

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 303**

51 Int. Cl.:
B01F 3/04 (2006.01)
C02F 3/26 (2006.01)
C02F 3/02 (2006.01)
C02F 3/24 (2006.01)
C02F 9/00 (2006.01)
C02F 103/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01959454 .8**
96 Fecha de presentación: **03.08.2001**
97 Número de publicación de la solicitud: **1313548**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.05.2003**

54 Título: **APARATO Y PROCEDIMIENTO PARA OXIGENAR AGUAS RESIDUALES.**

30 Prioridad:
04.08.2000 US 632530

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
12.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
12.03.2012

73 Titular/es:
THEROX, INC.
17500 CARTWRIGHT ROAD, SUITE 100
IRVINE, CA 92614-5846, US;
DYNAMOX, INC. y
WAYNE STATE UNIVERSITY

72 Inventor/es:
SPEARS, James, Richard;
CRILLY, Dr. Richard James;
RYDMAN, Ray;
GESSERT, James y
MYRICK, Steve

74 Agente/Representante:
Pons Ariño, Ángel

ES 2 376 303 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

Aparato y procedimiento para oxigenar aguas residuales

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a un sistema y procedimiento para enriquecer con gas el agua y, más particularmente, a un sistema y procedimiento para proporcionar grandes volúmenes de agua enriquecida en oxígeno para un depósito, tanque, estanque, corriente etc., para ayudar a satisfacer su demanda de oxígeno bioquímico.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Con esta sección se pretende introducir al lector en varios aspectos de la técnica que pueden estar relacionados con varios aspectos de la presente invención que se describen y/o reivindican más adelante. Se cree que esta discusión es útil para proporcionar al lector información básica para facilitar una mejor comprensión de los diversos aspectos de la presente invención. De acuerdo con esto, debe entenderse que estas afirmaciones se tienen que leer con esta luz y no como admisiones de la técnica anterior.

Cualquier canal natural tiene la capacidad de asimilar la materia orgánica. Cuando la carga de materia orgánica supera esta capacidad de asimilación, el recurso del agua está alterado por este motivo. Los residuos, sean humanos o industriales, se tratan para su liberación segura al medio ambiente. Por ejemplo, las aguas residuales de municipios y de industrias se tratan antes de que se liberen en canales, tales como ríos. En muchos casos, estos tratamientos aceleran el proceso de asimilación natural introduciendo oxígeno adicional en el proceso biológico de degradación de residuos.

La polución o la contaminación del agua es un problema serio en todo el mundo, particularmente en Estados Unidos. Varias fuentes de contaminación son responsables de la polución del agua, incluidas entidades industriales y municipales. Las entidades industriales pueden liberar residuos líquidos o de dos fases (líquidos/sólidos) indirecta o directamente al medioambiente, tal como a ríos o lagos, contaminando el suministro de agua y dañando el medio ambiente, los peces y la vida salvaje. La contaminación del aire también es un problema, particularmente la polución de aire industrial, porque los contaminantes transportados por el aire pueden ser recogidos por las precipitaciones y escorrentías en masas de agua. Los residuos industriales pueden incluir metales pesados, hidrocarburos, en general materiales tóxicos, y muchos otros contaminantes conocidos y desconocidos. Además, normalmente las aguas residuales y la polución del aire emiten un olor indeseable por los contaminantes, que puede ser un resultado de un insuficiente tratamiento de las aguas residuales o sistemas industriales ineficientes (p. ej., combustión ineficiente, reacciones o procesos químicos, etc.) que crean dichos contaminantes.

Los municipios también producen residuos considerables. Particularmente, los alcantarillados de desbordamiento combinados (CSO), los alcantarillados de desbordamiento sanitarios (SSO) y las descargas de aguas pluviales pueden crear problemas significativos. Las aguas residuales transportan bacterias, virus, protozoos (organismos parásitos), helmintos (gusanos intestinales) y bioaerosoles (mohos y hongos inhalables), entre muchos otros contaminantes. Las alcantarillas combinadas son residuos de sistemas de alcantarillado antiguos que usan una tubería común para recoger tanto el agua pluvial como las aguas residuales sanitarias. Durante los periodos de lluvias o de fusión de nieve, estas alcantarillas combinadas están diseñadas para desaguar directamente en corrientes cercanas, ríos, lagos o estuarios. Los SSO son descargas de aguas residuales de un sistema de recogida de alcantarillado sanitario distinto, que puede desaguar antes de alcanzar una planta de tratamiento de aguas residuales. Las alcantarillas sanitarias pueden desaguar por diversos motivos, tales como sistemas inadecuados o deteriorados, tuberías rotas o con fugas y/o lluvia o nieve excesiva que se filtra por las tuberías con fugas a través del suelo. Por último, la escorrentía pluvial se añade al problema, ya que los contaminantes se recogen en el camino hacia los ríos, corrientes, lagos o en alcantarillados combinados y sanitarios. El agua pluvial recoge contaminantes de fertilizantes, pesticidas, aceite y grasa de automóviles, residuos de gases de combustión, contaminantes aéreos, bacterias de animales, vegetación putrefacta y muchos otros contaminantes conocidos y desconocidos.

La contaminación del agua puede ser específica del sitio, como ocurre con muchas entidades industriales, o puede no ser específica de sitio, como ocurre con muchos CSO, SSO y escorrentías pluviales. Aunque la discusión se ha limitado a residuos industriales y municipales, la contaminación se puede producir por varias fuentes y acumulares de varias ubicaciones específicas y no específicas de sitio. Por ejemplo, los residuos agrícolas, pesticidas y fertilizantes crean contaminación del agua específica de sitio, tal como en estanques, corrientes, irrigación, aguas subterráneas y agua potable para animales y personas.

Hoy en día, el procedimiento de tratamiento más frecuente es la degradación biológica aeróbica, que usa microorganismos, habitualmente denominados "bichos", para biodegradar el agua. En una aplicación de tratamiento de aguas residuales, normalmente, la degradación biológica aeróbica implica un procedimiento de sedimentación por aireación/activada en el que se añade oxígeno a uno o más tanques que contienen las aguas residuales que se van a tratar. El oxígeno soporta a los microorganismos mientras degradan los compuestos en las aguas residuales.

Para permitir que los microorganismos crezcan y degraden los residuos y, en último término, reduzcan la demanda de oxígeno bioquímico (BOD), es decir la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos durante la estabilización de materia orgánica descomponible en condiciones aeróbicas, en el sistema de tratamiento deberá estar disponible suficiente oxígeno. En algunos sistemas se requiere oxígeno adicional para reducir también los niveles de nitrógeno en el efluente.

Normalmente, las plantas de tratamiento residual usan aireadores mecánicos o difusos para soportar el crecimiento de microorganismos. Normalmente, los aireadores mecánicos emplean una pala o propulsor colocado justo debajo de la superficie de un estanque, tanque u otro depósito, para inducir la entrada de aire en las aguas residuales mediante mezclado. En general, dichos mezcladores tienen costes de capital inicial relativamente bajos, pero a menudo requieren cantidades sustanciales de energía para funcionar.

Como alternativa, los aireadores con difusor introducen aire u oxígeno en las aguas residuales mediante soplado de burbujas de gas en el depósito, normalmente cerca de su fondo. Los aireadores con difusor, en función del diseño, pueden producir burbujas grandes o finas. Las burbujas grandes se producen a través de un difusor con agujeros más grandes y normalmente de un tamaño variable de 4 a 6 mm de diámetro o mayores. Por otro lado, las burbujas finas se producen a través de difusores con agujeros más pequeños y normalmente de un tamaño variable de 0,5 a 2 mm de diámetro. Normalmente, los aireadores con difusor tienen costes iniciales menores, así como menores costes de operación y mantenimiento que los aireadores mecánicos.

Los aireadores mecánicos y de difusor implican la eliminación de los compuestos orgánicos volátiles (COV) y contribuyen a problemas de olor al tiempo que se transfiere oxígeno en un estado gaseoso a aguas residuales líquidas, produciéndose la transferencia de oxígeno principalmente como resultado de la difusión a través de la barrera gas-líquido. Por ejemplo, en el caso de los aireadores con difusor usando oxígeno puro, la barrera gas-líquido está definida por las superficies externas de las burbujas de aire introducidas en el sitio del tratamiento. En general, los aireadores con burbujas finas son más eficientes que los aireadores con burbujas grandes y mecánicos debido a la mayor área de superficie total disponible para la transferencia de oxígeno que está asociada con las burbujas finas. El funcionamiento de la aireación con burbujas finas se degrada con el tiempo si no se usa un mantenimiento regular.

No obstante, todavía se necesita un aparato y procedimiento para oxigenar las aguas residuales más eficientes. Normalmente, las necesidades de las aguas residuales municipales crecen a medida que crece la población del municipio. Para satisfacer las crecientes necesidades, los municipios expanden las instalaciones de tratamiento de aguas residuales existentes o construyen instalaciones de tratamiento de aguas residuales adicionales. Cualquier opción requiere tierra adicional y equipos nuevos. Por tanto, se pueden ahorrar muchos gastos potenciando la eficiencia del funcionamiento de las instalaciones existentes en respuestas a la demanda creciente del tratamiento de aguas residuales.

Un proceso de tratamiento de aguas residuales municipales, por ejemplo, normalmente implica un proceso de tratamiento primario que, en general, incluye una selección y aclarado iniciales, seguido de un proceso de tratamiento biológico, en ocasiones denominado proceso de tratamiento secundario. Las aguas residuales que entran en el proceso de sedimentación activada pueden tener aproximadamente un sesenta por ciento de sólidos en suspensión, treinta por ciento de BOS y aproximadamente un cincuenta por ciento de patógenos eliminados en el tratamiento primario (aunque en algunos procesos se puede omitir la aclaración primaria de modo que los sólidos eliminados de otro modo estén disponibles como alimento de los microorganismos que trabajan en el proceso secundario).

Normalmente, el proceso de sedimentación activada consiste en uno o más tanques o pilas de aireación en los que se añade oxígeno al combustible de los microorganismos que degradan los compuestos orgánicos. Después de salir del (los) tanque(s) de aireación, el agua entra en un aclarador secundario en el que los sedimentos activados/microorganismos se asientan. Después de pasar por este proceso de sedimentación activada, el agua normalmente tiene aproximadamente un 90 % de los sólidos suspendidos y un 80-90 % del BOD eliminado. El agua está lista para tratamientos secundarios o terciarios más avanzados o para su retorno a un canal natural. Normalmente, la elección depende de los niveles del efluente y los reglamentos locales.

Como alternativa, el tratamiento de aguas residuales se puede producir en un reactor de secuenciación discontinua (SBR). En general, el tratamiento SBR es el mismo que un sistema de sedimentación activada, a excepción de que el proceso se realiza únicamente en un tanque, mientras que los sistemas de sedimentación activada pueden usar varios tanques. Los SBR pueden usarse como alternativa a un proceso de suspensión activada, en tratamiento secundario regular, o para procesos de tratamiento más avanzados, por ejemplo nitrificación/desnitrificación y eliminación de fósforo. Los SBR pueden procesar numerosos lotes al día. Normalmente, para aplicaciones industriales, los SBR procesan de uno a tres lotes al día, mientras que para aplicaciones municipales los BSR pueden procesar de cuatro a ocho lotes al día.

La operación de un SBR en general incluye cinco fases distintas: carga, reacción, sedimentación, decantación y reposo, aunque puede haber alternativas a estas fases en el SBR en función de las circunstancias implicadas en

una aplicación concreta. En la fase de carga, las aguas residuales entran en el tanque reactor a través de un puerto cerca del fondo de la pila, después de lo cual se cierra la válvula de entrada. La aireación y mezclado pueden comenzar durante la carga. En la fase de reacción, la entrada se cierra y la aireación y mezclado continúa o comienza. En la fase de sedimentación, los sólidos restantes precipitan en el fondo de la pila. En la fase de decantación se retira el fluido de la superficie de la pila mediante un decantador. Durante este tiempo, los sedimentos precipitados también se pueden retirar. En la fase de reposo, el reactor espera un nuevo lote de aguas residuales, normalmente con una porción de la biomasa en la pila para proporcionar alimento a los microorganismos en el lote siguiente.

- 10 Los propietarios y técnicos de las plantas de tratamiento de aguas residuales a menudo buscan modos de disminuir los costes de seguir cumpliendo las legislaciones locales, estatales y/o federales que regulan dichas plantas. Un modo de reducir costes de funcionamiento ha sido aplicar medidas de conservación de la energía para conseguir menores costes de mantenimiento y de operación. Un objetivo concreto ha sido la considerable electricidad y otros costes de energía asociados con el funcionamiento de los sistemas convencionales para airear las aguas residuales.
- 15 La aireación puede representar más de la mitad del consumo de energía para el tratamiento de aguas residuales municipales. No obstante, a pesar del objetivo pasado de mejorar los sistemas de liberación de oxígeno para proporcionar mayores niveles de oxígeno a las aguas residuales de un modo más eficiente, sigue existiendo la necesidad de mejoras adicionales, es decir un aparato y procedimiento para liberar grandes cantidades de oxígeno junto con aplicaciones para tratamiento de aguas residuales. Además, se necesita un aparato y procedimiento flexibles para el tratamiento de aguas con el fin de abordar de un modo adecuado la polución de aguas no específica de sitio, por ejemplo la polución de agua en corriente resultante de CSO, SSO y de aguas de escorrentía pluvial, y aplicaciones especiales y/o menores, tales como el control de aguas residuales y del olor en granjas.

El documento EP 0 328 035 A divulga un conjunto de enriquecimiento de gas que comprende un vaso que recibirá aguas residuales en la parte superior del mismo y una bomba de extracción de aguas residuales del vaso y que recibirá ozono a partir de un generador de ozono. Las aguas residuales tratadas son expulsadas de la bomba y suministradas a un lateral inferior del vaso.

El documento US 3 761 065 divulga un aparato para el contacto de gas-líquido y un procedimiento correspondiente para airear las masas de agua sin oxígeno. El aparato comprende una cámara de pulverización primaria que tiene una boquilla para líquido y una cámara de pulverización secundaria en la que el líquido entra en contacto con el gas.

El documento EP 0 238 773 A divulga un aparato para la oxigenación de agua dispuesto sobre un cuerpo flotante y que comprende un conducto de succión para extraer el agua de una masa de agua mediante una bomba impulsada por un motor diésel, un tanque de oxígeno para oxígeno líquido, un medio de gasificación para gasificar el oxígeno líquido suministrado por el tanque de oxígeno, un reactor para recibir agua de la bomba así como oxígeno gaseoso del medio de gasificación. El agua se atomiza dentro del reactor cayendo desde la parte superior del reactor e impactando contra el fondo del reactor, de modo que se mezclan el agua y el oxígeno. El agua oxigenada se vuelve a introducir en la masa de agua mediante un conducto a presión y un colector de distribución.

