de las válvulas 32, 48, 50, 52, 54 y 56.

Como con la etapa de decantación, la etapa de eliminación de lodo del modo de flujo discontinuo normalmente, pero no necesariamente, sigue a la sedimentación. Notablemente, la eliminación de lodo puede continuar en la etapa de tratamiento después de la sedimentación o puede proceder con la etapa de decantación. En la etapa de eliminación de lodo, una cantidad de lodo, esencialmente sólidos sedimentados, puede extraerse del reactor cuando la bomba 14 aspira el lodo cerca del fondo del reactor a través de las aberturas 40 del conducto 30. La bomba 14 descarga el lodo al tratamiento 64 de lodo a través del conducto 26. En algunas realizaciones, el controlador 82 genera señales de salida para abrir las válvulas 48 y 56 y cerrar las válvulas 32, 50, 52 y 54.

El modo de flujo discontinuo puede incluir además una etapa de inactividad en donde significativamente todos los sistemas permanecen inactivos. Normalmente, la duración de esta etapa varía según las condiciones del afluente de modo que, a medida que aumenta la tasa de afluente, disminuye el tiempo de inactividad. Sin embargo, no es necesario que esta etapa varíe exclusivamente dependiendo de las condiciones del afluente. Por ejemplo, cualquiera de las otras etapas del modo de flujo discontinuo puede variarse proporcionalmente según las condiciones de funcionamiento o según determine el operario.

Al inicio del modo de flujo continuo, el reactor puede pasar por un periodo de transición. Normalmente, durante la transición del modo de flujo discontinuo al modo de flujo continuo, se realiza una o más etapas de tratamiento para cebar el reactor para el funcionamiento en modo de flujo continuo. Por ejemplo, si el reactor está parcialmente lleno de fluido de tratamiento de un modo de flujo discontinuo, el volumen de llenado puede no tratarse suficientemente para la descarga. El reactor puede someterse a una o más etapas de tratamiento seleccionadas de, por ejemplo, un ciclo de reacción y un ciclo de sedimentación, antes de decantar cualquier fluido tratado. El ciclo de reacción puede incluir una o más de las etapas de mezclado y aireación. Las etapas de tratamiento adicionales pueden realizarse mientras el reactor está lleno o inactivo, pero antes de la decantación. Según ciertas realizaciones, el tiempo para la etapa de tratamiento del periodo de transición puede corresponder al volumen de llenado actual, similar a un ciclo de tiempo variable.

En ciertas realizaciones, el periodo de transición al modo de flujo continuo puede tardar entre aproximadamente 30 minutos y 90 minutos. El periodo de transición puede tardar, por ejemplo, aproximadamente 30 minutos, aproximadamente 45 minutos, aproximadamente 60 minutos, aproximadamente 75 minutos o aproximadamente 90 minutos. El tiempo del periodo de transición puede depender de la composición del agua de proceso y del volumen de llenado del reactor en el tiempo de transición. En general, el periodo de transición puede ser suficiente para sedimentar una cantidad eficaz de contaminantes, de manera que la operación durante el modo de flujo continuo produce un efluente suficientemente tratado. En ciertas realizaciones, el caudal anticipado puede ser un caudal esperado después de la cantidad de tiempo del periodo de transición. El controlador 82 puede determinar la cantidad de tiempo del periodo de transición para cada reactor y comenzar la transición en consecuencia de manera que el caudal anticipado se convierte en un caudal real después de que se haya completado el periodo de transición.

Después del periodo de transición, el controlador 82 puede monitorizar el caudal de afluente medido por el aparato 84 de entrada y generalmente secuenciar las válvulas y bombas del sistema de tratamiento de aguas residuales según la etapa de tratamiento correspondiente. Específicamente, como con el modo de flujo discontinuo, el controlador 82 puede generar señales de salida durante cada etapa del modo de flujo continuo para accionar, estrangular o cerrar

cualquiera de las válvulas, bomba y fuente de aire para regular el fluido a través del sistema de tratamiento de aguas residuales. En el modo de flujo continuo, el sistema de tratamiento de aguas residuales puede incluir al menos uno de un llenado mientras se airea (llenado aireado), mezclado, sedimentación (sedimentación llena) y decantación (decantación llena). La aireación puede introducirse en el uno o más reactores durante el modo de flujo continuo en una cantidad eficaz para tratar las aguas residuales. En general, la cantidad eficaz de aireación durante el modo de flujo continuo puede ser menor que la aireación durante el modo de flujo discontinuo. Adicionalmente, el caudal reducido asociado con el modo de flujo continuo puede permitir un llenado y una decantación sustancialmente simultáneos mientras se mantiene un tratamiento adecuado. En particular, durante el llenado o durante el llenado anóxico, que puede continuar durante las etapas de sedimentación llena y decantación llena, el afluente puede fluir a través del colector 36 de tuberías y salir a través de las aberturas 40 del conducto 30. En otra realización, el controlador 82 puede accionar válvulas (no mostradas) que controlan el flujo a través de cada brazo del conducto 30 para evitar el cortocircuito de la derivación, donde no se produce digestión o se produce una digestión mínima del afluente porque fluye casi directamente al sistema de decantación.

