

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 441 399**

51 Int. Cl.:

C12N 9/14 (2006.01)

C02F 3/00 (2006.01)

C02F 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2006 E 06848900 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013 EP 1954806**

54 Título: **Sistema y método para procesar material residual orgánico**

30 Prioridad:

06.12.2005 US 294777

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

04.02.2014

73 Titular/es:

BASWOOD, LLC (50.0%)
3535 Piedmont Road, 14 Piedmont Center N.W.,
Suite 410
Atlanta GA 30305, US y
BASKIS, PAUL THOMAS (50.0%)

72 Inventor/es:

BASKIS, PAUL THOMAS;
ATKINSON, KEITH;
CAMANSE, WINDELL;
NEUSTEDTER, GLEN y
MULLINIX, F. DAVID

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 441 399 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).

SISTEMA Y MÉTODO PARA PROCESAR MATERIAL RESIDUAL ORGÁNICO**DESCRIPCIÓN****5 Campo de la invención**

Las realizaciones de la invención se refieren al tratamiento de materia orgánica residual, tal como aguas residuales y lodo. Más específicamente, la invención se refiere a un método de mantenimiento de una biomasa adaptado para eliminar materia residual orgánica de un fluido y a sistemas de procesamiento adaptados para usar este método.

10

Antecedentes de la invención

La materia orgánica residual incluyendo la encontrada en aguas residuales sin tratar (es decir, aguas cloacales), lodo de instalaciones de tratamiento de aguas cloacales, residuos agropecuarios, residuos industriales orgánicos, lixiviados, etcétera, es una causa principal de la contaminación del agua. Por tanto, la materia orgánica residual de ésta y otras fuentes se trata de manera ideal antes de liberarla al medio ambiente con el fin de reducir o eliminar la presencia de compuestos orgánicos nocivos para el medio ambiente.

15

La materia orgánica residual comprende una variedad de constituyentes orgánicos, incluyendo, pero sin limitarse a, celulosa, hemicelulosa, lignina, polisacáridos tales como almidón y quitina, proteínas, lípidos tales como triacilglicerol y fosfolípidos, pesticidas, fungicidas, polímeros, residuos de petróleo y otros hidrocarburos de cadena larga o complejos. Una manera en que puede tratarse la materia orgánica residual es degradando las moléculas orgánicas en partes constituyentes más sencillas, no tóxicas o respetuosas con el medio ambiente mediante digestión o metabolismo (es decir, descomposición) mediante diversos microorganismos.

20

25

Los microorganismos reconocidos por su capacidad para degradar materia orgánica incluyen, pero no se limitan a, bacterias, actinomicetos, levaduras, algas y protozoarios. En general, la materia orgánica se degrada en partes constituyentes más sencillas mediante la acción de enzimas liberadas por los microorganismos. Durante este proceso, algo del material carbonoso de la materia orgánica puede consumirse en la formación de nuevo tejido microbiano. Adicionalmente, algo del material carbonoso puede consumirse en la producción de gases de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), que pueden liberarse posteriormente al medio ambiente, calentados, quemados para fines de producción de energía, etcétera. De esta manera, el residuo orgánico puede degradarse en moléculas más pequeñas, no tóxicas que luego se incorporan en la biomasa en crecimiento de los microorganismos o liberarse como gases. Por ejemplo, los procedimientos de gestión de residuos industriales como instalaciones de tratamiento públicas (POTW) a menudo utilizan microorganismos, en particular bacterias, para degradar la materia orgánica residual.

30

35

El documento GB-A 2208856 da a conocer un procedimiento para regular un sistema de tratamiento de aguas residuales que comprende una parte de tratamiento fisicoquímico y una parte de tratamiento biológico. La parte de tratamiento biológico está constituida por múltiples tanques teniendo cada uno un lecho de carbono biológicamente activo, una bomba y cañerías y válvulas que permiten la circulación selectiva de aguas residuales a través del tanque. El procedimiento implica hacer que el carbono sea activo circulando aguas residuales a través del lecho hasta que el agua sea prácticamente transparente y limpiar periódicamente el lecho de carbono lavando con agua purificada y descargando el lodo. El documento US2004/0154983 da a conocer un digestor anaerobio de ciclo en seco que tiene una pluralidad de tanques para realizar digestión aerobia y anaerobia para eliminar el residuo mientras produce poco o nada de lodo. El digestor se opera en una secuencia en la que todos los tanques están llenos y cada tanque a su vez se drena en otro tanque, se permite que permanezca seco durante un periodo de tiempo y luego se rellena de otro tanque.

40

45

Lo que se necesita es un método mejorado para mantener una biomasa para fines de digerir, metabolizar o procesar materia orgánica residual. Lo que también se necesita es un procedimiento de tratamiento de residuos mejorado para la digestión de celulosa y hemicelulosa. Adicionalmente, se necesita un método para impedir o reducir la probabilidad de desprendimiento de biomasa de un biorreactor. Las realizaciones de la invención resuelven algunas o todas estas necesidades, así como necesidades adicionales.