El documento WO 96/01593 divulga un aparato para liberar un fluido supersaturado de gas a un sitio con depleción de gas, que comprende canales adecuados en el extremo distal del sistema con el fin de evitar un efecto de cavitación en o cerca de un puerto de salida.

El documento EP 0 244 954 A divulga un dispositivo de contacto líquido-gas, que comprende una columna empaquetada montada sobre un tanque de compensación. El agua se suministra a la columna empaquetada a través de una tubería. El oxígeno o el agua oxigenada se introducen a través de una tubería para gas. El agua oxigenada se recoge en el tanque de compensación y se libera a través de una tubería.

50 **Resumen de la invención**

La presente invención puede abordar uno o más de los problemas indicados anteriormente. Ciertos posibles aspectos de la presente invención se indican más adelante como ejemplos. Debe entenderse que estos aspectos se presentan simplemente para proporcionar al lector un breve resumen de ciertas formas que podría tomar la invención y que no se pretende que estos aspectos limiten el alcance de la invención. De hecho, la invención abarca un aparato que tiene las características divulgadas en la reivindicación 1, un procedimiento que tiene las características divulgadas en la reivindicación 11 y una instalación para el tratamiento de aguas residuales que tiene las características divulgadas en la reivindicación 15. En las reivindicaciones adjuntas se definen realizaciones preferidas.

Se proporciona un sistema para transferir gas a fluidos. En una realización, el sistema es un conjunto para liberar oxígeno en aguas residuales. El sistema incluye un conjunto de oxigenación que incluye una cámara presurizable que recibe agua de un conjunto de suministro de fluidos y gas oxígeno de un conjunto de suministro de gas oxígeno. De forma ventajosa, el gas oxígeno suministrado presuriza y mantiene la cámara a una presión superior a la presión atmosférica (p. ej., 2 MPa). De forma ventajosa, el agua entra en la cámara a través de un conjunto de atomizador que forma gotas de agua dentro de la cámara. A medida que las gotas de agua entran en la cámara, el oxígeno se

difunde en las gotas, que se recogen como un conjunto de agua enriquecida con oxígeno en la parte inferior de la cámara. El agua enriquecida con oxígeno se extrae de la cámara y se libera a través de una manguera en un centro de tratamiento.

- 5 Debe entenderse que el agua que se va a enriquecer con oxígeno puede ser agua relativamente limpia de un suministro de agua, tal como un tanque, estanque, lago, corriente o río. Una vez que esta agua relativamente limpia se enriquece con oxígeno, se puede añadir a las aguas residuales para elevar el nivel de oxígeno de las aguas residuales. Como alternativa, el agua que se va a enriquecer con oxígeno puede ser aguas residuales desgrasadas procedentes del tanque de tratamiento. Las aguas residuales desgrasadas se filtran para prevenir la obstrucción del sistema y, después, el agua residual filtrada se enriquece con oxígeno y se devuelve al tanque para aguas residuales para elevar los niveles de oxígeno de las aguas residuales en el tanque.

De forma ventajosa, el extremo distal de la manguera incluye o se acopla a una boquilla de liberación que incluye uno o más capilares a través de los cuales pasa el efluente de agua enriquecida con oxígeno. Los capilares pueden dimensionarse a una longitud y un diámetro adecuados para un caudal deseado, una concentración de oxígeno deseada y otras características del flujo, tal como un flujo sustancialmente laminar y sin burbujas. Los capilares están hechos, de forma ventajosa, de sílice y pueden dimensionarse a una longitud de aproximadamente 6 cm y a un diámetro interno de aproximadamente 150 a 450 micrómetros. Como alternativa, los capilares se pueden construir a partir de varios metales, aleaciones, cristales, plásticos/polímeros, cerámicas u otros materiales adecuados. Para un caudal de agua enriquecida con oxígeno de aproximadamente 1,5 gal/min (= 5,7 l/min) a aproximadamente 300 p.s.i (= 2 MPa), es particularmente ventajosa una boquilla de liberación que incluya aproximadamente 450 de estos capilares. Los capilares tienden a estabilizar el agua enriquecida con gas durante su liberación en líquidos huésped a presión ambiental. Como resultado, la nucleación y formación de burbujas en el efluente durante la expulsión del capilar y el mezclado con el líquido huésped, es mínima o ausente a pesar de las presiones parciales de gas potencialmente altas del oxígeno disuelto en el efluente. Por tanto, con este enfoque para oxigenar líquidos huésped, tales como aguas residuales, se puede conseguir una transferencia de oxígeno de eficiencia extremadamente alta, que se acerca o incluso iguale al 100 por cien.

Como alternativa, el agua enriquecida con oxígeno se puede liberar en un sitio de tratamiento mediante una manguera acoplada a un sistema de boquilla de liberación con base de placa. La boquilla con base en placa incluye una o más placas que tienen una pluralidad de canales formados en su interior. El perfil transversal de los canales puede tener una diversidad de formas, por ejemplo circular, cuadrada, rectangular, ovalada, triangular etc. De forma ventajosa, los canales de cada placa se extienden a lo largo de una porción de la superficie superior de la placa desde un orificio en la placa (que de forma ventajosa se extiende entre las superficies superior e inferior de la placa) hasta el borde de la placa. Las placas están dispuestas encima unas de otras de modo que la superficie inferior de una placa coincide con la superficie superior de una placa adyacente para crear rutas de fluido entre placas adyacentes. Además, colocando una placa inferior sin un orificio debajo de una pila de placas y colocando una placa superior que incluye un puerto adaptado para acoplarse a la manguera en la parte superior de la pila, se forma una cámara dentro de la pila para recibir el agua enriquecida con oxígeno desde la manguera y proporcionar el agua enriquecida con oxígeno a cada una de las rutas de fluido para liberación al centro de tratamiento.

En función de las circunstancias implicadas en una aplicación concreta se puede usar una serie de geometrías diferentes para el sistema de boquilla con base de placa. Las placas pueden tener cualquier tamaño o forma adecuada, en función de la aplicación implicada. Los canales se pueden extender en cada placa a cualquiera de los laterales de la placa, de modo que el agua enriquecida con oxígeno se pueda liberar en cualquier dirección. Además, las superficies adyacentes de dos placas pueden tener canales formados en ellas para crear una geometría deseada de la ruta de fluido cuando las superficies de la placa entran en contacto entre sí, mediante, por ejemplo, alineación de los canales en dos placas distintas.

Una realización alternativa del sistema de boquillas de liberación basadas en placas puede emplear una o más placas cónicas para crear una matriz anular de rutas para el fluido. Las placas cónicas tienen una pluralidad de canales, que se extienden linealmente a lo largo de una superficie interna o externa entre un extremo pequeño y ancho de las placas cónicas. Las placas cónicas se apilan en serie de modo que la superficie externa de una placa cónica se dispone dentro de la superficie interna de otra placa cónica, creando de este modo una matriz anular de rutas para fluido entre las placas cónicas adyacentes. Después, las placas cónicas están truncadas en un extremo para proporcionar una posición de entrada común para el agua enriquecida en oxígeno y están configuradas de modo tal que el extremo opuesto forma una superficie de salida deseada (es decir, cónica, cóncava, plana etc.). El diseño de la placa cónica puede simplificar de forma ventajosa el conjunto, a medida que el flujo de agua enriquecida en oxígeno fuerza el contacto entre las placas cónicas durante el uso y puede simplificar la limpieza, ya que el flujo de agua inversa se puede usar para separar y limpiar las placas cónicas.

Colocando una o más boquillas de liberación en el centro de tratamiento, los niveles de oxígeno en el centro pueden, de forma ventajosa, mantenerse o aumentarse liberando agua enriquecida en oxígeno en el centro. Por ejemplo, en un reactor de tratamiento de aguas residuales, se puede añadir agua enriquecida en oxígeno a los contenidos del reactor como ayuda de soporte de la actividad de degradación biológica, reducir la demanda de oxígeno bioquímico etc. De forma ventajosa, el agua usada para suministrar el fluido enriquecido con oxígeno, el sistema de suministro

se filtra para minimizar el riesgo de que la boquilla de liberación se obstruya con materia particulada. El agua usada para suministrar al sistema puede proceder de cualquier fuente, por ejemplo una fuente de agua municipal; un río, lago u otro depósito; el efluente de agua tratada de una operación de tratamiento de aguas residuales; el suministro de aguas residuales que se va a tratar etc.

5

Dado que gran parte del oxígeno proporcionado a un centro de tratamiento está en forma de agua enriquecida en oxígeno que tiene niveles altos de oxígeno disuelto, la oxigenación del centro se produce rápidamente ya que el agua enriquecida en oxígeno se mezcla con el agua residual. De forma ventajosa, la liberación del agua enriquecida en oxígeno se produce con mínima formación de burbujas, de modo que se consiguen eficiencias de oxigenación que sobrepasan las eficiencias obtenibles con aireadores comercialmente disponibles. Por tanto, el sistema proporcionado de forma ventajosa se puede usar para sustituir o suplementar equipo de aireación convencional.

10

Aunque se han divulgado numerosas realizaciones para tratar agua contaminada, se contemplan muchas modificaciones para abordar aplicaciones de tratamiento específico de aguas residuales que requieren enriquecimiento con gas. Siempre que se requiera aireación de agua para tratar aguas residuales, las realizaciones divulgadas, o versiones modificadas de las mismas, escaladas para producir un caudal deseado de oxígeno y agua enriquecida en aire, pueden incrementar de forma ventajosa el contenido en oxígeno de las aguas residuales. En comparación con las técnicas de aireación convencionales, que usan difusión entre la interfaz líquido/gas (es decir, burbujas), las realizaciones divulgadas son eficientes, de forma ventajosa, en la transferencia de líquidos huésped con depleción de gas, al tiempo que proporcionan un control relativamente bueno del nivel del gas disuelto en el líquido huésped. Adicionalmente, las realizaciones divulgadas pueden reducir, de forma ventajosa, olores de las aguas residuales y de los gases aplicados a las aguas residuales (p. ej., mediante tratamiento más eficaz y/o reduciendo la cantidad de gas que escapa, o con burbujas, al medioambiente).

15

20

25

Reconociendo estas ventajas, entre muchas otras, se pueden usar varias realizaciones para tratamiento de agua en centros agrícolas y de acuicultura. Por ejemplo, las granjas de animales, particularmente las granjas de cerdos, generan residuos considerables en un área concentrada, lo que hace un problema de la gestión de residuos, el control del olor y la contaminación del agua. Cuando se cultivan cosechas, los fertilizantes y pesticidas pueden contaminar el agua de las cosechas y la tierra con precipitaciones. Estos problemas de la calidad del agua se mezclan con los problemas de olor, las técnicas de aireación estándar contribuyen al problema. De forma similar, los tanques marinos, las granjas de pescado y las piscifactorías normalmente concentran la vida marina en un tanque, una piscina o una masa de agua relativamente pequeño, en el que la calidad y la oxigenación del agua pueden convertirse en un problema. En aplicaciones especializadas como estas, estas técnicas de tratamiento convencionales pueden ser insuficientes, demasiado costosas o generalmente indeseables, las realizaciones divulgadas proporcionan de forma ventajosa una solución flexible y potencialmente económica para el tratamiento del agua. Para reducir los costes se puede usar aire atmosférico o aire comprimido en lugar de oxígeno puro. Por ejemplo, puede ser más económico usar un compresor de aire en el que el aparato se usa para airear grandes masas de agua, tales como ríos, estanques y lagos. Las realizaciones divulgadas pueden también diseñarse como, o retroajustarse a, un sistema de despliegue móvil que puede desplazarse de un centro de tratamiento a otro. El sistema de despliegue móvil puede montarse de un modo que se pueda separar o de un modo fijo en un camión, un tráiler, una barca u otra embarcación, una aeronave, como un helicóptero, carros como se ha divulgado anteriormente, o en cualquier unidad razonablemente móvil. Un sistema móvil como este sería flexible y bastante ventajoso para aplicaciones que no son específicas de centro y/o de urgencia.

30

35

40

45

Diversas aplicaciones pueden requerir gases alternativos, aparte de aire u oxígeno, para abordar contaminantes específicos, purificar el agua o las aguas residuales, o, en general, para conseguir propiedades deseadas del agua o las aguas residuales. Por ejemplo, en algunos birreactores se usan bacterias anaerobias para sintetizar compuestos orgánicos, con monóxido de carbono disuelto como fuente de carbono. Al contrario que el dióxido de carbono, tanto el monóxido de carbono como el oxígeno son solo moderadamente solubles en agua. Como resultado, las técnicas convencionales, tales como introducción de burbujas o mezclado, pueden no proporcionar suficiente monóxido de carbono para seguir el ritmo de la capacidad metabólica de las bacterias anaerobias. En contraste con ello, un sistema modificado que aplica las realizaciones divulgadas en el presente documento podría enriquecer el agua o las aguas residuales con monóxido de carbono a una eficiencia de transferencia relativamente alta, de modo que alcanza de forma ventajosa el 100 por cien.

50

55

Las realizaciones divulgadas también reducen la pérdida de gas, que puede ser costosa e indeseable en muchas aplicaciones. Las técnicas convencionales a menudo implican introducir burbujas de gas en un líquido, que proporcionan una transferencia mínima del gas al líquido y una pérdida considerable de gas a medida que las burbujas de gas salen del líquido. Las técnicas divulgadas actualmente proporcionan una transferencia eficiente del gas al líquido y lo hacen en aislamiento del líquido huésped, es decir un medioambiente de agua huésped, tal como un estanque, un depósito etc., y extraer los VOC y los olores. Siempre que no se supere el límite de solubilidad en el agua huésped, las burbujas se eliminan esencialmente y sólo se libera en el agua huésped agua enriquecida con gas. Además el índice de transferencia depende principalmente del caudal a lo largo de las realizaciones divulgadas, en lugar de las técnicas convencionales limitantes de la velocidad de difusión relativamente lenta. La reducción considerable de las burbujas y la mejora de la transferencia del gas al líquido también es ventajosa para controlar olores indeseables, causados parcialmente por las aguas residuales y debidos parcialmente a los olores del gas (p.

60

65

ej., en técnicas convencionales, en las que los gases alternativos se introducen en burbujas en las aguas residuales) de la transferencia incompleta del gas al líquido.