La etapa de llenado aireado permite la biodigestión. La aireación durante el llenado puede continuar desde el llenado anóxico hasta que el nivel de líquido alcanza el nivel máximo. En ese punto, puede comenzar la sedimentación llena. En esta etapa, el controlador 82 normalmente continúa monitorizando el nivel de líquido 42, a través del indicador 84 de nivel, mientras controla y envía señales de salida. Adicionalmente, el controlador 82 puede enviar señales de salida a la fuente 22 de aire o una válvula de aire (no mostrada) en el conducto 20 para estrangular o regular el flujo de aire a través de la estructura 24 de distribución. El controlador 82 también puede enviar señales de salida para cerrar al menos una de las válvulas 48, 50, 52, 54, 56, y para desactivar la bomba 14.

La etapa de sedimentación llena normalmente sigue a la etapa de llenado aireado. La etapa de sedimentación llena permite la sedimentación de los sólidos de biomasa antes de la etapa de decantación llena y es sustancialmente similar a la etapa de sedimentación del modo de flujo discontinuo. En particular, el controlador 82 puede enviar señales de salida para cerrar todas las válvulas excepto la válvula 32 de afluente que puede estrangularse para reducir el caudal de afluente para minimizar la turbulencia y la alteración del proceso de sedimentación.

La etapa de decantación llena puede implicar la extracción de la porción superior del líquido a través del sistema de decantación. Esta etapa también es similar a la etapa de decantación en modo de flujo discontinuo correspondiente. Por lo tanto, el controlador 82 puede generar señales de salida correspondientes para abrir o cerrar las válvulas correspondientes para permitir la eliminación del líquido sustancialmente transparente por encima del líquido 42. En otras realizaciones, el modo de flujo continuo incluye además una etapa de eliminación de lodo durante el llenado. Esta etapa, normalmente pero no necesariamente, sigue a la etapa de sedimentación llena. Esta etapa también es similar a la etapa de eliminación de lodo en modo de flujo discontinuo correspondiente y, por lo tanto, el controlador 82 generaría las señales de salida correspondientes para accionar las válvulas correspondientes para permitir la eliminación de lodo al tratamiento 64 de lodo.

Durante un periodo de transición entre un modo de flujo continuo y un modo de flujo discontinuo, el reactor puede cebarse para el funcionamiento en modo de flujo discontinuo como se describió anteriormente para la transición al modo de flujo continuo. Normalmente, durante la transición del modo de flujo continuo al modo de flujo discontinuo, se realiza una o más etapas de tratamiento para cebar el reactor para el funcionamiento en modo de flujo discontinuo. El periodo de transición al modo de flujo discontinuo puede ser generalmente más corto que el descrito anteriormente con respecto al modo de flujo continuo. Por ejemplo, la transición al modo de flujo discontinuo puede tardar entre aproximadamente 10 minutos y aproximadamente 60 minutos. En particular, debido al caudal aumentado del modo de flujo discontinuo, el controlador 82 puede considerar el volumen de llenado del reactor cuando se selecciona el uno o más reactores como en un estado capaz de pasar al modo de flujo discontinuo. El controlador 82 puede considerar una etapa de tratamiento cuando se selecciona el uno o más reactores como en un estado capaz de pasar al modo de flujo discontinuo. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el controlador 82 puede realizar la transición de uno o más reactores actualmente en etapas de sedimentación llena o decantación llena. Una cantidad eficaz de efluente puede decantarse antes de comenzar la etapa de llenado del modo de flujo discontinuo.

Según un aspecto que no forma parte de la presente invención, uno o más reactores pueden pasar de un modo de flujo discontinuo a un modo de flujo discontinuo modificado, de una manera similar a cualquiera de los métodos descritos en el presente documento para pasar a un modo de flujo continuo. El modo de flujo discontinuo modificado puede incorporar uno o más ciclos del modo de flujo discontinuo, mientras se hace funcionar un modo de flujo sustancialmente continuo. Por ejemplo, el sistema puede distribuir aguas residuales de manera sustancialmente uniforme a todos los reactores que funcionan en el modo discontinuo modificado. El caudal reducido puede permitir el llenado y/o la mezcla aireados. Uno o más de sedimentación y decantación pueden realizarse sin llenado, como en un modo de flujo discontinuo. El funcionamiento discontinuo modificado puede evitar decantar simultáneamente en más de un reactor. El modo discontinuo modificado puede tolerar un caudal global mayor y producir efluente de una calidad similar al funcionamiento en modo de flujo discontinuo.

La figura 4 es un diagrama de flujo que muestra un esquema de control según la presente invención que se implementa mediante el controlador 82. Como se muestra en la figura 4, el tratamiento de aguas residuales funciona normalmente en un modo de flujo discontinuo. El controlador 82 puede considerar señales de entrada para determinar si un caudal anticipado está dentro de la tolerancia de la tasa de carga hidráulica de los reactores. El controlador considera

parámetros de caudal seleccionados de entre precipitaciones esperadas, precipitaciones reales, caudal de alcantarillado esperado y, opcionalmente, caudal de alcantarillado real para determinar el caudal anticipado. Si el caudal anticipado está dentro de tolerancia, el sistema continúa funcionando en el modo de flujo discontinuo.