50

55

La presente invención proporciona un método de mantenimiento de una biomasa en un sistema de tratamiento de residuos que comprende una pluralidad de tanques de biorreactores interconectados, teniendo cada uno de dichos tanques de biorreactor una entrada y una salida y conteniendo una biomasa dispuesta sobre un sustrato mediante lo cual un fluido influente puede introducirse selectivamente a través de la entrada en un tanque de biorreactor para la eliminación de material residual del mismo para producir un fluido efluente que puede devolverse a través de una tubería de recirculación desde la salida al sistema de tratamiento de residuos, comprendiendo el método las etapas de:

60

a) procesar una cantidad de fluido influente a través de cada uno de dichos tanques de biorreactor para producir una cantidad de fluido efluente;

65

b) eliminar el fluido efluente de uno seleccionado de los tanques de biorreactor a través de su salida;

c) determinar si se han cumplido criterios predeterminados para iniciar un ciclo en seco, repitiendo las etapas (a) y (b) hasta que se hace una determinación de que se han cumplido los criterios predeterminados para iniciar un ciclo en seco y, en respuesta a una determinación de que se han cumplido los criterios predeterminados para iniciar un ciclo en seco, llevar a cabo las siguientes etapas de:

d) aislar el tanque de biorreactor seleccionado del sistema de tratamiento de residuos mientras continúa pasando fluido a través de los otros tanques en el sistema;

e) establecer un conjunto de condiciones de ciclo en seco en el tanque de biorreactor aislado, seleccionándose las condiciones de ciclo en seco, incluyendo al menos una de una temperatura de tanque interna en un intervalo de temperatura predeterminado, una humedad de tanque interna en un intervalo de humedad predeterminado y una presión de tanque interna en un intervalo de presión predeterminado, para efectuar un crecimiento endógeno dentro de al menos una parte de la biomasa mediante lo cual puede adaptarse una edad promedio de la al menos una parte de la biomasa; y

f) restablecer la conexión del tanque de biorreactor al sistema de tratamiento de residuos.

El método de la invención puede llevarse a cabo usando un sistema de procesamiento de material residual que comprende:

una pluralidad de biorreactores teniendo cada uno un tanque de biorreactor con una entrada de fluido y una salida de fluido y teniendo una biomasa de microorganismos dispuesta en el mismo, estando adaptado el tanque de biorreactor para recibir un influente a través de la entrada de fluido, hacer pasar el influente a través de la biomasa para la eliminación de material residual del influente para producir un fluido efluente y dispensar el efluente a través de la salida de fluido; y

una disposición de tuberías adaptadas para interconectar la pluralidad de biorreactores y para proporcionar una comunicación de fluido secuencial selectiva entre ellos,

en el que al menos un biorreactor de la pluralidad de biorreactores está adaptado para retirarse selectivamente de la comunicación de fluido con los otros biorreactores y para el establecimiento de un conjunto de condiciones de ciclo en seco dentro del tanque de cada uno del al menos un biorreactor, seleccionándose las condiciones de ciclo en seco para efectuar un crecimiento endógeno dentro de al menos una parte de la biomasa de cada uno del al menos un biorreactor y

en el que la disposición de tuberías está adaptada además de modo que cuando el al menos un biorreactor se retira de la comunicación de fluido con los otros biorreactores, los otros biorreactores permanecen operativos en una comunicación de fluido secuencial entre sí.

Ahora se describirán realizaciones preferidas de la invención con referencia a los dibujos adjuntos en los que: la figura 1 es un gráfico que muestra el tiempo (eje x) frente al logaritmo del número de microorganismos (eje y) de una biomasa típica en diversas fases de crecimiento;

la figura 2 es una ilustración esquemática de un biorreactor que puede usarse conjuntamente con los métodos y sistemas de la invención;

la figura 3 es una ilustración esquemática del funcionamiento del biorreactor de la figura 2;

la figura 4 es una ilustración esquemática de un sistema de procesamiento de residuos según una realización de la invención;

la figura 5 es una ilustración esquemática de un sistema de procesamiento de residuos según una realización de la invención; y

la figura 6 es un diagrama de flujo de un sistema de procesamiento de residuos según una realización de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones

La siguiente descripción pretende transmitir un entendimiento exhaustivo de las diversas realizaciones de la invención proporcionando varias realizaciones y detalles específicos que implican la digestión, el metabolismo o el tratamiento de materia orgánica residual. Sin embargo, se entiende que la presente invención no se limita a estas realizaciones y detalles específicos, que sólo son a modo de ejemplo. Se entiende además que un experto habitual en la técnica, a la luz de sistemas y métodos conocidos, apreciaría el uso de la invención para sus fines y beneficios

previstos en cualquier número de realizaciones alternativas.

La materia orgánica residual puede metabolizarse, o degradarse, en partes constituyentes mediante la acción de microorganismos que usan los compuestos liberados por el metabolismo como nutrientes. Se reconocen microorganismos tales como bacterias, actinomicetos, levaduras, algas y protozoarios por su capacidad para metabolizar celulosa, hemicelulosa, lignina, polisacáridos tales como almidón y quitina, proteínas, lípidos tales como triglicéridos y fosfolípidos, pesticidas, fungicidas, polímeros, residuos de petróleo y otros hidrocarburos de cadena larga o complejos que pueden encontrarse en materia orgánica residual. Por tanto, proporcionar un entorno en el que pueden desarrollarse microorganismos apropiados e introducir materia orgánica residual en ese entorno puede usarse para tratar o procesar la materia orgánica residual. Preferiblemente, los resultados del metabolismo de la materia orgánica residual por los microorganismos son compuestos orgánicos más sencillos, respetuosos con el medio ambiente, agua o gases tales como dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), y energía.

Puede usarse un biorreactor para que los microorganismos efectúen el metabolismo de materia orgánica residual. En el reactor puede introducirse materia orgánica residual y otros nutrientes (es decir, agua y oxígeno). Los microorganismos dentro del reactor metabolizan la materia orgánica residual, realmente tratándola o procesándola. Los medios biológicos dispuestos dentro del reactor se usan para proporcionar un sustrato al que se adhieran los microorganismos y formen las biopelículas y otras estructuras que pueden ser necesarias para su propagación. Colectivamente, los microorganismos pueden denominarse "biomasa" del reactor.