De acuerdo con esto, realizaciones alternativas pueden emplear de forma eficaz gases tales como ozono, monóxido de carbono, gas cloro, gas inerte u otros gases útiles. Por ejemplo, se puede usar ozono para desinfectar o esterilizar un líquido, tal como agua, oxidando los contaminantes del líquido. Los contaminantes, tales como plomo y cianuro, entre otros, se pueden extraer de forma eficaz con ozono de un líquido e introducir en un compuesto insoluble, mientras que cualquier exceso del proceso de ozonación se reduce, en general, a oxígeno normal. El ozono se puede usar para reducir la contaminación y los residuos implicados en el procesamiento y producción de materiales, tales como anodización de aluminio, reticulación de polímeros sintéticos y fibras naturales tales como colágeno, y procedimientos de blanqueo encontrados en la producción de papel. En el procedimiento de anodización, se pudieron usar disolventes saturados con ozono en lugar de ácidos, de modo que se reduce la toxicidad de los materiales residuales. Como ejemplo adicional, el agua enriquecida con hidrógeno se puede usar para potenciar la degradación de disolventes clorados en aguas subterráneas. Como alternativa, el agua enriquecida con gases alternativos, tales como ozono, cloro o gases "tóxicos" para ciertos organismos, se pueden emplear en masas abiertas de agua para tratar problemas específicos, tales como la erradicación de moluscos cebra que obstruyen los conductos de ventilación del agua en los Grandes Lagos.

Dado que las realizaciones permiten la liberación de un líquido altamente enriquecido con un gas que se va a liberar en un medioambiente huésped sin nucleación inmediata en el efluente de las boquillas, la concentración de gas en el medioambiente huésped, sea un depósito vacío o un líquido huésped, se puede elevar a niveles hiperbáricos. Como resultado, ahora son posibles numerosas aplicaciones que se aprovechan de este efecto. A continuación siguen varios ejemplos.

En el tratamiento de aguas residuales, el incremento de la concentración de aire u oxígeno del líquido huésped a concentraciones de gas hiperbáricas tiene como resultado una nucleación heterogénea en el líquido huésped. Normalmente, la nucleación tiene lugar sobre partículas suspendidas, incluidas las de tamaño microscópico. El crecimiento de burbujas sobre estas partículas tiene como resultado la flotación de las partículas, a medida que son transportadas hacia arriba por la flotabilidad de las burbujas, hacia las capas o la superficie superiores del líquido huésped. Desgrasar la superficie del líquido huésped se puede usar después para eliminar las partículas. Este procedimiento es más eficiente que simplemente introducir burbujas en el líquido huésped, por ejemplo una placa difusora de aireación en el fondo del líquido huésped. Las burbujas preformadas no se fijarán a las partículas pequeñas con una eficiencia comparable a la ventajosa eficiencia del procedimiento de nucleación heterogénea proporcionado por las presentes realizaciones.

El uso de las realizaciones para incrementar la concentración de oxígeno del líquido huésped a niveles hiperbáricos es ventajoso en numerosos procesos de oxidación. Por ejemplo, la eliminación de metales pesados y sulfuros en agua contaminada, que se puede iniciar con la adición de un peróxido, se puede potenciar mediante concentraciones altas de oxígeno en el agua, como proporcionan las realizaciones, de modo que se reduce la necesidad del peróxido. Esto es una ventaja, ya que el peróxido sobrante es tóxico para los organismos biológicos.

En muchas aplicaciones de birreactores, en los que levaduras, hongos o bacterias requieren oxígeno para producir un producto o resultado deseado, la capacidad para producir niveles altos de oxígeno en el líquido huésped incrementaría el rendimiento del producto o el resultado. El birreactor podría soportar una concentración más alta del organismo y cuando la tasa de formación del producto depende de la concentración de oxígeno, la velocidad aumentará con los niveles mayores de oxígeno proporcionados por las realizaciones. En esta solicitud, el nivel alto de oxígeno se ajustaría para que estuviera debajo del nivel que tiene como resultado una excesiva nucleación y formación de espuma.

En los bioreactores anaerobios se puede usar monóxido de carbono como fuente de carbono para la biosíntesis de moléculas orgánicas. Aplicando las realizaciones, se pueden conseguir niveles altos de monóxido de carbono, incluidos niveles hiperbáricos, en el líquido huésped, de modo que se puede acelerar la velocidad de reacción del bioproducto. Un incremento en la velocidad de la reacción haría el procedimiento más eficiente y más económico.

En la industria de las bebidas, un nivel alto de supersaturación de la bebida con un gas, tal como dióxido de carbono, a menudo es deseable. Las realizaciones se pueden usar para dispensar una bebida altamente supersaturada con un gas, tal como dióxido de carbono, aire u oxígeno. El líquido enriquecido con gas se puede dispensar bien como agua enriquecida con gas que se mezcla con un jarabe normal, o como la bebida enriquecida con gas final. En comparación con el uso de los dispensadores normales, la bebida enriquecida con gas proporcionada por las realizaciones tendrá menos espuma y conservará el nivel alto de gas durante un periodo de tiempo mayor. Menos espuma también acelerará el llenado de un vaso o una copa de bebida.

En la industria de los balnearios y en hogares, las realizaciones se pueden usar para liberar agua con un nivel alto de supersaturación de gases, como se proporcionan en un baño o en una ducha. El gas más económico es el aire, pero se puede usar aire enriquecido con oxígeno u oxígeno puro para proporcionar niveles altos de oxígeno en contacto con la piel. Niveles altos de oxígeno pueden ser útiles para potenciar la síntesis de colágeno, reducir la

hipoxia de la piel y para la muerte por oxidación de los microorganismos. Además, la fina efervescencia que se produce en el agua en contacto con la piel proporciona una sensación estimulante única. Además del aire y el oxígeno, también se pueden usar niveles altos de dióxido de carbono para algunas aplicaciones en las que es deseable la vasodilatación de los vasos de la piel. Una mezcla de gases, como dióxido de carbono y oxígeno, también puede ser beneficiosa en algunos casos.

Existen otros numerosos ejemplos, en los que se puede conseguir y de manera ventajosa un nivel elevado de gas en un líquido huésped a presión ambiental con cada realización. Por ejemplo, el agua enriquecida con aire puede potenciar la limpieza con chorro de agua de superficies y puede facilitar la formación de nieve a temperaturas superiores a 0°C, y se puede usar agua enriquecida con un gas inerte, como nitrógeno o dióxido de carbono, para extinguir de un modo más eficaz un fuego.

Las realizaciones se pueden usar con una amplia variedad de líquidos. Por ejemplo, los combustibles líquidos, tales como alcoholes, petróleos, gasolina u combustible diésel, se pueden enriquecer con oxígeno y, cuando se liberan a través de un orificio pequeño, las posteriores combustión y oxidación del combustible serán más completas. La presencia de oxígeno en el combustible puede actuar como catalizador y/o la combustión puede proceder a una temperatura más alta. Además de la presencia de oxígeno en el combustible (la solubilidad del oxígeno en los combustibles es mucho mayor que para el agua), la producción de una neblina fina a partir de un orificio pequeño se puede usar para producir burbujas microscópicas suspendidas en un ambiente gaseoso (p. ej., aire). Se producen microburbujas cuando el líquido se rompe primero en pequeñas gotas y la nucleación de gas en cada gota produce una microburbuja. La piel fina de combustible que comprende la pared de la microburbuja proporciona un área de superficie muy ancha para facilitar una combustión del combustible más completa. Como resultado, aumentará la eficiencia del combustible y se reducirá la emisión de reactivos, productos y partículas indeseables.

Deberá ser evidente que las realizaciones también se pueden usar para potenciar cualquier reacción química o biológica, en la que un nivel alto de gas dentro de un líquido es ventajoso a presión ambiental. Además de los líquidos habituales, las fusiones líquidas de sólidos, tales como polímeros y metales, se pueden enriquecer con un gas con el uso de las realizaciones.

30 **Breve descripción de las figuras**

Otros objetos y ventajas de la presente invención pueden ser evidentes tras la lectura de la siguiente descripción detallada y después de hacer referencia a las figuras adjuntas en las que:

La FIG.1 es un diagrama esquemático que ilustra una realización de ejemplo de un sistema para oxigenar aguas residuales, incluyendo un sistema de suministro de fluidos enriquecido con oxígeno de acuerdo con la presente invención.

La FIG.2 es un diagrama esquemático que ilustra una realización de ejemplo de un sistema de suministro de fluidos enriquecido con oxígeno de acuerdo con la presente invención.

La FIG.3 es un diagrama esquemático que ilustra una realización de ejemplo de un sistema de suministro que incluye un carro de suministro de fluidos de ejemplo de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 4 es una vista transversal de un conjunto de oxigenación de ejemplo de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 5 es una vista transversal de un conjunto de oxigenación de ejemplo alternativo que no entra dentro del alcance de la presente invención.

La FIG. 6A es una vista desde el extremo de una realización de una boquilla de liberación de fluido enriquecido con gas.

La Fig. 6B es una vista transversal lateral de la boquilla de la FIG. 6A.

La FIG. 7 es una vista desde un extremo de una realización alternativa de una boquilla de liberación de fluido enriquecido con gas, junto con una vista agrandada de una porción de la boquilla.

Las FIGS. 8A-E ilustran otra realización alternativa de una boquilla de liberación de fluido enriquecido con gas, particularmente ilustra una boquilla con base de placas.

Las FIGS. 9A-F ilustran geometrías de canales de ejemplo que se pueden usar junto con una boquilla con base de placas, tal como la boquilla mostrada en las FIG. 8A-E.

La FIG. 10 ilustra un conjunto de pinzamiento de ejemplo que se puede usar junto con una boquilla con base de placas, tal como la boquilla mostrada en las FIG. 8A-E.

La FIG.11 ilustra una planta de tratamiento de aguas residuales que usa un sistema para oxigenar aguas residuales, incluyendo un sistema de suministro de fluidos enriquecido con oxígeno de acuerdo con la presente invención.

5

Descripción detallada de realizaciones preferidas

La siguiente descripción ilustra ciertas realizaciones o formas específicas que representan varios aspectos de la presente invención.

10

A efectos de claridad, en la presente memoria descriptiva no se describen todas las características de una implementación real. Debe apreciarse que, en relación con el desarrollo de cualquier realización real de la presente invención, se pueden tomar muchas decisiones específicas de la solicitud para conseguir objetivos específicos, que pueden variar de una aplicación a otra. Además, debe apreciarse que cualquiera de estos esfuerzos de desarrollo podría ser complejo y requerir tiempo, pero seguiría siendo rutinario para los expertos en la técnica que se benefician de la presente divulgación.

15

Con fines de claridad y conveniencia, las diversas realizaciones se describen en el presente documento en el contexto de aplicaciones que, en general, implican el tratamiento de aguas residuales municipales, incluido el tratamiento de CSO, SSO y descargas de aguas pluviales. No obstante, la presente invención puede ser útil en otras aplicaciones, tales como el tratamiento de aguas residuales industriales, por ejemplo en las industrias del petróleo, alimentos, pulpa y papel, y acero; tratamiento de aguas residuales y/o restauración de lagos y corrientes; tratamiento de aguas residuales químicas, tratamiento de aguas residuales de vertederos, tratamiento de aguas subterráneas; desinfección de agua de bebida con ozono, tratamiento de agua para agricultura o acuicultura, control del olor (p. ej., en granjas) etc. Asimismo, aunque el presente sistema se puede usar para elevar los niveles de gases, tales como, por ejemplo, el oxígeno, en agua u otros fluidos, a efectos de claridad y conveniencia, en el presente documento se hace referencia sólo a aplicaciones de aguas residuales.

20

25

Debe entenderse que el gas suministrado por el conjunto de suministro de gas que se describe más adelante puede incluir oxígeno, ozono, monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno, nitrógeno, aire, gas cloro y/u otros gases de tratamiento, mientras que el conjunto de enriquecimiento de gas que se describe más adelante incluye, de forma ventajosa, un conjunto de absorción de gas capaz de elevar el contenido del gas disuelto del fluido proporcionado por el conjunto de suministro de fluidos que se describe más adelante. No obstante, de nuevo a efectos de claridad y concisión, el uso del gas oxígeno se tratará principalmente en el presente documento a modo de ejemplo.

30

35

Volviendo ahora a las figuras, se proporciona un sistema de tratamiento de aguas residuales en el que, como se muestra en la figura 1, las aguas residuales entrantes se liberan en un reactor 10 para el tratamiento primario. De forma ventajosa, las aguas residuales incluyen microorganismos para llevar a cabo un procedimiento de degradación biológica aeróbica. Como soporte de la actividad de los microorganismos, las aguas residuales se oxigenan. Para proporcionar dicha oxigenación se ilustran un sistema de aireación convencional 20, por ejemplo un mezclador o difusor, y un sistema de suministro de fluidos enriquecidos con oxígeno 30, aunque debe entenderse que el sistema de suministro de fluidos 30 puede usarse solo o junto con el sistema de aireación convencional 20. De forma ventajosa, el sistema 30 o los sistemas 20 y 30 se operan para cumplir el BOD para el reactor 10. Después de la selección y aclarado inicial, las aguas residuales del reactor 10 normalmente se transfieren a un aclarador secundario 40 para su posterior tratamiento. Se puede usar un segundo sistema de suministro de fluidos enriquecidos con oxígeno 50, de nuevo solo o junto con un sistema de aireación convencional (no mostrado en la Figura 1), para elevar o mantener los niveles de oxígeno en el aclarador 40 para soportar la actividad de los microorganismos. Tras un procesamiento suficiente para alcanzar niveles predeterminados de sólidos suspendidos y BOD, el agua tratada del sobrenadante se elimina como efluente y todo, o parte, de los sedimentos de residuos precipitados se retira para su eliminación, devolviendo todos los sedimentos sobrantes al reactor 10 para unirse a un nuevo lote de flujo entrante para tratamiento.

40

45

50

Como se muestra en la Figura 2, una realización de ejemplo de un sistema de suministro de fluidos enriquecidos con oxígeno 30 incluye un conjunto enriquecedor de gas, tal como un conjunto de oxigenación 60, acoplado operativamente a un conjunto de suministro de gas, tal como un conjunto de suministro de gas oxígeno 70, y un conjunto de suministro de fluidos 80. El conjunto de oxigenación 60 incluye de forma ventajosa un conjunto de absorción de oxígeno capaz de elevar el contenido en oxígeno disuelto del fluido proporcionado por el conjunto del suministro 80. El fluido enriquecido con oxígeno que sale del conjunto de oxigenación 60 se proporciona, de forma ventajosa, a un conjunto de liberación 90 de fluido enriquecido con oxígeno para transferir a un sitio de tratamiento predeterminado.

55

60

Los niveles de oxígeno disuelto del fluido se pueden describir de varias formas. Por ejemplo, los niveles de oxígeno disuelto se pueden describir en términos de la concentración de oxígeno que se conseguiría en una solución saturada a una presión parcial de oxígeno (pO_2) dada. Como alternativa, los niveles de oxígeno disuelto se pueden describir en términos de miligramos de oxígeno por litro de fluido o en términos de partes por millón de oxígeno en el

65

fluido.