Si el controlador 82 determina que el caudal anticipado es mayor que una tolerancia del reactor, el controlador 82 puede transmitir una señal de salida a uno o más reactores. El controlador 82 puede considerar si cada reactor está independientemente en un estado capaz de recibir aguas residuales en un modo de flujo continuo. Para determinar el estado del reactor, el controlador 82 puede recibir una señal de entrada seleccionada del volumen de llenado disponible, la composición del agua afluente, la composición del agua de proceso y la tasa de carga hidráulica del reactor. El controlador 82 puede considerar adicional o alternativamente el periodo de ciclo actual del reactor y/o el tiempo restante para el periodo de ciclo actual. El controlador 82 puede considerar adicionalmente el tipo de ciclo, por ejemplo, ciclo de tiempo fijo o ciclo de tiempo variable. Si el controlador 82 determina que el reactor está en un estado capaz de recibir aguas residuales en el modo de flujo continuo, el controlador 82 puede transmitir una señal de salida que ordena al reactor que pase al modo de flujo continuo. Si el controlador 82 determina que el reactor no está en un estado capaz de recibir aguas residuales en el modo de flujo continuo, el controlador 82 puede esperar un periodo de tiempo y volver a evaluar el reactor. El controlador 82 puede realizar generalmente la determinación para cada reactor independientemente y realizar la transición de cada reactor independientemente.

Una vez que el reactor está funcionando en el modo de flujo continuo, el controlador 82 puede reevaluar periódicamente el caudal anticipado, como se describió anteriormente. Si el caudal anticipado se encuentra dentro de la tolerancia, el controlador 82 puede realizar la transición del reactor al modo de flujo discontinuo. Según ciertas realizaciones, si el caudal anticipado se encuentra dentro de la tolerancia, el controlador 82 puede evaluar cada reactor independientemente para determinar si el reactor está en un estado capaz de recibir aguas residuales en el modo de flujo discontinuo y realizar la transición de cada reactor independientemente, como se describió anteriormente. Si el caudal anticipado es mayor que la tolerancia, el controlador 82 puede continuar haciendo funcionar el sistema en el modo de flujo continuo.

Cuando se funciona en cualquier modo de flujo, los sistemas y métodos divulgados en el presente documento pueden emplear ciclos de tiempo fijos o ciclos de tiempo variables. Los ciclos de tiempo fijos se ejecutan normalmente independientes del nivel de llenado del reactor. Por ejemplo, puede usarse un tiempo de funcionamiento completo en tiempos de caudal de afluente bajo. Los ciclos de tiempo variable se ejecutan normalmente en correspondencia con el nivel de llenado del reactor. En tales realizaciones, el tiempo de funcionamiento del ciclo puede modificarse para que corresponda con el volumen de llenado. Por ejemplo, en tiempos de caudal de afluente bajo, uno o más ciclos de funcionamiento pueden ejecutarse durante una fracción del tiempo, correspondiente al caudal de afluente y/o al volumen de llenado. En ciertas realizaciones, la cantidad de aireación puede modificarse de manera similar para que se corresponda con el volumen de llenado. Según una realización a modo de ejemplo, el modo de flujo discontinuo y el periodo de transición pueden funcionar según un ciclo de tiempo variable y el modo de flujo continuo puede funcionar según un ciclo de tiempo fijo. El controlador puede estar configurado para recibir una señal de entrada para el caudal de afluente y/o el volumen de llenado y transmitir una señal de salida para el tiempo de funcionamiento del ciclo.

Los métodos divulgados en el presente documento pueden comprender adicionalmente proporcionar uno o más componentes del sistema y, opcionalmente, interconectar los componentes para que sean operables como se describió anteriormente. Según ciertos aspectos que no forman parte de la presente invención, los métodos de actualización de un sistema de tratamiento de aguas residuales existente pueden comprender proporcionar un controlador para hacer funcionar el sistema de tratamiento de aguas residuales como se divulga en el presente documento. Los métodos de actualización pueden comprender adicionalmente proporcionar un componente del subsistema de medición y conectar operativamente el componente al controlador. En algunas realizaciones, los métodos de actualización pueden comprender proporcionar un componente para reducir o evitar el reflujo de uno o más reactores mientras funcionan en el modo de flujo continuo. Por ejemplo, los métodos de actualización pueden comprender proporcionar y/o instalar una o más de una válvula de retención, válvula de control de flujo, caudalímetro, bomba de entrada, sistema de distribución, cabecero, divisor de flujo y/o deflector de entrada configurado para reducir o evitar el reflujo como se ha descrito anteriormente.

Los métodos para facilitar el tratamiento de aguas residuales pueden comprender adicionalmente proporcionar el sistema de tratamiento de aguas residuales. Los métodos pueden comprender además dar instrucciones a un usuario para que haga funcionar el sistema de tratamiento de aguas residuales para tratar aguas residuales, como se describió anteriormente.

Los métodos para controlar el tratamiento de aguas residuales pueden comprender introducir aguas residuales en un sistema de tratamiento de aguas residuales. Los métodos pueden comprender analizar una condición de funcionamiento para cada uno de los reactores y transmitir una pluralidad de señales de entrada, correspondiendo cada una a una condición de funcionamiento de la pluralidad de reactores. El método de la presente invención comprende además determinar un caudal anticipado y transmitir una señal de entrada correspondiente al caudal anticipado. Los métodos pueden comprender analizar la pluralidad de señales de entrada correspondientes a las condiciones de funcionamiento del reactor y la señal de entrada correspondiente al caudal anticipado. Los métodos pueden comprender además proporcionar una señal de salida correspondiente a uno de un modo de flujo discontinuo y un modo de flujo continuo en respuesta al análisis de las señales de entrada. Los métodos pueden comprender