Una biomasa típica experimenta un ciclo de crecimiento de múltiples fases tal como se ilustra en la figura 1. El ciclo de crecimiento comprende una fase 10 de latencia, un fase 11 de crecimiento logarítmico (log), una fase 12 fija o estacionaria y una fase 13 de declive. En la fase de latencia, la biomasa se establece por sí misma en su entorno y busca formar las biopelículas y otras estructuras que permitan a la biomasa organizarse y propagarse. En la fase log, se observa un crecimiento logarítmico de la biomasa a medida que los microorganismos que incorporan la biomasa asimilan el material de su entorno (por ejemplo, materia orgánica residual, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en fluidos que rodean la biomasa) para crecer y propagarse. En la fase fija o estacionaria, la biomasa alcanza una cantidad o un tamaño máximos ya que se ve limitada por presiones del entorno tales como el área superficial de la estructura sobre la que se fija la biomasa y la cantidad de compuestos metabolizables en el entorno. En la fase de declive, la biomasa comienza disminuir en cantidad. Aunque sin desear de limitarse a la misma, se piensa que el daño sostenido a los microorganismos y biopelículas que incorporan la biomasa disminuye finalmente la capacidad de la biomasa para asimilar nutrientes de su entorno, conduciendo a la degradación de la biomasa observada en la fase de declive. Específicamente, en el caso de una biomasa bacteriana, se ha observado que el daño a las membranas de bacterias a lo largo del tiempo reduce su capacidad para asimilar nutrientes del entorno, conduciendo de ese modo a un declive en la biomasa.

El ciclo de vida mostrado en la figura 1 tiende a provocar una caída en el rendimiento del tratamiento de residuos en biorreactores tradicionales debido a la caída en la digestión a medida que la biomasa entra en declive. Adicionalmente, la biomasa en biorreactores anteriores tiende a presentar un comportamiento de desprendimiento. "Desprendimiento" se refiere a la tendencia de los microorganismos a liberarse de una biomasa para buscar condiciones más favorables para el crecimiento y la propagación en otro lugar. En general, puede producirse algún grado de desprendimiento en cualquier momento. Sin embargo, cuando una biomasa se vuelve demasiado grande en cantidad para su entorno (es decir, van a escasear recursos del entorno para soportar la biomasa), cuando el flujo de fluido a través del reactor se vuelve tan grande en velocidad que libera la biomasa de su sustrato, o cuando una proporción demasiado alta de la biomasa son microorganismos muertos (tal como sería típico durante la fase de declive), entonces puede producirse un "acontecimiento de desprendimiento" en el que una gran cantidad de biomasa se libera de su sustrato. Un acontecimiento de desprendimiento puede introducir grandes coagulaciones de microorganismos en el reactor y unidades de proceso colindantes. Las aglutinaciones resultantes de microorganismos pueden obstruir filtros, bombas y otras unidades de proceso. Además, el efluente que contiene el material desprendido puede estar fuera de los parámetros de control aceptables para el efluente del sistema. Por tanto, los acontecimientos de desprendimiento se consideran generalmente no deseables y han de evitarse. Un enfoque menos eficiente es aceptar el desprendimiento como una característica del sistema y eliminar periódicamente el lodo de bacterias desprendido del sistema.

Otra desventaja del procesamiento en reactores a base de microorganismos anterior de materia orgánica residual es que el metabolismo de celulosa y hemicelulosa a menudo es difícil de llevar a cabo. Tanto la celulosa como la hemicelulosa generalmente no pueden absorberse de manera directa a través de la pared o membrana celular de un microorganismo. Por tanto, estos compuestos pueden necesitar en primer lugar metabolizarse o hidrolizarse parcialmente fuera del microorganismo con el fin de proporcionar la energía y estructuras moleculares que necesita el microorganismo. Por ejemplo, en el caso de la celulosa, se requiere un cóctel de enzimas triple para reducir la celulosa a azúcares sencillos que luego puedan penetrar en la pared o membrana celular del microorganismo. Debido a que a menudo se encuentran compuestos más fácilmente digeribles en la materia orgánica residual, los microorganismos pueden favorecer el metabolismo de los otros compuestos con respecto al metabolismo de celulosa y hemicelulosa más difíciles. Por tanto, los procedimientos de tratamiento típicos pueden ser ineficaces en el procesamiento de la celulosa y hemicelulosa encontradas en la materia orgánica residual, particularmente en aguas residuales (es decir aguas cloacales) y lodo.

Una desventaja adicional del procesamiento en reactores a base de microorganismos de materia orgánica residual es que el fósforo, nitrógeno, potasio y azufre que están incorporados como nutrientes en los microorganismos se convierten finalmente en residuos en el lodo que es un subproducto del procedimiento. Esto añade volumen al lodo, que es costoso de eliminar. Por tanto, es deseable disminuir la cantidad de los nutrientes que están presentes en el lodo.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan sistemas para tratar eficientemente materiales residuales sin lodo residual que deba eliminarse periódicamente del sistema. Estos sistemas también proporcionan una digestión eficiente de celulosa y hemicelulosa y otros materiales orgánicos. La eficiencia de estos sistemas se mantiene a través del uso de configuraciones de reactores sumamente eficientes y a través de un método de mantenimiento de la potencia de la biomasa del reactor. Controlando y manteniendo la biomasa, las realizaciones de la invención pueden reducir o eliminar los problemas y las desventajas indicadas con respecto al uso de biomasa en reactores para metabolizar, tratar o procesar materia orgánica residual. Por ejemplo, el método puede usarse para devolver una biomasa de fase estacionaria o de declive a la fase log deseada. El método también reduce la tendencia de la biomasa a experimentar acontecimientos de desprendimiento. Además, el método potencia la capacidad de las biomasa para metabolizar celulosa y hemicelulosa.