Como se muestra en la Figura 3, una realización montada del modo actual de un conjunto de suministro de fluido enriquecido con oxígeno 30 incluye un carro de suministro de fluidos 100 acoplado operativamente a un carro de oxigenación 200. Los carros 100 y 200 soportan varios componentes respectivos del sistema 30 y demuestran que el sistema 30 puede ser lo bastante pequeño como para ser móvil. Por supuesto, el tamaño real del sistema 30 y la movilidad o falta de ella del sistema 30 dependerán, principalmente, de los requisitos de una implementación dada. Por ejemplo, si el sistema 30 fuera a usarse como el único medio para airear un reactor 10 en una instalación de aguas residuales municipal, probablemente sería incorporado como un accesorio en el centro. No obstante, si el sistema 30 fuera a usarse para airear estanques o como aireador complementario en una instalación de aguas residuales industriales o municipales, puede ser ventajoso montar los diversos componentes del sistema 30 sobre un carro o plato móvil, o incluso en un tráiler o vehículo (no mostrado).

El agua se proporciona al carro de suministros de fluidos 100 mediante un conducto 102 desde una fuente, por ejemplo el tanque reactor 10, un tanque de retención, una tubería de suministro de agua municipal etc., o mediante una bomba que retira el agua de un tanque, estanque, corriente u otra fuente. De forma ventajosa para una aplicación que implica el tratamiento de aguas residuales, el agua se introduce a una velocidad de entre aproximadamente 5 y aproximadamente 200 galones por minuto, aunque la velocidad de entrada puede ser superior o inferior en función de la aplicación. Más específicamente, una velocidad de aproximadamente $60 = 227$ l/min) galones por minuto puede demostrarse que es particularmente ventajosa para muchas aplicaciones. El agua proporcionada se filtra de forma ventajosa para eliminar las partículas sólidas. Para proporcionar esta función, uno o más filtros, tales como los filtros 104 y 106, se acoplan al conducto 102. Debe entenderse que múltiples filtros se pueden acoplar en serie o en paralelo en función de las circunstancias implicadas en una aplicación concreta. Como se trata más adelante, se puede usar una serie de filtros para eliminar de forma eficaz la materia particulada del agua de entrada. También puede ser ventajoso aplicar filtros o conjuntos de filtros en paralelo de modo que se puedan revisar uno o más filtros sin detener el procedimiento del tratamiento.

En una aplicación de tratamiento de aguas residuales, se puede demostrar que al menos un filtro (p. ej. un filtro de 150 a 450 micrómetros) es particularmente ventajoso, aunque debe entenderse que el tipo y el número de filtros usados puede depender en gran medida de la fuente del agua que se va a oxigenar. Por ejemplo, si se va a oxigenar agua relativamente limpia de un tanque de retención, un único filtro, tal como un filtro de 150 micrómetros, puede ser suficiente para eliminar la materia particulada. No obstante, si el agua residual se ha desgrasado en el reactor 10 y se ha introducido en el sistema 30, se pueden usar filtros adicionales, tales como un filtro más gordo (p. ej., de 450 micrómetros) y un filtro medio (p. ej., de 300) para eliminar la materia particulada grande antes de que el agua parcialmente filtrada se introduzca en un filtro relativamente fino, tal como un filtro de 150 micrómetros. Ejemplos de filtros comercialmente disponibles incluyen filtros de arena, filtros de cartucho y filtros de bolsa, que pueden ser autolimpiable o pueden contener elementos desechables, como algodón, plástico o elementos del filtro de fibra. Asimismo, el tamaño del filtro normalmente se selecciona de modo que sea igual o más pequeño que los capilares usados para liberar el fluido oxigenado.

Como se muestra en la Fig. 3, el agua filtrada se proporciona de forma ventajosa a un tanque de retención 108, por ejemplo un tanque de 300 galones (= 1136 litros) a través de un conducto 110 que está acoplado a los puertos de salida de fluidos de los filtros 104 y 106. De forma ventajosa, una válvula 111, tal como una válvula electrónica, está acoplada operativamente al conducto 110 que suministra el tanque 108 para ayudar a controlar el flujo de entrada al tanque 108 basado en el nivel de agua en el tanque 108. Este control se podría producir, por ejemplo, en respuesta a señales generadas por sensores de uno o más niveles colocados para controlar el nivel de agua en el tanque 108, o mediante una celda de carga unida operativamente al tanque 108. El tanque 108 puede incluir sensores de agua alta y baja para el apagado de seguridad.

El agua sale del tanque 108 a través de un conducto primario 112 (p. ej., por alimentación por gravedad) a una bomba 114 accionada por un motor 116. La bomba 114 proporciona el fluido al carro de oxigenación 200 a través de un conducto 118. El agua se puede filtrar antes y después de la bomba 114 para eliminar la materia particulada adicional. Como se muestra en la Fig. 3, el conducto 118 incluye un filtro de 150 micrómetros 202 dispuesto sobre el carro de oxigenación 200. Además, la bomba 114 puede estar acoplada operativamente a un conjunto 115, tal como un acumulador, para detener la pulsatilidad creada por la bomba 114 de modo que el fluido se proporcione al carro de oxigenación 200 a una velocidad continua y constante durante el funcionamiento de la bomba.

La bomba 114 puede funcionar de forma continua o intermitente y puede proporcionar flujos variables o constantes, en función de las circunstancias empleadas en una aplicación concreta. Un ejemplo de una bomba particularmente ventajosa es el modelo de bomba #60AG6020 disponible comercialmente en CAT Pumps, Minneapolis, MN. Para regular la cantidad de flujo proporcionado al carro de oxigenación 200 para oxigenación, el conducto 118 a través del cual se proporciona el fluido al carro de oxigenación 200 puede incluir una válvula de modulación 119, tal como una válvula electrónica, operable según sea necesario para desviar una porción predeterminada del flujo mediante un conducto de desviación 204 de nuevo al tanque 108. El conducto de alimentación 118 del carro de oxigenación incluye, de forma ventajosa, una válvula de comprobación 121, para prevenir el flujo indeseado de gas o líquido desde el carro de oxigenación de vuelta a la bomba 114 y al tanque 108.

El sistema puede incluir también un conducto de lavado 230 entre el tanque y el conjunto de suministro que sorte el conjunto de oxigenación. El conducto de lavado 230 permite que el agua pase para evitar que el agua sucia vuelva a fluir al sistema cuando el conjunto de oxigenación está en modo espera. Como se muestra en la Fig. 3, el conducto de lavado 230 también puede proporcionar, de forma ventajosa, una vía para fluidos entre los conductos 110 y 224.

El carro de oxigenación 200 incluye, de forma ventajosa, un vaso presurizable 210 que tiene un espacio interior 212 en el que se proporciona el agua de la bomba 114 y el gas de un conjunto de suministro de gas (no mostrado). El agua entra en el vaso 210 desde el conducto de alimentación 118 a través de un "conjunto punzante" de tipo voladizo 214 (véase la Fig. 4) que se extiende desde la parte superior del vaso 210 al espacio interior 212. El conjunto punzante 214 comprende, de forma ventajosa, una tubería de 1,5 pulgadas 215 de aproximadamente 3 pies de longitud, que tiene una luz interna (o mostrada) en comunicación fluida con el conducto de alimentación 118 y una pluralidad de boquillas 216 que forman puertos para fluidos a través de los cuales el fluido puede salir de la luz interna del punzante y entrar en el espacio interior 212. En una realización, cada boquilla toma la forma general de una cola de cerdo que se enrolla para formar un perfil generalmente cónico.

El conjunto punzante 214 incluye una pluralidad de matrices 218 de boquillas punzantes que incluyen una pluralidad de boquillas 216 dispuestas alrededor del eje longitudinal del conjunto punzante 214. En la realización divulgada, cada matriz 218 de boquilla incluye seis boquillas 216 con espacios circunferenciales iguales alrededor del eje longitudinal del conjunto punzante 214. El conjunto punzante 214 puede incluir una pluralidad de matrices 218 de boquillas punzantes espaciadas alrededor del eje longitudinal del conjunto punzante 214. Como se muestra en la realización ilustrada en la Fig. 4, el conjunto punzante 214 incluye seis matrices de seis boquillas separadas por aproximadamente seis pulgadas a lo largo del conjunto punzante 214. De forma ventajosa, las boquillas en las matrices pueden estar desviadas circunferencialmente entre sí para minimizar cualquier solapamiento en el área de salida del fluido de cada boquilla. Esto minimiza la interferencia entre las gotas de agua de boquillas adyacentes y, por tanto, facilita la producción de gotas más pequeñas para optimizar la transferencia del gas al líquido. Como alternativa se puede colocar un paraguas (no mostrado) sobre una o más matrices de boquillas para minimizar la interferencia entre las gotas de agua.

Cada boquilla 216 comprende, de forma ventajosa, una boquilla atomizadora. Se puede usar cualquier boquilla atomizadora disponible comercialmente, en función de las circunstancias implicadas en una aplicación concreta. Una boquilla particularmente ventajosa es el modelo TF6NN 3/16 de acero inoxidable (0,25 pulgadas (6,4 mm) npt), boquilla de neblina de BETE Fog Nozzle, Greenfield, MA. Durante la operación, el agua que sale de la boquilla 216 forma un aerosol de gotas pequeñas que entran en contacto con el gas oxígeno en la cámara. El oxígeno se disuelve en las gotas, que caen y son recogidas en la parte inferior de la cámara del conjunto de oxigenación. La piscina tiene, de forma ventajosa, una profundidad de aproximadamente dos pies en una cámara de diez pulgadas de diámetro que tiene una altura de aproximadamente seis pies. Además, el número y tamaño de las boquillas normalmente se seleccionan para proporcionar un rendimiento deseado. De hecho, si los parámetros del rendimiento cambian, se pueden colocar una o más válvulas (no mostrado) en la tubería 215 para activar y desactivar de forma selectiva una o más de las matrices de boquilla.

El conjunto punzante 214, de forma ventajosa, se puede insertar en el espacio interior 212 de forma que se pueda extraer. El conjunto punzante 214 se puede asegurar para funcionar ajustando el extremo de entrada a la parte superior del conjunto de oxigenación, por ejemplo con pernos u otros tornillos. La extracción puede ser ventajosa para permitir el acceso al interior del conjunto de oxigenación 210 y al punzante 214, por ejemplo para limpiar las boquillas, para sustituir las boquillas u otras partes, etc.

El oxígeno se proporciona al conjunto de oxigenación a partir de una fuente regulada de oxígeno. De forma ventajosa, el gas oxígeno se proporciona al conjunto de oxigenación 210 a aproximadamente 300 psi a través de un conducto que incluye una válvula que regula el flujo a través del conducto y una válvula de comprobación que evita los retroflujos indeseados. La presión y/o el flujo a través del conducto pueden fluctuar con los cambios del nivel de agua dentro del conjunto de oxigenación 210.

El agua se proporciona al conjunto de oxigenación 210 a una presión superior a la presión en el espacio interior del tanque 212, aproximadamente 300 psi (2 MPa) en este ejemplo. Una presión de suministro de agua en el equilibrio de aproximadamente 340 psi (2,3 MPa) puede ser particularmente ventajosa para aplicaciones que implican tratamiento de aguas residuales, aunque durante el funcionamiento del sistema normalmente se producen fluctuaciones de presión. De forma ventajosa, el conjunto de oxigenación 210 incluye uno o más calibradores de presión para poder monitorizar y controlar las presiones en el sistema. El conjunto de oxigenación 210 y otras partes del sistema incluyen además, de forma ventajosa, una o más válvulas de alivio de la presión para proteger contra acumulaciones de presión indeseadas dentro del sistema.

En esta realización, el líquido sale de la cámara del conjunto de oxigenación a través de un tubo de inmersión 222 que tiene un extremo de entrada 223 colocado encima del fondo de la cámara. Eliminando desde cerca del fondo de la cámara (en oposición a la parte superior) se evita la acumulación de gas y no sale de la cámara un volumen grande de gas. El tubo de inmersión 222 está conectado a un conducto de salida 224 que tiene un extremo distal

acoplado a un conjunto de suministro, de modo que se crea un trayecto de flujo del fluido continuo entre la acumulación en la cámara y la entrada del conjunto de suministro. El conducto de salida 224 puede incluir una o más válvulas, válvulas de comprobación y/o filtros. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 3, el conducto 224 incluye un filtro 226 de 150 micrómetros.

5 De forma ventajosa, el conjunto de oxigenación 210 también incluye una o más ventanas o pantallas de visualización 220 que permiten que el técnico vea el interior del conjunto de oxigenación 210 durante la operación. Se puede realizar monitorización visual para, por ejemplo, comprobar el funcionamiento de las boquillas (p. ej., para monitorizar los tamaños de las gotas de fluido, comprobar las obstrucciones que alteran el flujo etc.), para comprobar
10 los niveles de fluido etc.

En este ejemplo, el fluido que se recoge en el fondo de la cámara tiene un contenido de gas disuelto de aproximadamente 880 ppm. Este contenido de gas disuelto representa un incremento del contenido de oxígeno de aproximadamente cien veces en comparación con el fluido que entra en la cámara antes de la oxigenación. La
15 concentración de gas disuelto, junto con la eficiencia de la operación, los costes y las características de flujo del sistema, puede variar ampliamente de acuerdo con los parámetros de operación (p. ej., las presiones del fluido y del gas) de las realizaciones divulgadas. Por ejemplo, el aparato podría producir un contenido de gas disuelto que varía de aproximadamente 40 ppm a 8000 ppm, para presiones del sistema que varían entre aproximadamente 14,7 (0,1 MPa) y 3000 p.s.i. (21 MPa), en función de los parámetros de operación dados y las limitaciones del sistema. Cabe
20 destacar también que la disminución de las presiones en el sistema disminuye la cantidad de contenido de gas disuelto que se puede conseguir, pero a menores presiones menor es también el coste del sistema. Por ejemplo, si las presiones del sistema se disminuyen en aproximadamente 200 p.s.i. (1,4 MPa) del intervalo de 300 p.s.i. (2,1 MPa) a 100 p.s.i. (0,7 MPa), el contenido en gas disuelto del fluido sería de aproximadamente 275 ppm. En muchas aplicaciones, este fluido enriquecido con oxígeno será más que adecuado para airear las aguas residuales, al tiempo
25 que proporciona menos equipo y menores costes de operación.

Como configuración alternativa que no entra dentro de la presente invención, el conjunto de oxigenación 60 puede incluir una pluralidad de boquillas 250 dispuestas en circunferencias alrededor de la pared de un tanque 252, como se ilustra en la Figura 5. De forma ventajosa, el flujo del fluido que entra en el tanque 252, por ejemplo desde un
30 colector de entrada de fluido 254, a través de la boquilla 250 está controlado por una válvula 256 ajustada en respuesta a señales generadas por sensores (no mostrado) para detectar el nivel de agua en el tanque 252 o mediante una celda de carga (no mostrada) dispuesta bajo el tanque 252. El oxígeno de una fuente de presión regulada (no mostrado) entra en el tanque 252 por la parte superior y el fluido enriquecido con oxígeno se extrae a través de un puerto de salida de fluidos 258 en o cerca del fondo del tanque. En una aplicación que incluye un
35 tanque de una altura de aproximadamente 5 pies (1,5 m) y un diámetro de 2 pies (0,6 m) (un tamaño de tanque de aproximadamente 100 galones (379 l)), para caudales de fluido de aproximadamente 15 galones por minuto (57 l/min), un sistema que incluya cuatro boquillas 250 capaces de manipular de dos a cuatro galones por minuto y generar un cono de gotas definido por un ángulo de aproximadamente 90 grados puede ser particularmente ventajoso. Para caudales de fluido más elevados, por ejemplo 60 galones por minuto (227 l/min),
40 puede ser ventajoso un sistema que incluya ocho boquillas para manipular de seis a ocho galones por minuto.