realizar la transición de uno o más reactores a un modo alternativo sensible a la señal de salida. La fraseología y terminología usadas en el presente documento son con fines descriptivos y no deben considerarse como limitativas. Como se usa en el presente documento, el término "pluralidad" se refiere a dos o más elementos o componentes. Los términos "que comprende", "que incluye", "que lleva", "que tiene", "que contiene" y "que implica", ya sea en la descripción escrita o en las reivindicaciones y similares, son términos abiertos, es decir, que significan "que incluye pero no se limita a". Por lo tanto, el uso de tales términos pretende abarcar los elementos enumerados a continuación, y equivalentes de los mismos, así como elementos adicionales. Sólo las frases de transición "que consiste en" y "que consiste esencialmente en", son frases de transición cerradas o semicerradas, respectivamente, con respecto a las reivindicaciones. El uso de términos ordinales tales como "primero", "segundo", "tercero" y similares en las reivindicaciones para modificar un elemento de reivindicación no connota por sí mismo ninguna prioridad, precedencia u orden de un elemento de reivindicación sobre otro o el orden temporal en el que se realizan las acciones de un método, sino que se usan simplemente como etiquetas para distinguir un elemento de reivindicación que tiene un cierto nombre de otro elemento que tiene un mismo nombre (pero para el uso del término ordinal) para distinguir los elementos de reivindicación.

Ejemplo

Las realizaciones pueden entenderse adicionalmente con referencia a los siguientes ejemplos. Los ejemplos pretenden servir como ilustración y no son limitantes.

Control de funcionamiento simplificado

Tradicionalmente, se entiende que el funcionamiento en modo discontinuo produce una mejor calidad del efluente, eliminación de nutrientes y sedimentación de microbios que los sistemas de llenado continuo debido a la cinética del proceso y a la hidráulica implicada, excepto a caudales más altos que son típicos de tormentas de lluvia (por ejemplo, entre 83279 m³/día (22 MGD) y 227125 m³/día (60 MGD)). Los sistemas divulgados en el presente documento permiten que los sistemas de modo discontinuo cambien los modos a una operación de llenado continuo a caudales altos, y luego vuelvan al modo discontinuo cuando el agua de lluvia desciende.

Sin embargo, los sistemas divulgados en el presente documento incorporan un control independiente de cada reactor. Una respuesta funcional del proceso simplificado a una entrada específica, concretamente, el funcionamiento de todos los reactores en modo discontinuo a flujos normales y una conmutación completa al funcionamiento en modo de llenado continuo para flujos de tormenta altos, luego de vuelta después de que los flujos desciendan, requeriría un mayor volumen del tanque. La operación simplificada impone necesariamente una demanda en el sistema de tratamiento de reactor discontinuo total de una capacidad volumétrica adicional significativa, en comparación con un sistema discontinuo dedicado, para evitar el fallo del tratamiento del proceso.

Un sistema de reactor discontinuo de cuatro reactores a modo de ejemplo, como se resume en la tabla 1, funciona en el modelo simplificado.

Tabla 1: Criterios de diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales municipales

Flujo promedio	41640 m ³ /día (11 MGD)
Flujo máximo	166558 m ³ /día (44 MGD)
Flujo instantáneo máximo	227125 m ³ /día (60 MGD)
BOD del afluente	234 mg/l
Sólidos suspendidos del afluente	234 mg/l
Sólidos suspendidos del efluente	30 mg/l
Fósforo del afluente	6,0 mg/l
Temperatura de las aguas residuales	12-23 °C

El sistema tiene adicionalmente un tiempo de retención hidráulica de 21 horas al caudal diario promedio de 41640 m³/día (11 millones de galones (MGD)), un volumen total del reactor de 36340 m³ (9,6 MG) o 9085 m³ (2,4 MG) cada uno, y un nivel inferior de agua de 4,3 m (14 pies), una profundidad superior de agua de 5,5 m (18 pies), y 0,6 m (2 pies) de francobordo (distancia entre el nivel superior de agua y la parte superior de la pared del reactor) para una altura de pared de 6,1 m (20 pies). Cada tanque incluye un interruptor de flotador de emergencia situado un pie por debajo de la parte superior de la pared a 5,8 m (19 pies). Esta es una provisión para evitar inundar un tanque, que abre automáticamente el sistema de descarga de efluente (decantador) si ese flotador se eleva.

El gráfico de la figura 5 muestra la tasa de carga hidráulica, la cantidad de aguas residuales afluentes que fluye hacia un reactor a un múltiplo dado de la tasa de diseño promedio, en las unidades típicas de galones por día por pie cuadrado de suelo de reactor, para un sistema de llenado discontinuo de 4 reactores, un sistema de llenado discontinuo de 2 reactores y un sistema de llenado continuo. Este valor de la tasa de carga hidráulica da una idea aproximada de

la velocidad ascendente del agua a medida que fluye hacia y a través de un reactor. Cuanto mayor sea la velocidad ascendente, más probable será llevar los sólidos de sedimentación hasta el decantador de efluente y fuera del reactor, una situación no deseable.