Las figuras 2 y 3 ilustran un reactor 100 que puede usarse en o conjuntamente con realizaciones de la invención. El reactor 100 comprende un tanque 110 que tiene una entrada 150 y una salida 160 de fluido. El tanque 110 puede tener dispuestos en el mismo una serie de estratos que comprende materiales previstos para soportar una biomasa de microorganismos. En la realización ilustrativa mostrada en las figuras 2 y 3, una primera capa 120 de sustrato de biomasa está soportada por una segunda capa 130 de sustrato, que a su vez está soportada por una capa 140 de base. El tanque 110 y las capas de sustrato pueden estar configurados para dejar un espacio 152 por encima de la primera capa de sustrato en la parte superior del tanque 110. Las capas de sustrato y de base están configuradas para permitir que un fluido 156 de material residual se empuje por gravedad hacia abajo a través de cada estrato. En una disposición típica, la capa 140 de base está formada de mineral de arcilla o material similar. Las capas 120, 130 de sustrato primera y segunda están formadas de materiales seleccionados por su capacidad para proporcionar un medio para unión y crecimiento de microorganismos. Los materiales típicos pueden incluir bolas de medio dimensionadas y configuradas para establecer una densidad de microorganismos y un área superficial particulares.

Se entenderá que en algunas realizaciones, el reactor 100 puede tener sólo una única capa de sustrato o puede tener más de dos capas de sustrato. En reactores con múltiples capas, una primera capa 120 de sustrato puede comprender un primer material y/o configuración de medio mientras que una segunda capa 130 de sustrato comprende un segundo material y/o medio. Esto permite la adaptación del reactor 100 para la digestión de constituyentes de material residual particulares. De manera similar, puede variarse la profundidad de cada capa. En un ejemplo ilustrativo, un reactor 100 puede tener un tanque 110 de 11,365 l (3000 galones) que tiene dispuesto en el mismo una primera capa 120 de sustrato que comprende bolas de medio de 19 mm (tres cuartos de pulgada) de diámetro, una segunda capa de sustrato que comprende gravilla y una capa de base que comprende mineral de arcilla. La primera capa de sustrato puede estar formada con una profundidad de 76 cm (2,5 pies), la segunda capa de sustrato puede estar formada con una profundidad de 1,83 m (6,0 pies) y la capa de base puede estar formada con una profundidad de 1,83 m (6,0 pies).

Aunque sin desear limitarse a la misma, se cree que la disposición de los medios de las capas de sustrato para que sea de tamaño decreciente desde la parte superior del tanque hacia abajo puede ser ventajosa de varias maneras. Una ventaja posible es que el tamaño decreciente del sustrato proporciona un área superficial creciente al que pueden adsorberse la biomasa y la materia orgánica residual. Por tanto, el tamaño decreciente del sustrato en los tanques puede proporcionar una oportunidad aumentada para que los microorganismos metabolicen la materia orgánica residual. Adicionalmente, se cree que los sustratos de diferentes tamaños pueden provocar diferentes velocidades del líquido a través de la superficie de sustrato, lo que también puede afectar a la capacidad de los microorganismos para metabolizar la materia orgánica residual en el líquido.

En funcionamiento, se introduce material residual en el tanque 110 a través de la entrada 150 y se permite que pase hacia abajo a través de los estratos. Se extrae material efluente a través de la salida 160 de fluido. El reactor 100 puede usarse en un procedimiento de flujo continuo o de flujo pulsado o puede usarse en un procedimiento discontinuo en el que el material residual se recircula continuamente a través del reactor 100. Tal como se tratará en más detalle a continuación, el reactor 100 también puede usarse en serie o en paralelo con otros reactores.

El material de sustrato usado en el reactor 100 puede comprender cualquier medio biológico aplicable que proporcione un sustrato para el crecimiento de la biomasa del reactor. Los materiales de sustrato a modo de ejemplo incluyen, pero no se limitan a: piedra de lava; perlas cerámicas; Jaeger Tri-Packs® de plástico, disponible de Jaeger Products, Inc., Houston, Texas; etcétera. Otros materiales pueden incluir cuarcita, y vidrio molido de martillo gradado, limpio y afilado (incluyendo vidrio reciclado).

El material de sustrato puede seleccionarse para proporcionar una gran área superficial a la que pueden adsorberse los microorganismos que comprenden la biomasa e interactuar con oxígeno y material orgánico residual. Esto

permite la reducción en tamaño del/de los reactor(es) requerida para una velocidad dada de influente que va a tratarse (es decir, es más eficiente), reduce el tamaño de la planta y, de ese modo, reduce los costes de capital.

5 El reactor 100 y su funcionamiento pueden adaptarse para aumentar la disponibilidad de oxígeno y por tanto potenciar la eficiencia de digestión de biomasa. Una manera novedosa en que puede llevarse a cabo esto es controlar el nivel de líquido en los reactores de modo que se mantiene un espacio de aire en la parte superior del tanque 110. Esto garantiza que el material residual influente se hace pasar a través del espacio de aire antes de encontrarse con la primera capa 120 de sustrato y los microorganismos dispuestos en la misma. Debido al espacio entre la entrada 150 y la primera capa 120 de sustrato, el influente salpica sobre el sustrato, lo que da como resultado que se añada oxígeno al influente. En algunas realizaciones, este efecto de aireación puede aumentarse a través del uso de una boquilla 151 configurada para pulverizar el influente en una serie de corrientes 154 que salpican sobre el sustrato tal como se muestra en la figura 3. Si se desea, puede añadirse aire adicional al tanque 110 usando, por ejemplo, un insuflador con el fin de airear adicionalmente el líquido de material residual.