Una realización del conjunto de liberación 90 de fluidos enriquecidos con oxígeno puede incluir una o más mangueras alargadas 301 (Fig. 3) que tiene un extremo proximal que incluye una entrada para fluidos acopada a la salida del tanque del conjunto de oxigenación 60 y un extremo distal que incluye una o más boquillas de salida de
45 fluidos 303. La longitud de la manguera puede variar en función de las circunstancias implicadas en una aplicación concreta. De forma ventajosa, la boquilla de salida de fluidos 303 comprende una pluralidad de capilares, canales o ranuras que forman rutas continuas para fluidos que tienen un tamaño para mantener el oxígeno disuelto en el fluido tras la salida.

En una realización, como se muestra en la Fig. 6A, la boquilla de salida de fluidos 303 comprende un conjunto en
50 forma de cuello 300 que comprende una porción principal del cuerpo 302 adaptada con una pluralidad de rutas de salida de fluidos 308. La porción 302 se puede adaptar con un conjunto de acoplamiento/desconexión rápida para acoplar al extremo distal de la manguera de liberación de fluido enriquecido con oxígeno 301. Como alternativa, como muestra en la Fig. 6B, la porción principal del cuerpo 302 puede incluir una porción roscada hembra 304 (que de forma ventajosa tiene aproximadamente 8 roscas por pulgada) para recibir el extremo distal de la manguera 301.
55 Se usa una junta en O 306 para sellar el acoplamiento de la manguera y evitar que el fluido salga desde la manguera y se pase las salidas 308. De forma ventajosa, la boquilla puede configurarse de modo que tenga un diámetro externo de aproximadamente 3 pulgadas (76 mm), un diámetro de aproximadamente 2 pulgadas (51 mm) y hasta 500 o más salidas de fluido, cada una de una longitud de aproximadamente 1,5 pulgadas (38 mm) y un diámetro de 0,005 pulgadas (0,1 mm). Cabe destacar que los canales de fluido en la boquilla de salida de fluido 303 exhiben, de forma ventajosa, un área transversal y una longitud que se escogen para prevenir sustancialmente la
60 formación de burbujas y proporcionar un flujo laminar del fluido enriquecido con gas tras la salida desde la boquilla 303.

Como alternativa, como se muestra en la Fig. 7, la boquilla de salida de fluidos 303 comprende, de forma ventajosa,
65 una pluralidad de capilares pequeños 310 que se pueden agrupar en tubos 312. Por ejemplo, cada uno de los capilares 310 puede tener un diámetro interno de aproximadamente 150 a 450 micrómetros y puede disponerse con

los tubos 312 en grupos de aproximadamente sesenta capilares 310. Cada tubo 312 se forma extruyendo sílice por la parte superior de los sesenta capilares 310 a medida que se juntan, con el fin de crear un haz de capilares dentro de un tubo. Los tubos 312 están unidos de forma fija entre sí (p. ej., con un epoxi) en sus superficies externas para crear un haz de tubos. De forma ventajosa, el haz de tubos tiene una longitud de aproximadamente cinco pulgadas y 5 aproximadamente una pulgada de diámetro.

Para limpiar las entradas de los capilares, el extremo distal de la manguera puede incluir una válvula (no mostrada) que se puede abrir y cerrar cuando se desee, para dejar que el agua fluya rápidamente por las entradas de los capilares hasta el sitio del tratamiento. En otra realización, los capilares se pueden lavar creando un efecto venturo 10 que crea un retroflujo en un capilar que se está limpiando. Como alternativa, cada haz de tubos se puede sustituir y limpiar por separado.

En una realización alternativa ilustrada en las Figuras 8A-8E, la boquilla de salida de fluidos 303 puede comprender un conjunto en placas 320 que incluye una pila de placas 322. Las placas 322 tienen una pluralidad de canales 324 a lo largo de al menos una porción de un lateral entre un borde y un agujero en las placas 322. Pueden ser 15 adecuadas diversas configuraciones de canales, tales como las que se ilustran en las Figuras 9A-F. Cuando una pluralidad de placas similares 322 están unidas encima unas de otras con los bordes alineados, se forma un bloque 326 que tiene un orificio 328 a su través. Una pluralidad de canales 324 se extiende a través del bloque 326 hasta el agujero 328. Cuando una placa del fondo 330 sin un agujero y una placa superior 332 que incluye un puerto 334 se 20 colocan en el bloque 326, se crea una cámara.

Como se ilustra en la Figura 10, las placas 322 se pueden colocar en un conjunto 350 operable para separar las placas 322 como se desee para permitir su limpieza.

25 Las superficies de las placas 322 expuestas al fluido durante la operación son, de forma ventajosa, lisas (p. ej., como resultado de pulido) y se limpian con alcohol antes de usar, para minimizar el número de sitios en los que las burbujas pueden nuclear y crecer.

En lugar de usar placas planas, una realización alternativa puede emplear una o más placas cónicas para crear una 30 matriz anular de rutas para el fluido. Las placas cónicas pueden tener extremos pequeños y anchos, superficies internas y externas entre los extremos, y una pluralidad de canales que se extienden entre los extremos sobre al menos una de las superficies. Los canales se pueden extender linealmente o curvilíneamente entre los extremos pequeños y anchos, y, después, pueden asumir diversas secciones transversales y espacios a lo largo de las superficies. Las placas cónicas se apilan en serie de modo que la superficie externa de una placa cónica se dispone 35 dentro de la superficie interna de otra placa cónica, creando de este modo una matriz anular de rutas para fluido entre las placas cónicas adyacentes a medida que los canales quedan en el interior de las superficies internas o externas adyacentes. Después, las placas cónicas quedan truncadas en los extremos pequeños para proporcionar una posición de entrada para las rutas de los fluidos. El agua enriquecida con oxígeno entra en la posición de entrada habitual, fluye a través de las rutas de los fluidos y se dispersa en los extremos anchos. Las placas cónicas 40 se pueden diseñar de un modo tal que los extremos anchos forman una superficie de salida concreta, por ejemplo plana, cóncava o cónica, que puede mejorar las características del flujo, proporcionar un patrón de aerosol específico o alterar otras características. Como alternativa, las placas cónicas se pueden configurar de un modo tal que el agua enriquecida con oxígeno entre en el extremo ancho, se trunque y alinee para formar la posición de entrada habitual y salga por el extremo pequeño.

45 El diseño de la placa cónica es ventajoso para simplificar el montaje, ya que las placas cónicas se alinean fácilmente, se apilan y se fijan sin un aparato de montaje aparte. Adecuadamente configurado, el flujo del agua enriquecida con oxígeno fuerza de forma ventajosa las placas cónicas individuales juntas durante el uso, de modo que mantienen en estrecho contacto las superficies. El diseño de la placa cónica también es ventajoso para limpiar, 50 lo que se puede conseguir mediante el lavado inverso del conjunto de la placa cónica. Invirtiendo el flujo a través del conjunto de la placa cónica se fuerza a cada placa cónica individual a separarse y se lavan los residuos.

El sistema para oxigenar aguas residuales que incluye un sistema de suministro de fluidos enriquecidos con oxígeno se puede usar en un sistema de tratamiento de aguas residuales, tales como una planta municipal de tratamiento de 55 aguas residuales 400 ilustrada en la Figura 11. Específicamente, el sistema se puede usar en uno o más de los tanques de aireación 402 o tanques de aclarado 404. Cabe destacar que las boquillas 303 del sistema se pueden colocar en los tanques 402 y/o 404 para proporcionar fluido enriquecido con oxígeno a las aguas residuales contenidas. En esta situación, puede ser deseable incluir uno o más mezcladores (no mostrados) en los tanques 402 y/o 404 en las proximidades de la(s) boquilla(s) 303 para facilitar la oxigenación de las aguas residuales contenidas. 60 Como alternativa, la(s) boquilla(s) 303 pueden colocarse en un tanque secundario 406 localizado aparte de los tanques 402 y 404. En esta situación, el agua oxigenada fluye al tanque secundario 406, que libera el agua oxigenada en el tanque asociado 402 o 404 a través de un sistema de liberación adecuado, tal como un(os) conducto(s) de alimentación por gravedad o una combinación de una bomba y conducto(s).

ES 2 376 303 T3

Como se ha mencionado anteriormente, puede ser deseable incluir uno o más mezcladores (no mostrados) en los tanques 402 y/o 404 en las proximidades del los conducto(s) para facilitar la oxigenación de las aguas residuales contenidas. Manteniendo la(s) boquilla(s) 303 fuera de las aguas residuales en los tanques 402 y 404, las boquillas permanecerán mucho más limpias y, por tanto, en general, funcionarán de un modo más eficaz.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para tratar aguas residuales, que comprende:
 - un conjunto de enriquecimiento de gas (60) adaptado para recibir las aguas residuales y un gas de tratamiento,
 5 estando el conjunto de enriquecimiento de gas (60) configurado para generar un líquido enriquecido con gas mediante una cámara presurizable (210) que tiene una entrada para gas y una salida para el líquido enriquecido con gas, y
 - un conjunto de liberación (90) acoplado al conjunto de enriquecimiento de gas (60) para recibir el líquido enriquecido con gas del conjunto de enriquecimiento de gas (60), comprendiendo el conjunto de suministro (90) un
 10 conducto para fluidos (301) y una boquilla (303) acoplada al conducto para fluidos (301),
caracterizado porque el conjunto de enriquecimiento de gas (60) comprende además:
 un conjunto atomizador dispuesto dentro de la cámara presurizable (210), estando el conjunto atomizador configurado para recibir las aguas residuales y para atomizar las aguas residuales en la cámara presurizable (210), donde el conjunto atomizador incluye un conjunto punzante (214) que tiene un conducto adaptado para
 15 transportar las aguas residuales y una pluralidad de matrices (218) de boquillas punzantes a lo largo de un eje longitudinal del conjunto punzante (214), cada matriz (218) con una pluralidad de boquillas punzantes (216) acopladas operativamente al conducto para atomizar las aguas residuales en la cámara presurizable (210), y en el que la boquilla (303) del conjunto de liberación (90) comprende una pluralidad de pasos para fluidos (308, 310) configurados para expulsar el líquido enriquecido con gas de un modo sustancialmente libre de burbujas.
 20
2. Aparato para tratar aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la boquilla (303) comprende una pluralidad de placas (322) apiladas que definen una pluralidad de canales de fluido (324) entre ellas, teniendo los canales de fluido (324) una entrada acoplada de forma fluida al conducto de fluidos (301) y teniendo
 25 una salida para expulsar el líquido enriquecido con gas.
3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque las placas (322) apiladas comprenden una sección sustancialmente plana y/o una sección sustancialmente cónica.
- 30 4. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la boquilla (303) comprende una pluralidad de capilares (310), teniendo cada uno de los capilares (310) una entrada acoplada de forma fluida al conducto de fluidos (301) y teniendo una salida para expulsar el líquido enriquecido con gas.
5. Aparato de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque los capilares (310) tienen un diámetro interno de
 35 aproximadamente 150 a 450 micrómetros y/o están agrupados en una pluralidad de haces de capilares, en particular en el que los haces de capilares comprenden un material de unión dispuesto alrededor de los haces de capilares.
6. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque comprende al menos un conjunto de filtrado acoplado al conjunto de enriquecimiento de gases (60),
 40 en particular, en el que el conjunto de filtrado comprende una serie de filtros cada vez más finos y/o un filtro de 150 micrómetros y/o un filtro autolimpiable, y
 en el que, en particular, el conjunto de filtrado está dispuesto entre el conjunto de enriquecimiento de gases (60) y una entrada para aguas residuales y/o estando acoplado de forma fluida al conjunto de liberación (90) para filtrar el líquido enriquecido con gas.
 45
7. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el agua residual comprende agua de depósitos municipales y/o residuos industriales y/o agua de lagos/estanques y/o agua de ríos/corrientes y/o alcantarillas y/o aguas pluviales y/o aguas subterráneas y/o aguas de acuicultivos y/o aguas de piscifactorías marinas y/o residuos agrícolas y/o pesticidas y/o fertilizantes y/o metales pesados y/o
 50 microorganismos.
8. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el gas de tratamiento comprende aire y/u oxígeno y/u ozono y/o hidrógeno y/o cloro y/o monóxido de carbono.
- 55 9. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque el líquido enriquecido con gas es supersaturado de gas mediante el tratamiento con gas.
10. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el conjunto de enriquecimiento con gas (60) está configurado para disolver sustancialmente el gas de tratamiento en las aguas
 60 residuales hasta un contenido en gas deseado, aumentando el contenido en gas deseado, en general, con una presión de funcionamiento del conjunto de enriquecimiento con gas (60),
 en particular, en el que el contenido en gas deseado varía de aproximadamente 275 a 880 ppm para las presiones de operación de aproximadamente 100 a 300 psi (0,7 a 2,1 MPa).
- 65 11. Procedimiento de tratamiento de aguas residuales que comprende los pasos de:
 - presurizar un vaso (210) con un gas de tratamiento y liberar el agua residual hacia el vaso (210) para enriquecer

con gas el agua residual hasta un contenido en gas deseado, y/o

- extraer el agua residual desde un suministro de aguas residuales que se va a tratar, y

- expulsar el agua residual, con aproximadamente el contenido de gas deseado, de nuevo en el suministro de aguas residuales, expulsando el agua residual del vaso (210) a través de un conducto para fluidos (301) y pasando el agua residual a través de una boquilla (303) acoplada al conducto para fluidos (310), **caracterizado porque comprende**

los pasos de:

- proporcionar un conjunto atomizador dentro del vaso (210) para atomizar el agua residual liberada en el vaso (210);

10 - configurar el conjunto atomizador de modo tal que incluya un conjunto punzante (214) que tiene un conducto adaptado para transportar el agua residual;

- disponer una pluralidad de matrices (218) de boquillas punzantes a lo largo de un eje longitudinal del conjunto punzante (214), cada matriz (218) con una pluralidad de boquillas punzantes (216) acopladas operativamente al conducto para atomizar las aguas residuales en la cámara presurizable (210), y

15 en el que el acto de pasar el agua residual a través de la boquilla (303) comprende el acto de pasar el agua residual a través de una pluralidad de pasajes (308, 310) para fluidos dimensionados para proporcionar un flujo sustancialmente laminar y sin burbujas.