En la realización a modo de ejemplo, se indica el caudal diario promedio de 41640 m³/día (11 MGD) en el eje horizontal del gráfico de la figura 5 como un caudal de afluente máximo del 100 % del diseño. El caudal máximo de 166558 m³/día (44 MGD) corresponde a aproximadamente el 400 %. Se indica la tasa de carga hidráulica de 3,78 m³/día (1000 gpd, galones por día)/0,09 m² (ft²) con la línea discontinua. Esta tasa de carga está asociada comúnmente con una mala separación de biosólidos del agua efluente clarificada. Por lo tanto, en general, puede decirse que el funcionamiento a una velocidad por debajo de la línea discontinua en la figura 5 es seguro, y el funcionamiento por encima de la línea es problemático. Si el ejemplo de cuatro tanques se hace funcionar en modo de llenado discontinuo, se supera la tasa de carga hidráulica de 3,78 m³/día (1000 gpd)/0,09 m² (ft²) al 150 % del caudal de diseño, correspondiente a 62459 m³/día (16,5 MGD). En el momento en que el sistema recibe el caudal de afluente máximo de 166558 m³/día (44 MGD) (400 % de promedio), la tasa de carga hidráulica es el 250 % del límite operativo seguro de 3,78 m³/día (1000 gpd)/0,09 m² (ft²), y puede esperarse una calidad del efluente seriamente degradada. Estas condiciones a menudo provocan que los reactores discontinuos descarguen un efluente insatisfactorio que contiene sólidos suspendidos que se llevaron a los decantadores de efluente por el gran volumen de lluvia que fluye al interior de ese reactor. A 2500 gpd/ft², la velocidad ascendente nominal del afluente en un reactor es de 4,27 m/s (14 pies/h), mientras que la velocidad de sedimentación de biosólidos típicos es menor del 33 % de esa velocidad.

Comparativamente, en una operación de llenado continuo en estas mismas condiciones, el sistema funciona a menos del intervalo de 3,78 m³/día (1000 gpd)/0,09 m² (ft²) incluso en el flujo instantáneo máximo de 227125 m³/día (60 MGD) (correspondiente al 545 % del promedio) ya que el caudal se distribuye a los cuatro reactores, con velocidades de flujo ascendente resultantes bien dentro del intervalo de la mayoría de los biosólidos.

En el sistema de modelo simplificado a modo de ejemplo, un caudal de 200 % del promedio, o bien 83279 m³/día (22 MGD), funcionando exclusivamente en modo de llenado continuo, da como resultado que los cuatro tanques tengan una velocidad de llenado de 0,58 m/s (1,9 pies/h). En el funcionamiento a modo de ejemplo, un tanque está en decantación o decantación llena y los tres tanques restantes están llenos (por ejemplo, dos en reacción y uno en sedimentación) en el momento del cambio del modo discontinuo al modo continuo. El controlador dispara el interruptor de modo y abre todas las válvulas de afluente, de manera que el nivel de agua en cada tanque comienza a elevarse a 0,58 m/s (1,9 pies/h). En poco más de 30 minutos, al menos dos de los tanques alcanzarán el flotador de nivel alto de emergencia (ubicado un pie por encima del nivel de agua superior típico) y descargarán efluente muy pobre. El tercer tanque que estaba en sedimentación también alcanzará el flotador de emergencia, pero probablemente no descargará efluente pobre ya que ya había transcurrido algún tiempo de sedimentación más los 30 minutos adicionales de llenado hasta el nivel del flotador de emergencia. Si un filtro de pulido está aguas abajo del sistema, las descargas sucias cegarán los filtros con sólidos de licor mixto.

En una realización alternativa, si el caudal de afluente aumenta hasta el 300 %, los tanques tienen 20 minutos para llenarse hasta el nivel de emergencia, que no es tiempo suficiente para lograr una sedimentación adecuada. A la velocidad de flujo máxima de diseño del 400 %, el llenado de 5,5-5,8 m (18 a 19 pies) se produce en 15 minutos. Así, a cualquier caudal por encima de aproximadamente el 150 % del diseño, el sistema descargará sólidos de licor mixto a una concentración que es cien veces la calidad permitida del efluente. La descarga continuará hasta que los flujos de tormenta disminuyan.

Por lo tanto, para garantizar una capacidad adecuada para permitir que el sistema proporcione un tiempo de sedimentación adecuado antes de la decantación, los reactores deben ser más grandes. Se proporciona una capacidad adecuada con un volumen adicional de aproximadamente el 20 % al 30 %, con el coste concomitante. El tiempo de llenado adicional de 45 minutos proporcionado por el volumen adicional permitirá que un segundo reactor termine de sedimentar y comience a decantar.

Los sistemas divulgados en el presente documento reconocen las limitaciones volumétricas e implementan un control de funcionamiento en respuesta a un caudal anticipado. La anticipación proporciona generalmente tiempo suficiente para comenzar la transición antes de que el evento de flujo llegue a los reactores. Esto garantiza que el interruptor de modo de funcionamiento sólo se activará cuando se espere una tormenta y, por lo tanto, puede iniciarse temprano cuando los caudales de afluente sean todavía relativamente bajos, pero poco frecuentes, de manera que no se pierdan las ventajas del proceso de funcionamiento en modo discontinuo.

Adicionalmente, los sistemas divulgados en el presente documento rechazan la estrategia simplificada de "todos los tanques en discontinuo o todos los tanques en llenado continuo" en favor de una decisión de transición reactor a reactor que aborda las condiciones únicas en cada reactor y actúa realizando la transición a modos cuando sea apropiado para cada reactor. Esta transición independiente proporciona un tratamiento adecuado sin requerir tanques más grandes. Se reconoce que el tiempo disponible no siempre favorecerá la transición inmediata de un tanque lleno para recibir más flujo. En algunos casos, uno o dos tanques no deben recibir flujo adicional hasta que se complete una función de proceso. Los otros tanques funcionarán para absorber el flujo adicional.