15 El espacio de aire en la parte superior del tanque no necesita ser coextensivo con el espacio 152 entre la primera capa 120 de sustrato y la parte superior del tanque. El nivel de fluido en el tanque 110 puede establecerse, por ejemplo, de modo que una parte del/de los sustrato(s) de medio se extienda al interior del espacio de aire exponiéndolo así al oxígeno en el espacio de aire. La exposición del medio también puede potenciar el efecto de aireación de la salpicadura descrita anteriormente.

20 Una aireación y distribución oxígeno mejoradas también pueden llevarse a cabo aumentando la turbulencia dentro del flujo de material residual a través de las capas de sustrato. Una manera en que esto puede llevarse a cabo es disponiendo las capas de sustrato de modo que la primera capa 120 de sustrato comprende un medio de diámetro más grande que la segunda capa 130 de sustrato. Esto crea un grado de turbulencia en el influente ya que fluye más rápidamente a través del medio de la parte superior (que tiene espacios de vacíos más grandes) y se ralentiza a medida que pasa a través del medio más pequeño.

25 La aireación del influente mejora la capacidad del reactor para metabolizar el material orgánico residual. Otros posibles beneficios de la boquilla de aireación y la creación de turbulencia en el flujo es que pueden ayudar a impedir la obstrucción y el retraso de acontecimientos de desprendimiento. Un posible beneficio adicional del espacio de aire abierto en la parte superior del tanque es que proporciona una vía de escape para el dióxido de carbono que se produce mediante las reacciones metabólicas que tienen lugar en el tanque.

30 La aireación también puede llevarse a cabo insuflando aire en las regiones inferiores del tanque 110. Esto sirve para añadir oxígeno al sistema y también sirve para “formar espuma” del efluente en la parte inferior del tanque. Esta acción de formación de espuma puede ayudar a dividir masas de microorganismos en la parte inferior del tanque que podrían de otro modo escaparse como una masa grande y obstruir o taponar el tanque u otras unidades de proceso en el sistema. Tal como se muestra en las figuras 2 y 3, puede introducirse selectivamente aire 172 en la parte inferior del tanque 110 usando un colector 170 de formación de espuma u otro mecanismo similar. La formación de espuma puede efectuarse a intervalos periódicos o cuando los parámetros del procedimiento cumplen determinados criterios predeterminados. Estos criterios, así como la duración y el volumen de aire aplicado, serán una función del material residual y las características del tanque.

35 El reactor 100 también puede incluir una disposición para el impulso de agua. En el impulso de agua, se introduce un pulso de efluente de tanque, agua limpia u otro líquido al tanque en o cerca a su parte inferior, de manera similar a la formación de espuma de aire. El impulso de agua puede ser útil para dividir masas de sedimento inorgánico en el tanque. Como la formación de espuma de aire, el impulso de agua puede llevarse a cabo a intervalos periódicos o cuando los parámetros de procedimiento indican que debe llevarse a cabo ese impulso.

40 El reactor 100 puede estar configurado para maximizar la eficiencia de digestión de materiales orgánicos en una corriente residual. Su eficiencia puede potenciarse adicionalmente a través de control operacional y el mantenimiento de la biomasa del reactor. Tal como se comentó anteriormente, el rendimiento de un biorreactor es función del ciclo de vida de la biomasa. Cuando la biomasa está en su fase log, el rendimiento del sistema estará en su máximo porque es durante esta fase que la capacidad de la biomasa para digerir o metabolizar materia orgánica residual es la más alta. Debido a que la biomasa aumenta logarítmicamente en cantidad durante la fase log, grandes cantidades de materia orgánica residual se degradan por la biomasa para proporcionar la energía y elementos estructurales moleculares necesarios para la propagación de microorganismos. Cuando la biomasa forma mesetas y comienza el declive, disminuye el rendimiento del metabolismo de material orgánico.

45 Por tanto, puede observarse que el rendimiento del reactor se mejorará si la biomasa puede mantenerse en la fase log durante el funcionamiento. En los métodos de la invención, esto se lleva a cabo retirando periódicamente el reactor del procedimiento de tratamiento de residuos del sistema e imponiendo determinadas condiciones en la biomasa. Esto incluye la eliminación de todo el material residual influente y todo el líquido del tanque de reactor. Aunque puede estar presente material residual, el único material orgánico sustancial permitido para permanecer en el tanque es el de la propia biomasa. Tal como se comentará en más detalle a continuación, las condiciones impuestas (denominadas en el presente documento condiciones de “ciclo en seco”) fuerzan a la biomasa a

5 alimentarse de sí misma con los microorganismos más jóvenes, más robustos que digieren el material orgánico de los microorganismos en declive o muertos. Tras una determinada duración de ciclo en seco óptima, se deja la biomasa en un estado en el que sólo quedan microorganismos en la fase inicial en el ciclo de vida. Por tanto, cuando se introducen de nuevo líquido y material residual en el reactor, la biomasa experimentará un crecimiento logarítmico y el reactor funcionará a una eficiencia superior.

10 Ahora se comentará en más detalle el ciclo en seco. Para iniciar un ciclo en seco, se drena el fluido que contiene la materia orgánica residual del reactor. Puede introducirse aire al reactor, por ejemplo mediante un insuflador, con el fin de airear la biomasa y conservar, hasta el grado posible, condiciones de metabolismo aerobias manteniendo una alta disponibilidad de oxígeno. Sin embargo, se reconoce que pueden existir algunas condiciones aerobias en partes de la biomasa durante el ciclo en seco. Los expertos habituales en la técnica reconocerán que éste es también el caso durante el ciclo en húmedo.