12. Procedimiento de tratamiento de un agua residual de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque el acto de pasar el agua residual por la boquilla (303) comprende el acto de pasar un agua residual a través de una pluralidad de placas (322) apiladas que definen una pluralidad de canales de fluido (324) entre ellas, teniendo los canales de fluido (324) una entrada acoplada de forma fluida al conducto de fluidos (310) y teniendo una salida.

13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque la etapa de pasar el agua residual a través de la boquilla (303) comprende la etapa de pasar el agua residual a través de una pluralidad de capilares (310), teniendo cada uno de los capilares (310) una entrada acoplada de forma fluida al conducto de fluidos (301) y teniendo una salida.

14. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizado porque comprende el acto de atomizar el agua residual y/o el acto de filtrar el agua residual, en particular, en el que el acto de filtrar el agua residual comprende pasar el agua residual a través de una serie de filtros cada vez más finos y/o a través de un filtro de 150 a 450 micrómetros y/o pasar el agua residual a través de un filtro autolimpiable.

15. Instalación para el tratamiento de aguas residuales caracterizada porque comprende un aparato para tratamiento de aguas residuales de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 y un conjunto de montaje configurado para soportar el conjunto de enriquecimiento de gases (60) y el conjunto de liberación (90), en particular, en el que el conjunto de montaje está configurado para montarse de forma fija en un centro de tratamiento de aguas residuales fijo y/o para acoplarse a un sistema de despliegue móvil,

40 en particular en el que el sistema de despliegue móvil comprende un vehículo a motor y/o en el que el sistema de despliegue móvil comprende un tráiler configurado para ser remolcado por un vehículo a motor o al menos por un carro.

16. Instalación de acuerdo con la reivindicación 15, caracterizada porque comprende un suministro de gas de tratamiento configurado para proporcionar gas para tratamiento para el conjunto de enriquecimiento con gas (60).

17. Instalación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 16, caracterizada porque comprende al menos un conjunto de filtrado para filtrar el agua residual.

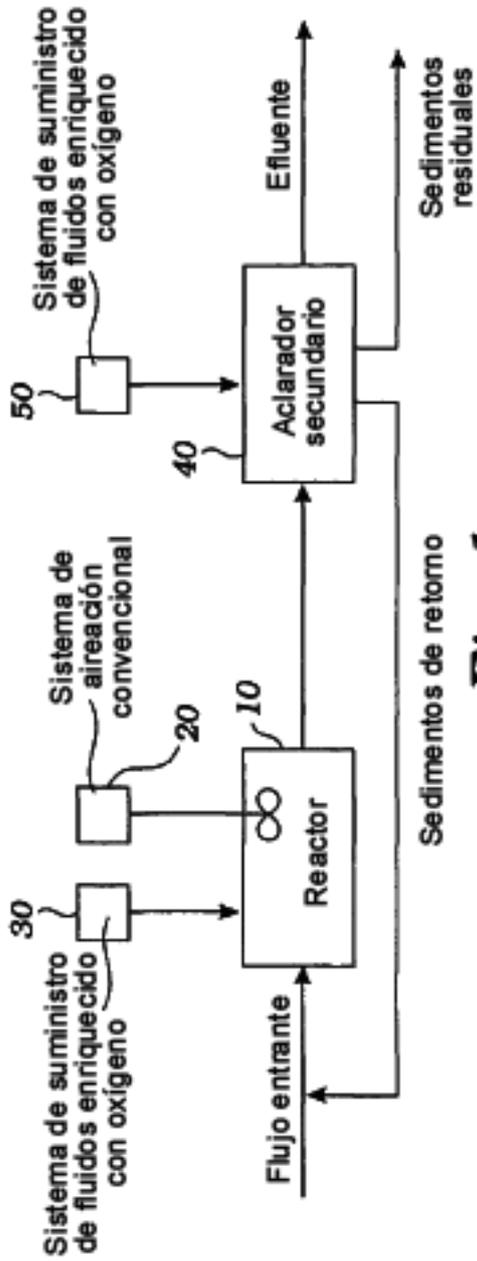


Fig. 1

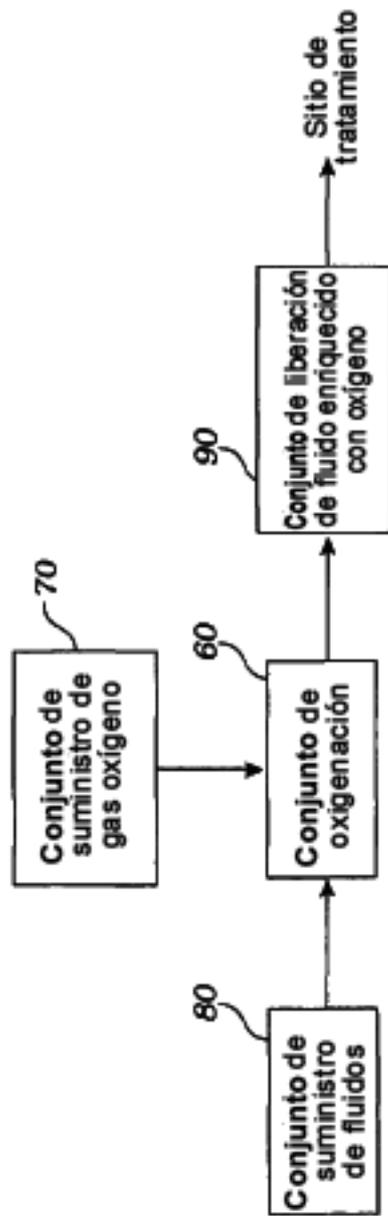
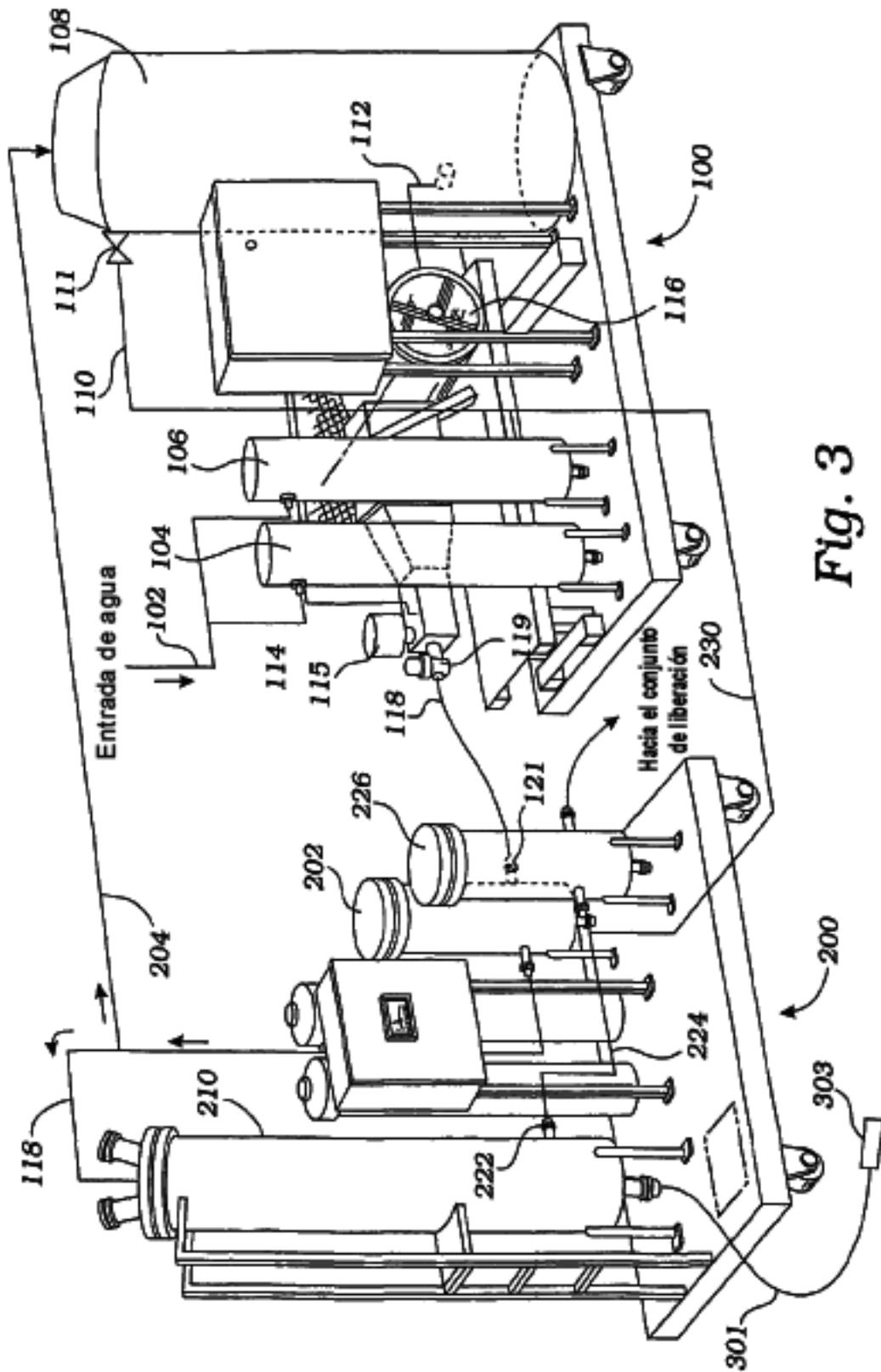


Fig. 2



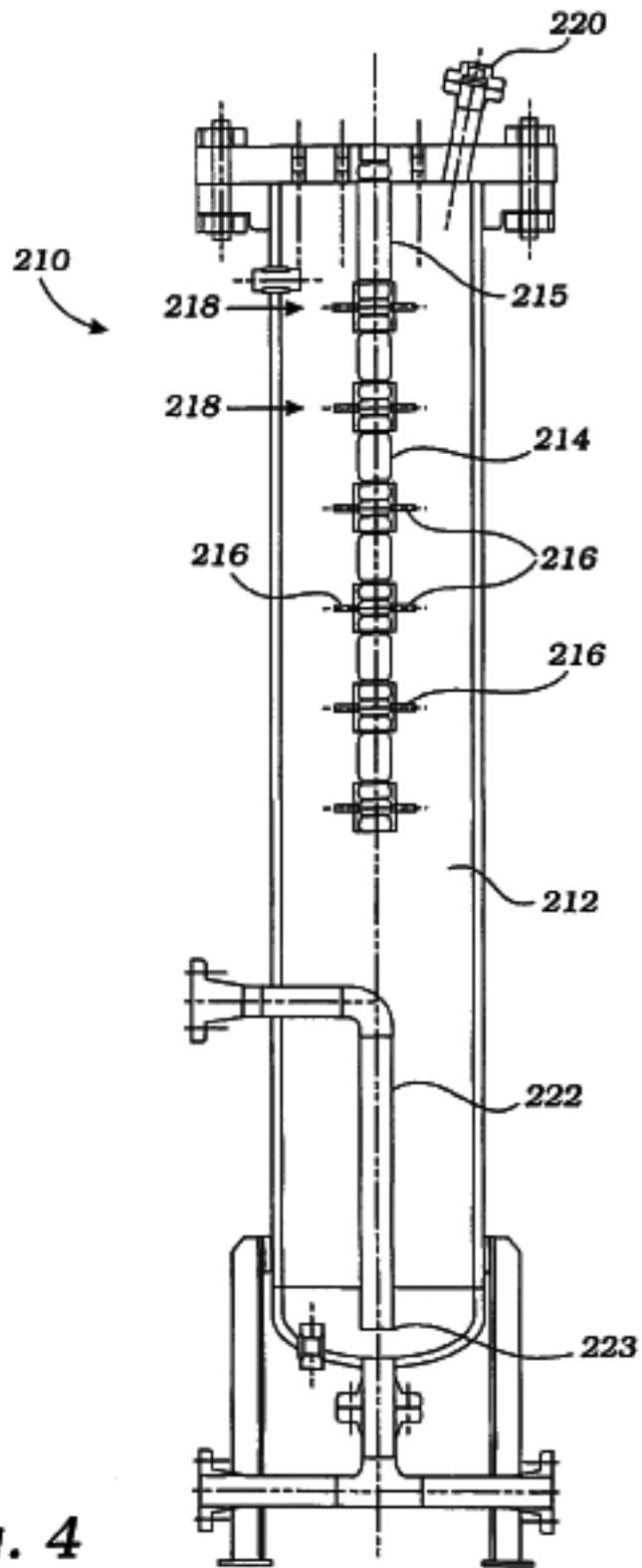
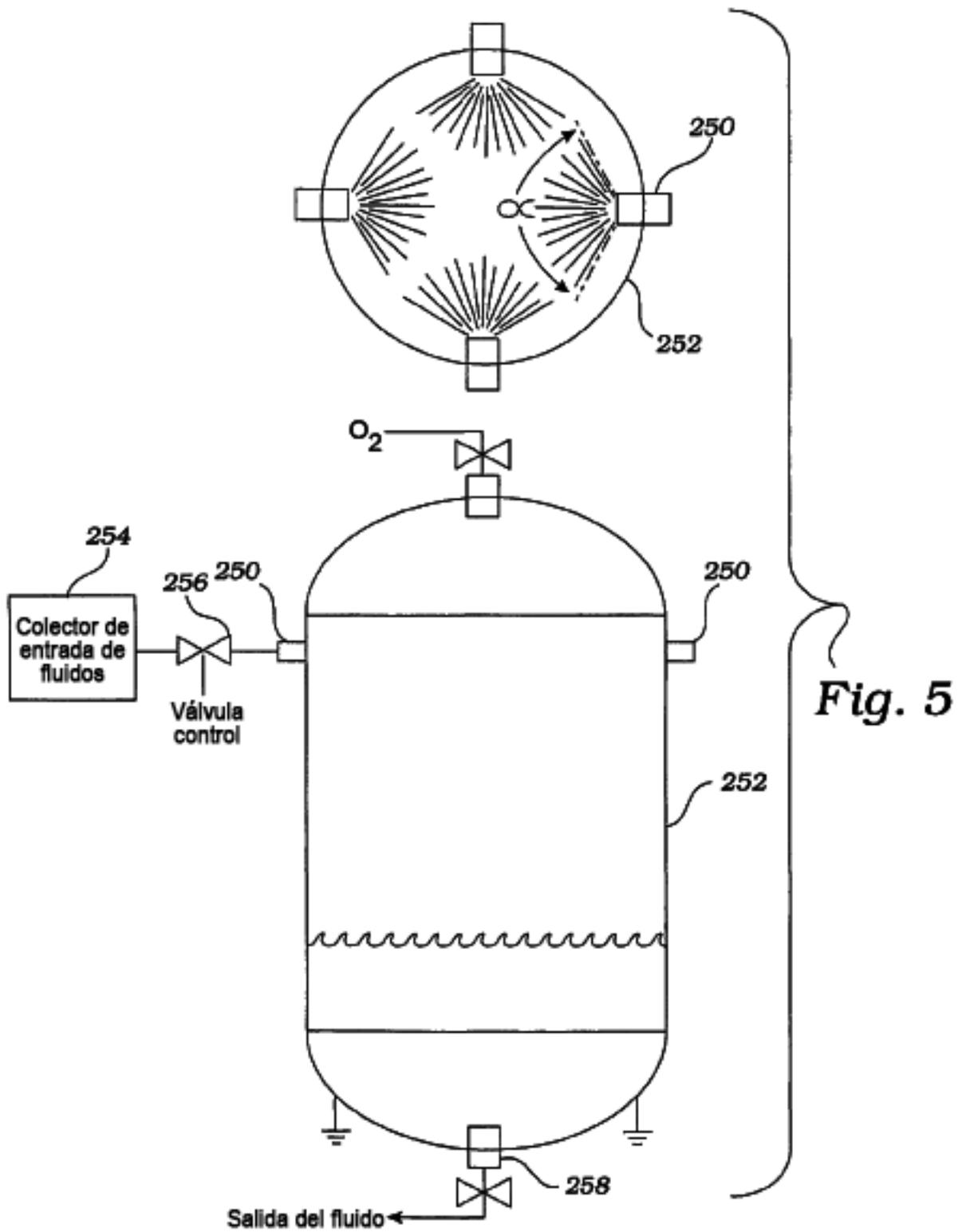