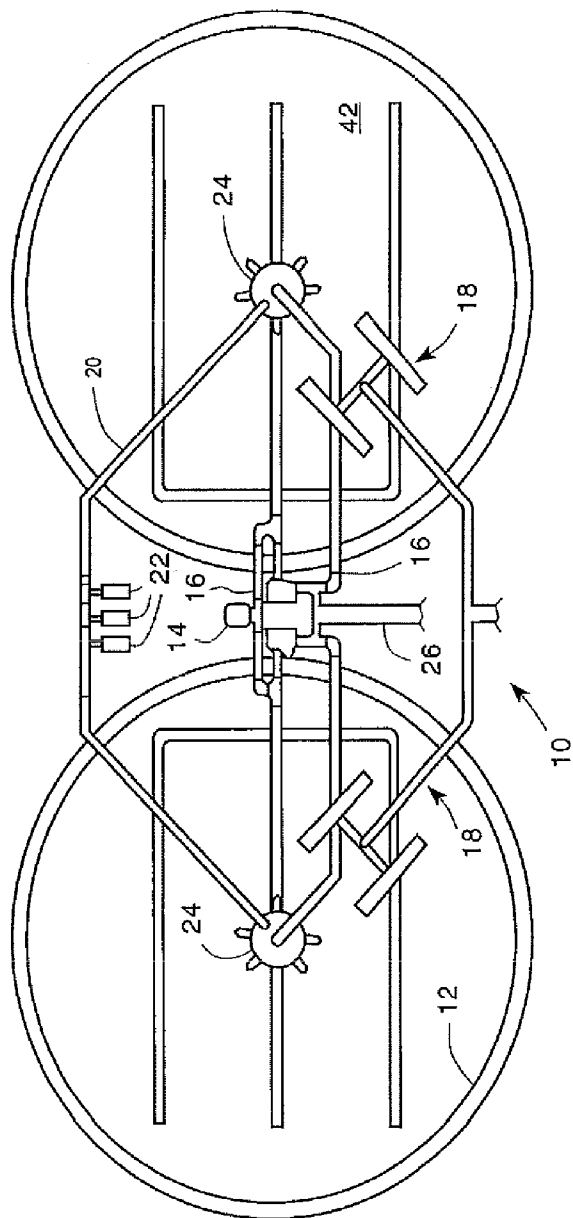
Por lo tanto, los sistemas divulgados en el presente documento proporcionan un tratamiento eficiente sin requerir un

mayor volumen. Los métodos divulgados en el presente documento son eficientes en el tratamiento de aguas residuales durante eventos de flujo aumentado tales como tormentas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para tratar aguas residuales con un sistema de reactores discontinuos secuenciales que tiene una pluralidad de reactores dispuestos en paralelo, que comprende:
hacer funcionar la pluralidad de los reactores en un modo de flujo discontinuo;
5 determinar que un caudal anticipado de aguas residuales mediante un controlador (82) en una entrada de los reactores durante un primer periodo de tiempo es mayor que un caudal tolerado por una tasa de carga hidráulica de diseño de los reactores; en donde un analizador de caudal anticipado mide al menos un parámetro de caudal que tiene un efecto sobre el caudal anticipado y el analizador de caudal anticipado transmite información de caudal anticipado al controlador (82),
10 en donde el al menos un parámetro de caudal se selecciona de entre las precipitaciones esperadas, las precipitaciones reales y el caudal de alcantarillado esperado;
seleccionar mediante el controlador (82) uno o más reactores como en un estado capaz de recibir las aguas residuales en un modo de flujo continuo; y
15 hacer funcionar mediante el controlador (82) el uno o más reactores seleccionados en el modo de flujo continuo, de manera que, después de un segundo período de tiempo, la pluralidad de reactores están todos funcionando en el modo de flujo continuo.
2. El método de la reivindicación 1, en donde el modo de flujo continuo está asociado con una tasa de carga hidráulica de aproximadamente el 25 % a aproximadamente el 50 % de una tasa de carga hidráulica asociada con el modo de flujo discontinuo.
- 20 3. El método de la reivindicación 1, que comprende seleccionar el uno o más reactores basándose en un periodo de ciclo actual del reactor.
4. El método de la reivindicación 3, que comprende seleccionar el uno o más reactores cuando el periodo de ciclo actual es uno de llenado, decantación e inactividad.
- 25 5. El método de la reivindicación 1, que comprende además medir uno o más parámetros para cada reactor seleccionados de volumen de llenado disponible, composición de agua afluente, composición de agua de proceso y tasa de carga hidráulica.
6. El método de la reivindicación 5, que comprende seleccionar el uno o más reactores en respuesta al parámetro de reactor medido.
- 30 7. El método de la reivindicación 1, después de que la pluralidad de reactores estén todos funcionando en el modo de flujo continuo, determinar que el caudal anticipado de las aguas residuales en la entrada de los reactores durante un tercer período de tiempo está dentro del caudal tolerado por la tasa de carga hidráulica de diseño de los reactores;
seleccionar uno o más reactores como en un estado capaz de recibir aguas residuales en el modo de flujo discontinuo; y
35 hacer funcionar el uno o más reactores seleccionados en el modo de flujo discontinuo, de manera que, después de un cuarto período de tiempo, la pluralidad de reactores están todos funcionando en el modo de flujo discontinuo.
8. El método de la reivindicación 1, en donde el modo de flujo continuo incluye un período de transición al inicio del modo de flujo continuo, incluyendo el período de transición períodos de ciclo de reacción y sedimentación.
9. El método de la reivindicación 8, en donde una cantidad de tiempo del periodo de transición es de entre 30 minutos y 90 minutos suficiente para sedimentar una cantidad eficaz de contaminantes.
- 40 10. El método de la reivindicación 9, en donde el caudal anticipado es un caudal esperado después de la cantidad de tiempo del período de transición.
11. El método de la reivindicación 1, en donde se introduce una cantidad eficaz de aireación en el uno o más reactores durante el modo de flujo continuo.
- 45 12. El método de la reivindicación 1, en donde las precipitaciones esperadas se determinan en respuesta a al menos uno de un evento meteorológico predicho, la hora del día, el momento del año y la ubicación geográfica.
13. El método de la reivindicación 1, en donde el caudal de alcantarillado esperado se determina en respuesta a al menos uno de un evento de alcantarillado predicho, la hora del día, el momento del año y la ubicación geográfica.