15 Debido a que el fluido que contiene la materia orgánica residual se elimina del reactor durante el ciclo en seco, la cantidad de nutrientes (por ejemplo, materia orgánica residual) disponible para la biomasa se reduce enormemente. Se cree que esto conduce a una disminución de la velocidad de metabolismo por los microorganismos que comprenden la biomasa y un aumento de su tasa de muerte. Debido a que microorganismos en las fases tardías (es decir fase estacionaria y de declive) son menos robustos que los microorganismos en fase log, se cree que las presiones del entorno sobre la biomasa conducen a una eliminación preferida de microorganismos en la fase tardía. Al eliminar microorganismos en la fase tardía de la biomasa, se liberan recursos tales como área superficial de sustrato para los microorganismos más jóvenes, más robustos.

20 También se cree que la eliminación de nutrientes inicia un periodo de crecimiento endógeno dentro de la biomasa. En otras palabras, la escasez de nutrientes provoca que los microorganismos de la biomasa compitan entre sí por la cantidad reducida de nutrientes que están disponibles. Además, cuando mueren los microorganismos más antiguos, menos robustos, proporcionan alimento para los microorganismos restantes a través de lisis. "Lisis" se refiere a la disolución de células o microorganismos tales como bacterias. En una biomasa que experimenta un ciclo en seco, la lisis permite que nutrientes procedentes de microorganismos muertos se difundan para proporcionar nutrientes a los otros microorganismos en la biomasa.

25 El resultado de este proceso endógeno es una reducción neta de la masa. Además, la edad promedio de los microorganismos que quedan en la biomasa se reduce enormemente. Estos microorganismos restantes permanecen sanos debido a los nutrientes recibidos procedentes de los muertos y se preparan para entrar en la fase log tras la inmersión en un entorno rico en nutrientes. Por tanto, puede observarse que las condiciones y la duración del ciclo en seco pueden adaptarse para establecer una edad promedio de los microorganismos de la biomasa y/o para establecer una masa de biomasa particular.

30 Las condiciones durante el ciclo en seco también pueden adaptarse para favorecer la difusión de un tipo particular de microorganismo. Por ejemplo, para favorecer la difusión de microorganismos termófilos que pueden ser hábiles en la metabolización de celulosa y hemicelulosa, puede ser deseable para aumentar la temperatura de la biomasa durante un ciclo en seco. Esto puede llevarse a cabo introduciendo calor de una fuente externa y/o utilizando el calor interno liberado durante el metabolismo de la materia orgánica residual. Mientras que durante el procesamiento de residuos, la temperatura de la biomasa puede mantenerse a niveles apropiados para la propagación de microorganismos mesófilos (de aproximadamente 15°C a aproximadamente 45°C, y más preferiblemente desde aproximadamente 25°C hasta aproximadamente 35°C), durante el ciclo en seco, la temperatura de la biomasa puede mantenerse a niveles apropiados para la propagación de microorganismos termófilos, o desde aproximadamente 45°C hasta aproximadamente 65°C. Preferiblemente, la temperatura de la biomasa durante el ciclo en seco es al menos de aproximadamente 40°C con el fin de facilitar la propagación de microorganismos termófilos.

35 Las condiciones de ciclo en seco también pueden adaptarse para eliminar o reducir la presencia de microorganismos no deseables. Por ejemplo, el nivel de temperatura puede establecerse para controlar determinadas bacterias anaerobias o facultativas.

40 Tal como se trató anteriormente, las biomasa en fase log se propagarán exponencialmente. Por tanto, la reducción de la cantidad de microorganismos en la fase tardía en la biomasa sirve para rejuvenecer o revitalizar la biomasa facilitando un aumento en el número relativo de microorganismos en fase log. Tras la reintroducción de una corriente residual líquida (es decir, el inicio de un "ciclo en húmedo") la biomasa se propaga rápidamente, proporcionando microorganismos robustos para metabolizar los materiales orgánicos en la corriente residual.

45 Por tanto, puede observarse que tras su devolución a su modo de tratamiento de residuos, un reactor con una biomasa que ha experimentado un ciclo en seco funcionará a una eficiencia máxima para metabolizar material residual. Además, la biomasa posterior al ciclo en seco puede adecuarse bien particularmente para el metabolismo de materiales específicos tales como celulosa y hemicelulosa. Tal como se trató anteriormente, sistemas de reactores previos no han podido metabolizar en general eficientemente celulosa y hemicelulosa. El mantenimiento de la biomasa a través de los métodos de procesamiento de ciclo en seco de la invención, sin embargo, ha proporcionado reactores con capacidad para degradar y digerir celulosa y hemicelulosa. Esto es particularmente

significativo dado que éstos son dos de los compuestos orgánicos más abundantes compuestos en la naturaleza. La celulosa puede, de hecho, constituir hasta el 20% de los materiales orgánicos en una fuente de aguas cloacales típica.

5 Se ha encontrado que el uso de un ciclo en seco proporciona una biomasa que metaboliza eficientemente celulosa y hemicelulosa durante el tratamiento de material residual. También se ha planteado como hipótesis que durante el propio ciclo en seco los microorganismos más jóvenes de la biomasa pueden metabolizar la celulosa y hemicelulosa disponibles de los microorganismos muertos en lugar de otros nutrientes que preferirían de otro modo. En particular, se cree que celulosa y hemicelulosa pueden obtenerse mediante la lisis de microorganismos moribundos o muertos, tales como microorganismos que pueden haberse expulsado durante un acontecimiento de desprendimiento de un reactor o unidad de proceso aguas arriba.