Fig. 4



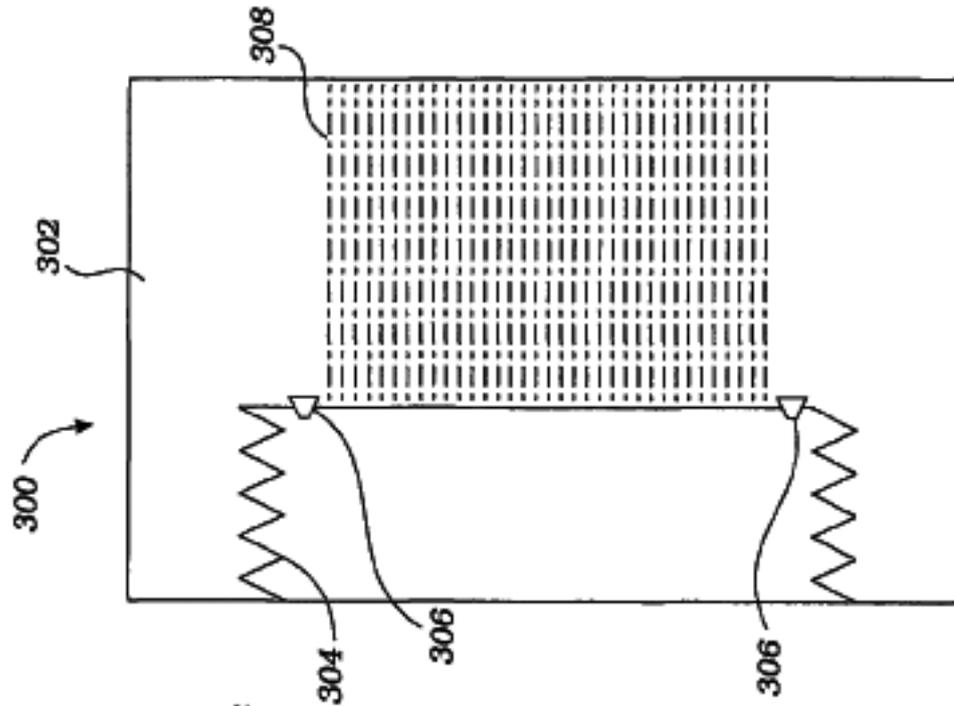


Fig. 6A

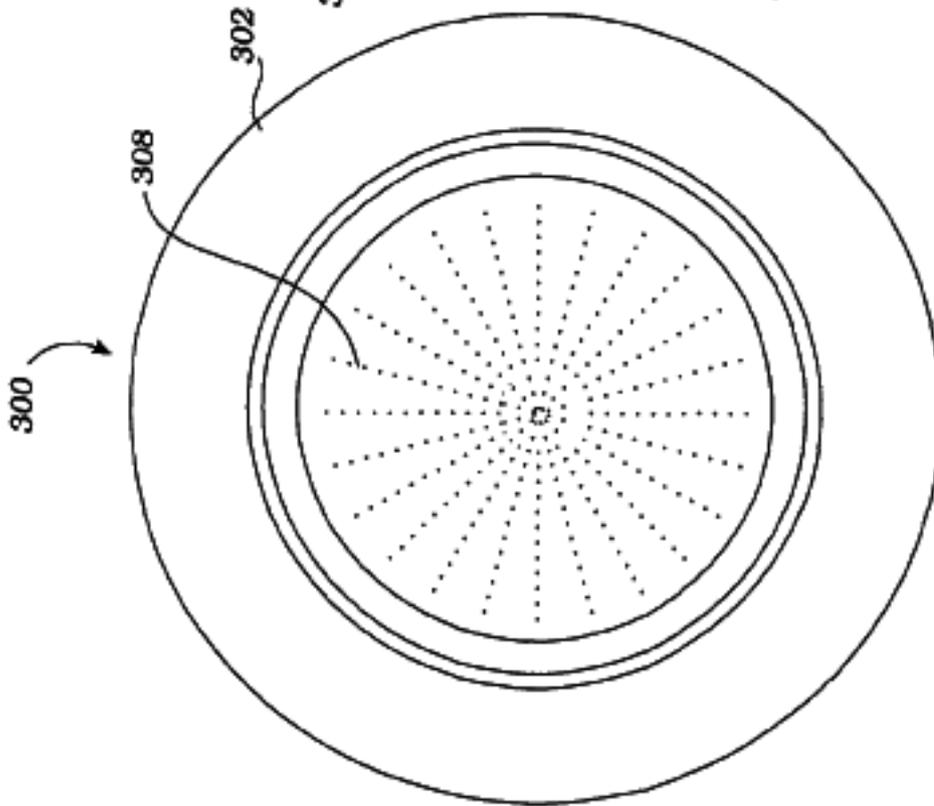


Fig. 6B

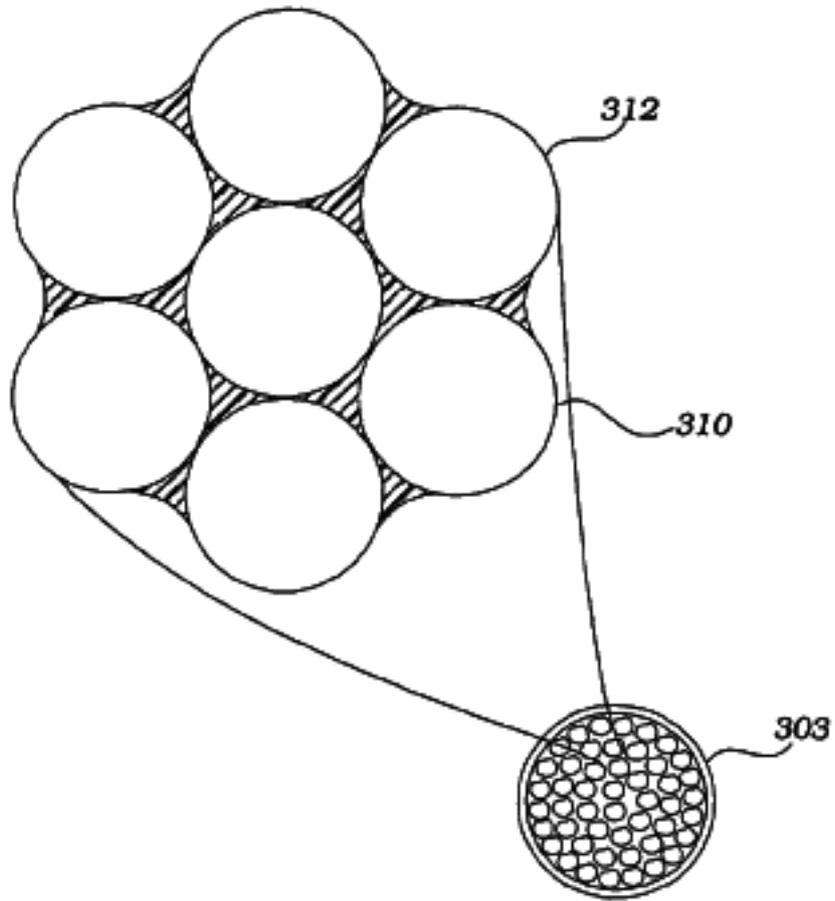


Fig. 7

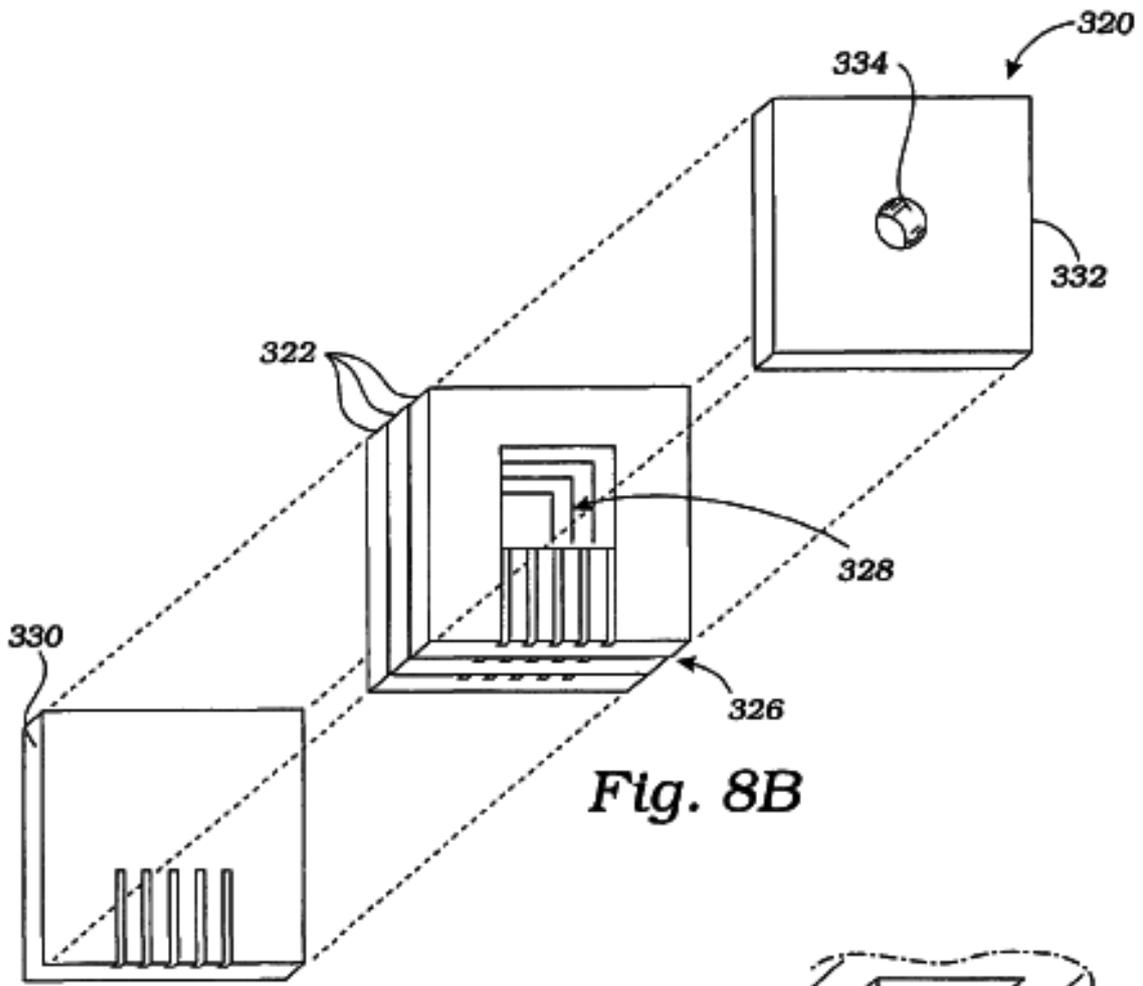


Fig. 8B

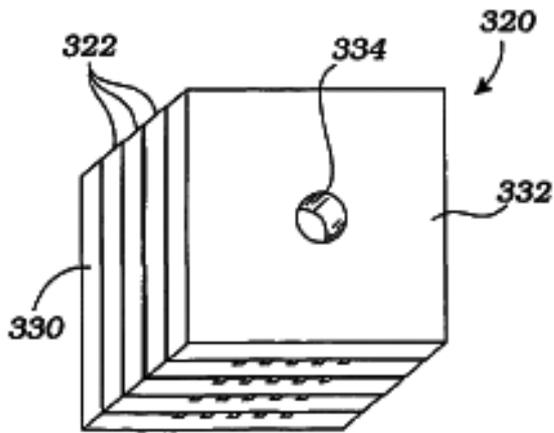


Fig. 8A

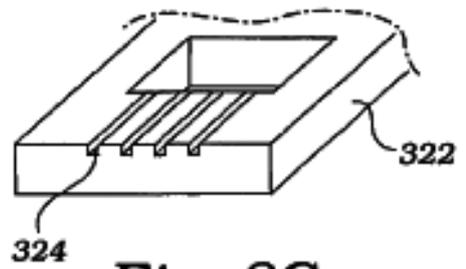


Fig. 8C

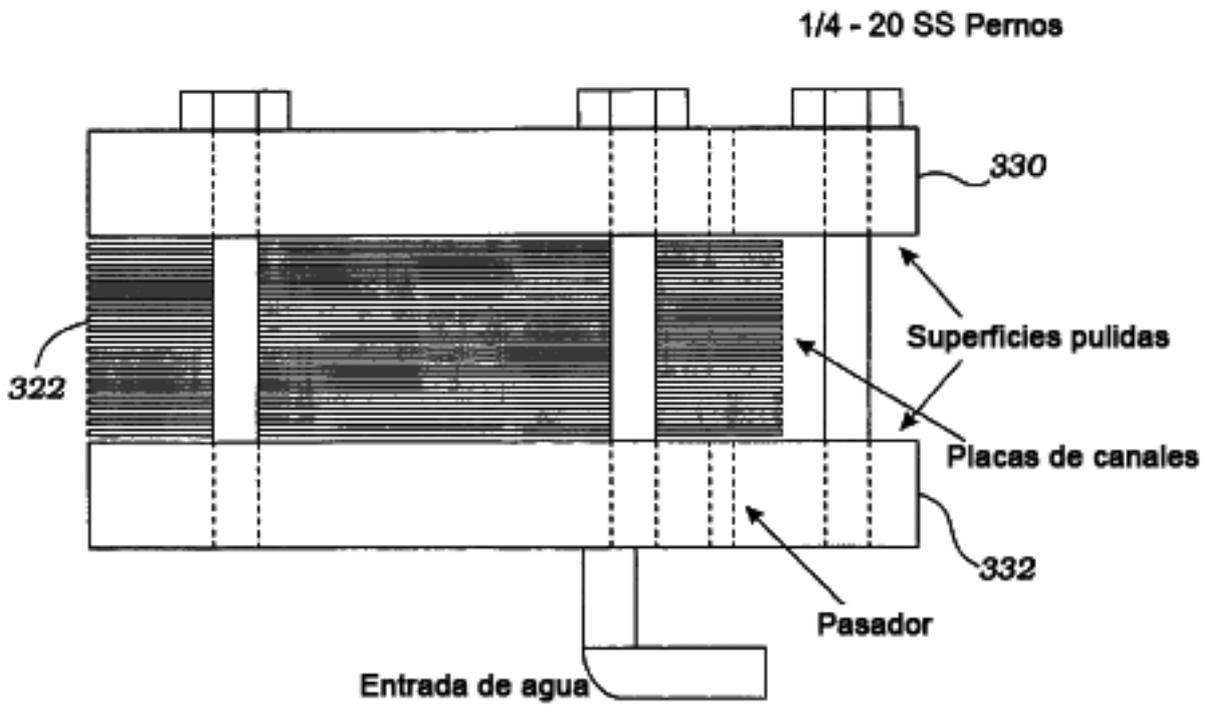


Fig. 8D

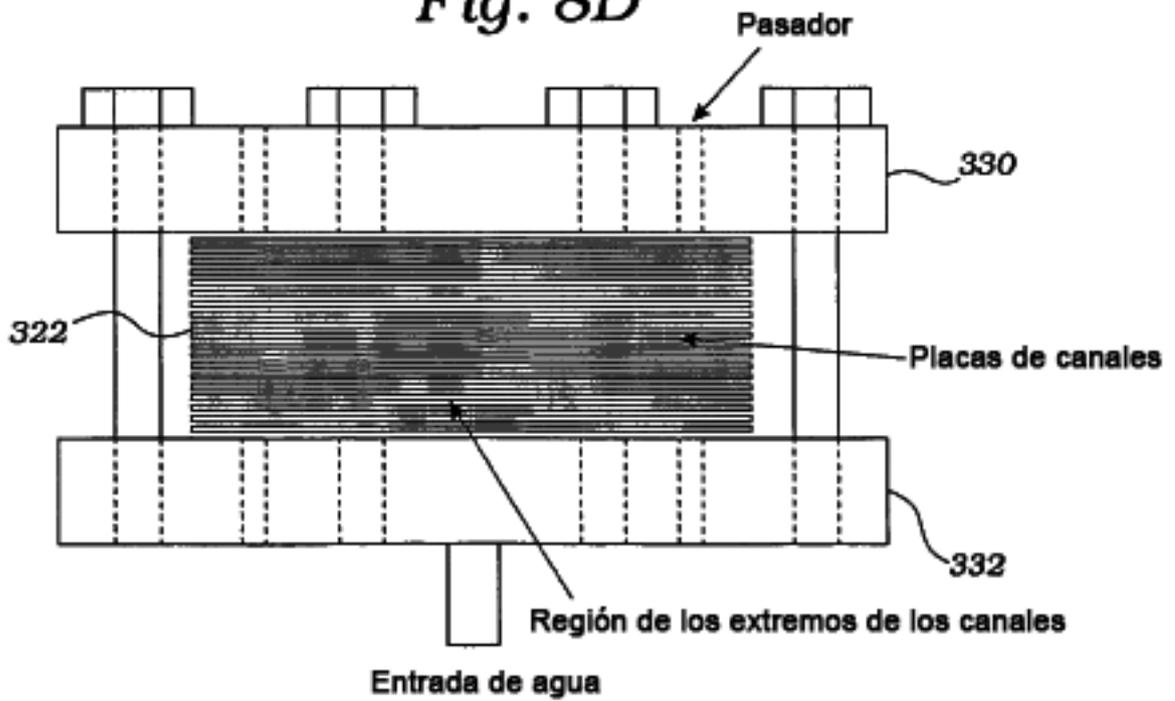
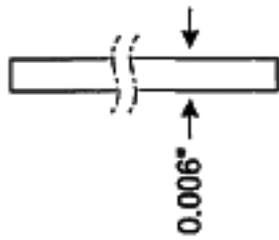
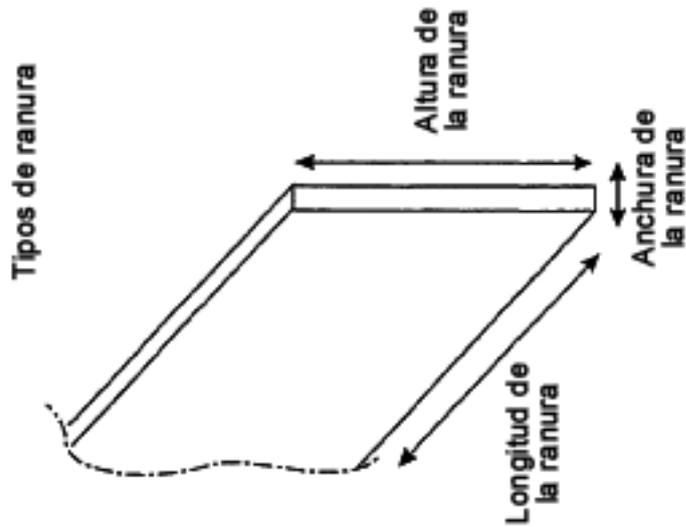
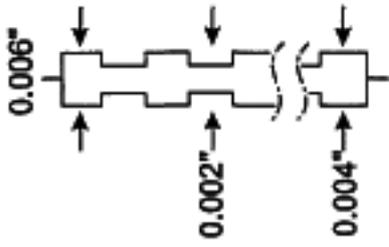