FIG. 1



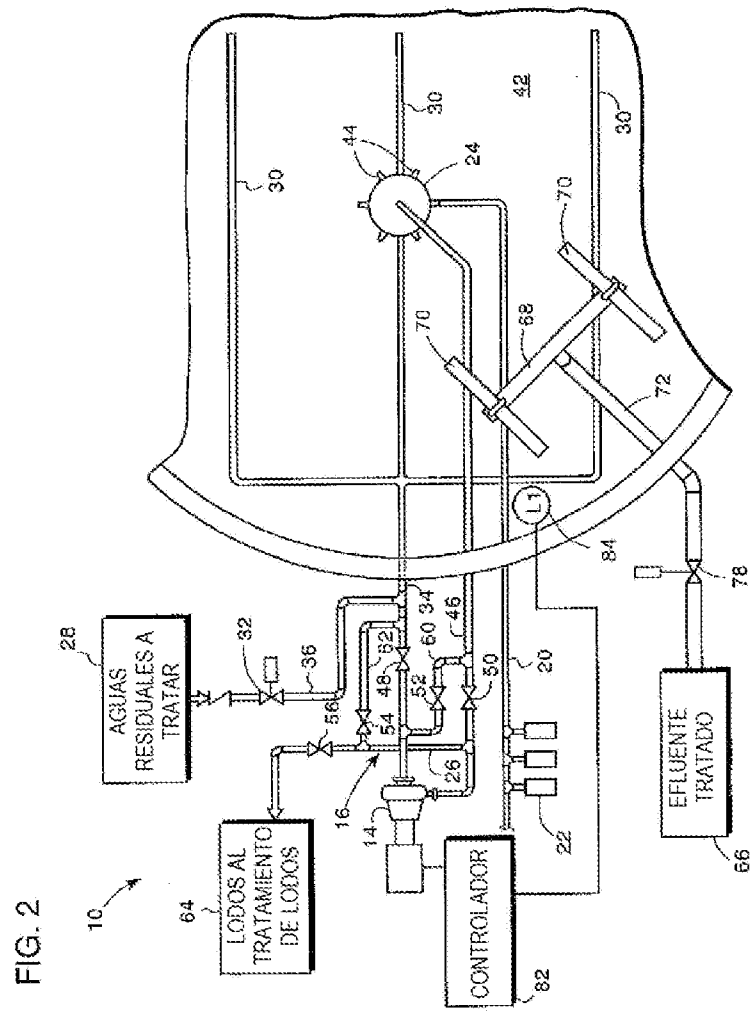


FIG. 3

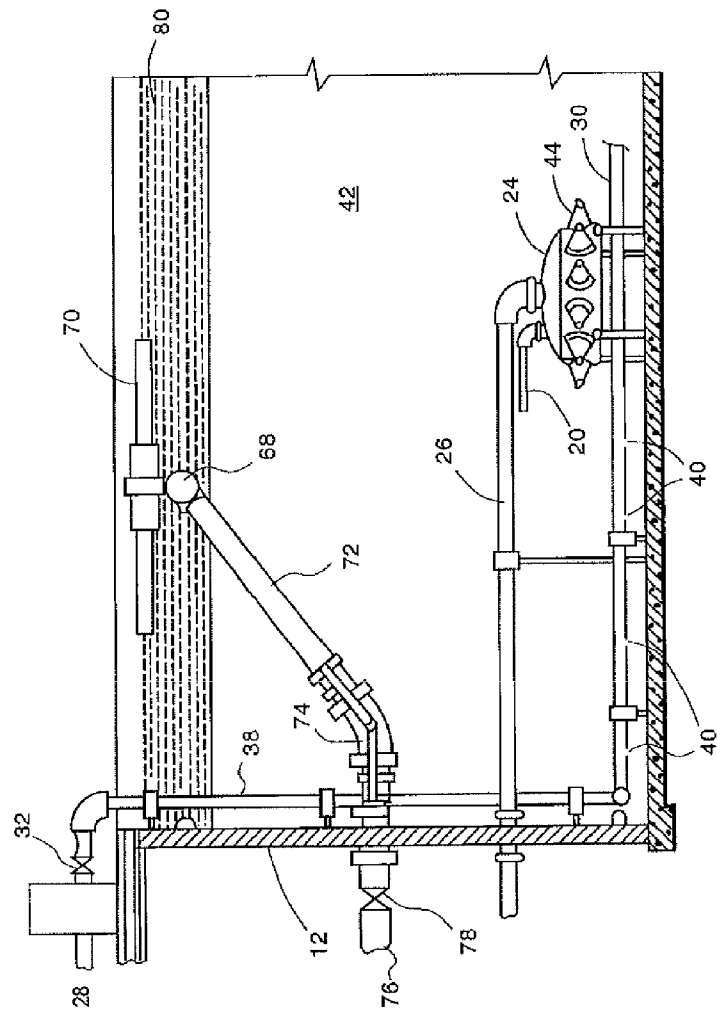