15 Además, se cree que las condiciones sumamente aerobias experimentadas por la biomasa durante el ciclo en seco debido a la introducción de aire en el reactor pueden favorecer el crecimiento de estos microorganismos particulares que son más eficientes en la metabolización de celulosa y hemicelulosa. Por ejemplo, las bacterias *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Cytophaga*, *Poliangium*, *Pseudomonas*, *Sporocytophaga* y *Vibrio* se reconocen por su capacidad para metabolizar celulosa. Los actinomicetos *Micromonospora*, *Nocardia*, *Streptomyces* y *Streptosporangium* también se reconocen por su capacidad para metabolizar celulosa. Con respecto a hemicelulosa, las bacterias *Bacillus*, *Cytophaga*, *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Streptomyces* se reconocen por su capacidad para metabolizar el compuesto. Por tanto, sin desear limitarse a las mismas, se cree que las condiciones del entorno experimentadas por la biomasa durante el ciclo en seco pueden favorecer la difusión de estos microorganismos, y por tanto el metabolismo de celulosa y hemicelulosa que están presentes en la propia biomasa o en el material residual que está tratándose.

25 También se cree que las enzimas liberadas por los microorganismos con el fin de metabolizar celulosa y hemicelulosa se hacen circular por todo el sistema de tratamiento cuando el reactor vuelve al ciclo en húmedo tras el ciclo en seco. Por tanto, el metabolismo de celulosa y hemicelulosa puede potenciarse por todo el sistema.

30 Otra posible ventaja del uso de un método de mantenimiento de ciclo en seco es que pueden liberarse elementos inorgánicos tales como nitrógeno, azufre, fósforo y potasio en la corriente de efluente del reactor en vez de arrastrarse dando lugar a un subproducto de lodo. En el método de ciclo en seco, estos elementos pueden liberarse por los microorganismos moribundos en la biomasa durante el ciclo en seco. Cuando se reintroduce luego fluido en el reactor, estos minerales se lavan del reactor en un estado de mineralización. Esto disminuye o elimina eficazmente el lodo residual en el reactor. Si es necesario, puede usarse tratamiento descendente para reducir los niveles de los elementos minerales en el efluente.

40 La duración del ciclo en seco puede depender de las características y los constituyentes de la biomasa. Puede establecerse para obtener la eficiencia máxima de la biomasa en la digestión de determinados materiales residuales. En algunos casos, la duración del ciclo en seco puede ser un equilibrio entre la eficiencia de un reactor particular y la eficiencia global de un sistema de múltiples reactores. Por ejemplo, puede no ser deseable retirar un reactor de un sistema durante la duración de tiempo que se requeriría para que el reactor alcance su propia eficiencia máxima. En sistemas de procesamiento de tres y cuatro reactores, una duración típica de ciclo en seco puede estar en un intervalo de 4,0-6,0 horas.

45 Además de la potenciación de la eficiencia de reactor, el mantenimiento de ciclo en seco de la biomasa también reduce la probabilidad de un acontecimiento de desprendimiento. Se cree que esto se debe a, al menos en parte, la reducción en el tamaño de la biomasa durante el ciclo en seco, que a su vez reduce la competencia dentro de la biomasa por nutrientes y el espacio de crecimiento. La reducción del tamaño de la biomasa garantiza que se mantenga a niveles en los que la cantidad de materia orgánica residual en el influente es suficiente para mantener un crecimiento logarítmico. Esto reduce la tendencia de los microorganismos en la biomasa a liberarse del medio de soporte para buscar mejores condiciones en otro lugar.

50 También se reduce la probabilidad de un acontecimiento de desprendimiento mediante la eliminación de los microorganismos menos robustos de la biomasa. Debido a que los microorganismos más robustos pueden tener una capacidad aumentada para adherirse al sustrato en el reactor en comparación con los microorganismos menos robustos, el aumento del porcentaje de microorganismos más robustos en la biomasa puede dar como resultado que la biomasa como un todo tenga una adhesión al sustrato aumentada, y por tanto una probabilidad reducida de experimentar un acontecimiento de desprendimiento. La reducción de la probabilidad de un acontecimiento de desprendimiento también reduce la posibilidad de que el reactor y el sustrato se obstruyan debido a la expulsión de biomasa del sustrato.

60 Aún otra ventaja del ciclo en seco es que la muerte de una parte de la biomasa puede dar como resultado la liberación de dióxido de carbono adicional, que puede eliminarse del reactor haciendo circular aire a través del mismo. Facilitando la producción y eliminación de dióxido de carbono, se reduce la cantidad global de material carbonoso en el sistema.

65

Puede observarse que un periodo de mantenimiento de ciclo en seco temporizado apropiadamente puede usarse para mantener un reactor a una eficiencia promedio óptima. Con el fin de maximizar la duración del ciclo en húmedo (es decir, tiempo de procesamiento de material residual), puede ser deseable cronometrar el inicio de un ciclo en seco para coincidir con el tiempo cuando la biomasa alcance la fase estacionaria o de declive. Al volver entonces el reactor a su funcionamiento cuando la biomasa (en promedio) está al inicio de la fase log, puede maximizarse la duración global de un ciclo en húmedo eficiente. Esto puede maximizar la digestión de la materia orgánica residual maximizando el tiempo que la biomasa pasa en la fase log de rápido crecimiento. Debido a que el método puede usarse para maximizar el periodo de tiempo que la biomasa pasa en la fase log de rápido crecimiento, el método puede aumentar la eficiencia del reactor y cualquier sistema y subsistema en el que esté instalado.

Pueden monitorizarse diversas condiciones del procedimiento con el fin de determinar cuándo debe implementarse un ciclo en seco en un reactor o una unidad de proceso dados. Por ejemplo, un ciclo en seco puede implementarse cuando la biomasa ha alcanzado una cantidad, volumen o tamaño determinados. Esto puede ser deseable porque las biomasa más grandes también pueden ser más antiguas, y por tanto es más probable que estén en la fase estacionaria o de declive de crecimiento y necesitando mantenimiento. Adicionalmente, las biomasa más grandes requieren una entrada de nutrientes más grande. Dada una entrada de nutrientes constante, es más probable que las biomasa más grandes desarrollen un desprendimiento en respuesta al suministro de nutrientes limitado que restringe su crecimiento.