Fig. 8E



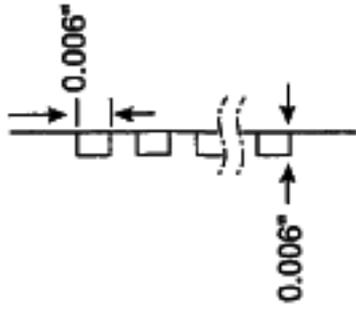
Ranura ordinaria

Fig. 9A



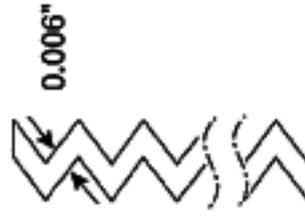
Ranura acanalada en la pared de TIPO A

Fig. 9B



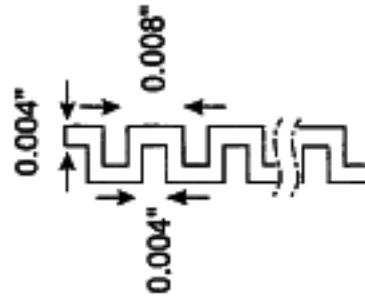
Seudocapilares de TIPO B

Fig. 9C



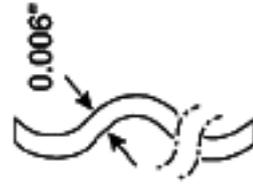
Ranura de enclavamiento triangular

Fig. 9E



Ranura de enclavamiento

Fig. 9D



Ranura de enclavamiento "Clam"

Fig. 9F

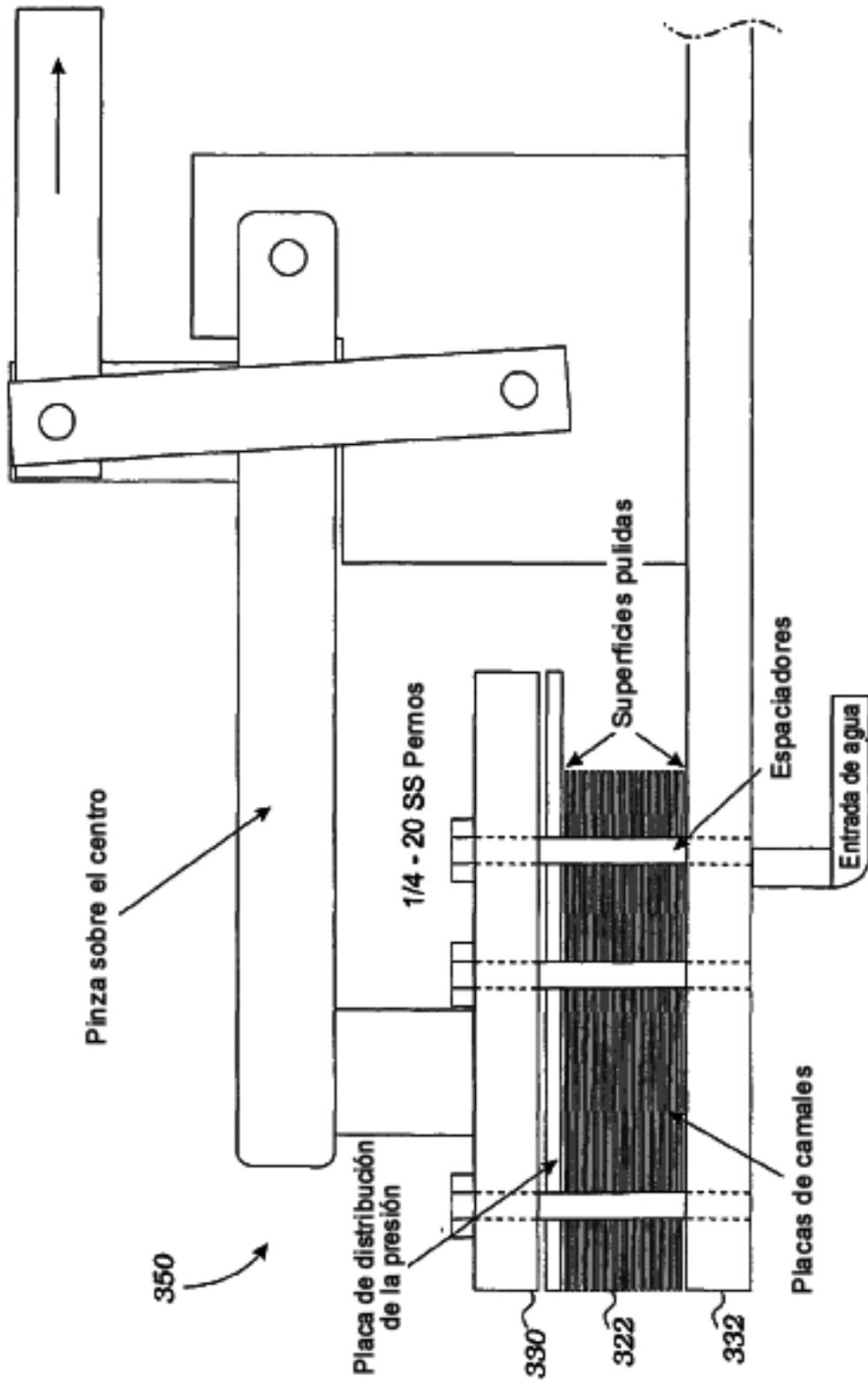


Fig. 10

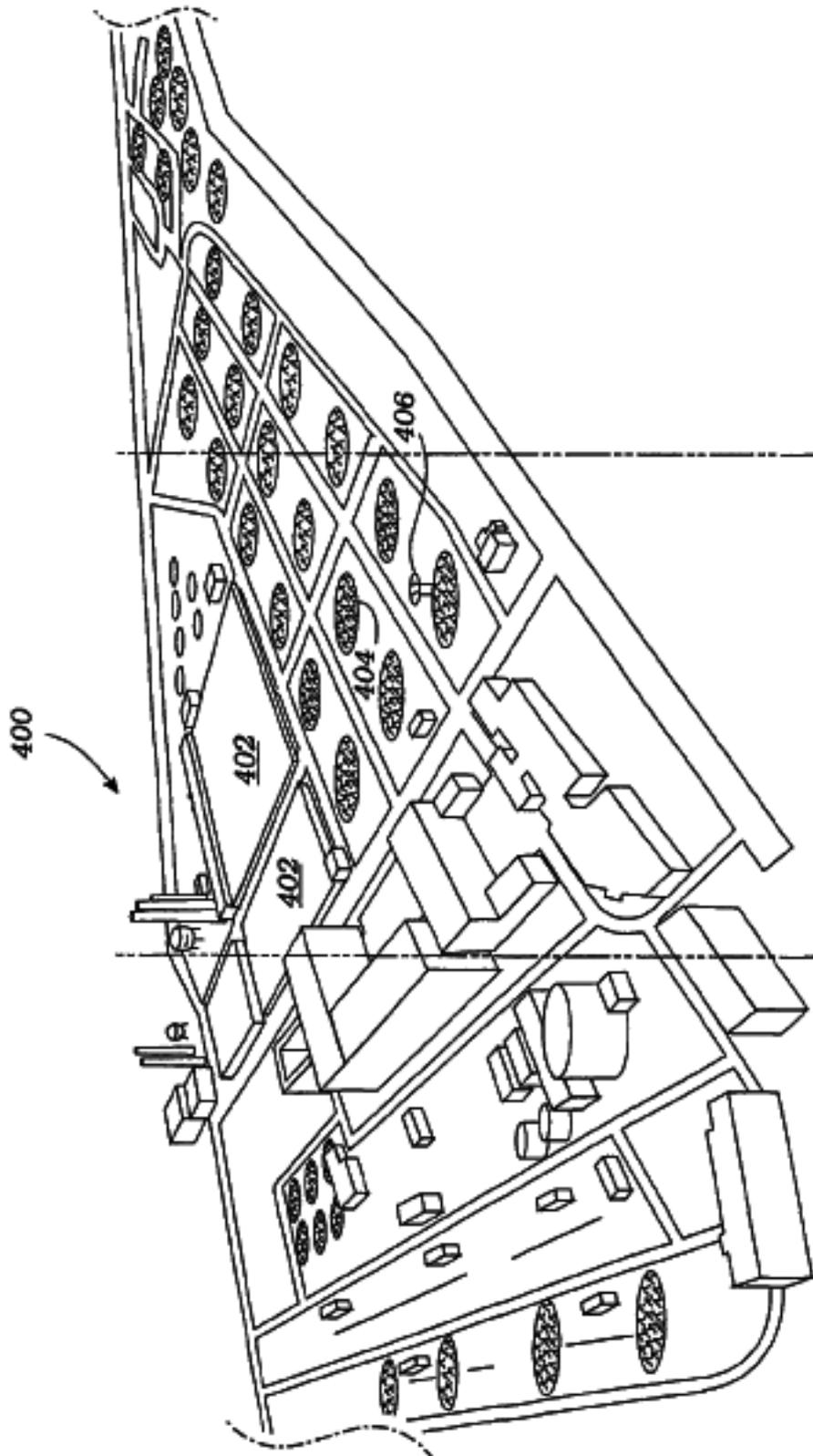


Fig. 11