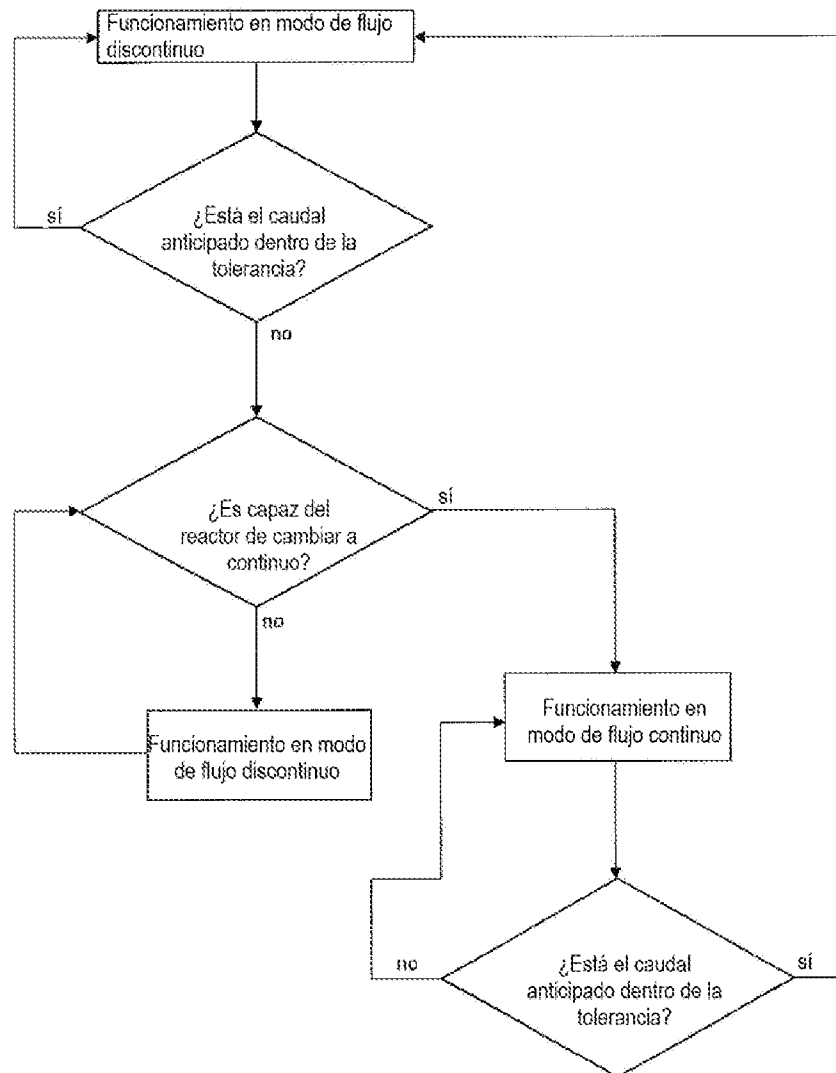


FIG. 4



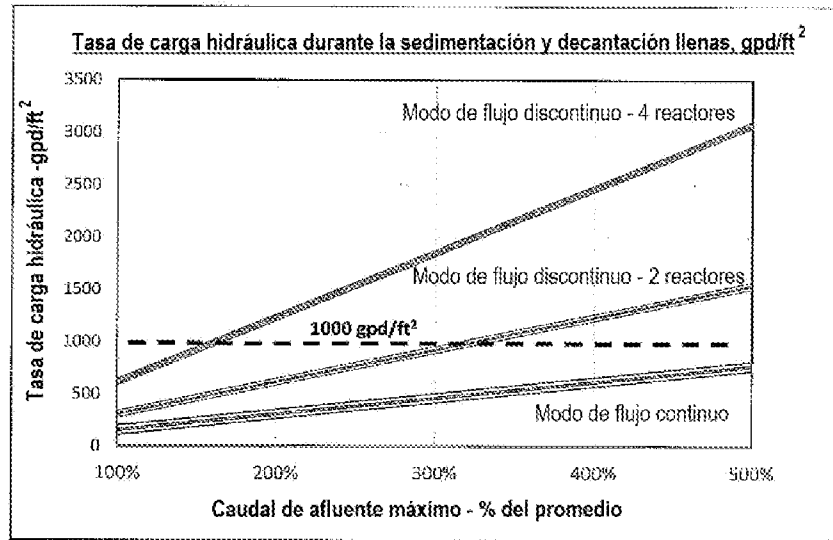


FIG. 5