Desgraciadamente, en general es difícil medir la cantidad de biomasa de manera directa. Como resultado, puede ser necesario medir otras variables que sean indirectamente indicativas de la cantidad de biomasa. Una variable de este tipo que puede ser un indicador indirecto de la cantidad de biomasa es la diferencia de presión entre la entrada y la salida del reactor. Esta diferencia puede resultar de la tendencia de la biomasa en crecimiento a obstruir el reactor o la unidad de proceso, conduciendo a una caída de presión aumentada desde la entrada hasta la salida del reactor. Por consiguiente, cuando la diferencia de presión excede un punto fijado, puede implementarse un ciclo en seco. De manera similar, la carga en las bombas que se usan para hacer circular la materia orgánica residual a través de un reactor o una unidad de proceso puede aumentar a medida que el reactor o la unidad de proceso se obstruyen por una biomasa en crecimiento. Por tanto, la carga en las bombas puede medirse como medio de determinación de cuándo debe implementarse un ciclo en seco.

Otra variable que puede medirse para evaluar indirectamente la cantidad de biomasa en el reactor y cuándo debe implementarse un ciclo en seco es el flujo volumétrico de fluido a través del reactor. Por ejemplo, cuando el flujo volumétrico de fluido disminuye hasta un determinado punto fijado, puede implementarse un ciclo en seco. La velocidad de descomposición de materia orgánica residual dentro del procedimiento también puede medirse para determinar cuándo debe implementarse un ciclo en seco. A medida que una biomasa envejece y requiere cada vez más mantenimiento, la velocidad de asimilación de materia orgánica residual se ralentiza porque la biomasa antigua entra en las fases estacionaria o de declive en las que ya no hay crecimiento rápido. Por tanto, una velocidad reducida de descomposición puede indicar cuándo debe implementarse un ciclo en seco.

Adicionalmente, la temperatura del reactor o la unidad de proceso puede medirse con el fin de determinar cuándo debe implementarse un ciclo en seco. El calor es un subproducto de la descomposición y el metabolismo de la materia orgánica. Por tanto, una reducción en la temperatura de funcionamiento de un reactor o una unidad de proceso puede indicar que la velocidad de descomposición/metabolismo ha disminuido y que debe implementarse un ciclo en seco con el fin de rejuvenecer y mantener la biomasa.

Todavía otra variable que puede medirse es el desplazamiento volumétrico de la biomasa en el reactor o la unidad de proceso. Esto puede ser particularmente aplicable en un procedimiento discontinuo en el que un reactor o una unidad de proceso se llenan repetidamente con materia orgánica residual que entonces se procesa y drena del reactor. El volumen de materia orgánica residual que puede bombearse al interior del reactor hasta que se llena puede compararse de lote a lote, siendo indicativo un volumen inferior de una biomasa más grande dentro del reactor o la unidad de proceso. Por tanto, cuando el volumen de materia orgánica residual que puede ubicarse dentro de un reactor o una unidad de proceso ha alcanzado un punto fijado lo suficientemente bajo, puede implementarse un ciclo en seco, lo que puede reducir la cantidad de biomasa en el reactor o unidad de proceso y dar como resultado un aumento en la materia orgánica residual que puede ubicarse dentro de la unidad.

Se entenderá que puede construirse un conjunto de criterios para iniciar un ciclo en seco basándose en diversas combinaciones de los indicadores anteriores. También se entenderá que los métodos de la invención no se limitan a reactores que tienen la configuración descrita anteriormente. Los métodos de mantenimiento de ciclo en seco de la invención pueden aplicarse a cualquier biorreactor de tratamiento de residuos.

También se entenderá que puede utilizarse mantenimiento de ciclo en seco en varias aplicaciones diferentes que implican el procesamiento de compuestos orgánicos e inorgánicos por los microorganismos incluyendo, pero sin limitarse a, el tratamiento de residuos agropecuarios, tratamiento de aguas residuales, tratamiento de lodos, tratamiento de lixiviados o craqueo, el tratamiento de residuos industriales orgánicos, producción de microorganismos para la estabilización de radionucleótidos, producción de microorganismos para la estabilización de metales pesados, etcétera. En cualquiera de estas aplicaciones, puede usarse un ciclo en seco para mantener la

biomasa apropiada para la aplicación, aumentar la eficiencia del reactor y cualquier sistema y subsistema en el que el reactor esté instalado, y disminuir la probabilidad de un acontecimiento de desprendimiento, entre otras ventajas.

Las realizaciones ilustrativas de la invención proporcionan sistemas para el procesamiento de material residual. Estos sistemas pueden adaptarse para procesar aguas cloacales, lodo u otros materiales residuales. El lodo es un subproducto de muchas instalaciones de tratamiento de residuos industriales primarias y secundarias, en particular POTW. En general, el lodo está en forma de o bien lodo húmedo concentrado con aproximadamente el 3% de biosólidos, o bien tortas secas con aproximadamente el 20% de biosólidos. En cualquier caso, los biosólidos de lodo en general están compuestos de aproximadamente el 80% de materiales orgánicos y el 20% de materiales inorgánicos. Los sistemas de tratamiento de lodos dados a conocer en el presente documento pueden ser aplicables al tratamiento de tanto lodo húmedo como lodo de torta seca en una variedad de composiciones diferentes. El procesamiento de lodos de torta seca, naturalmente, requerirá que se añada agua al lodo para proporcionar un fluido procesable.

Un sistema o módulo de procesamiento de material residual puede comprender cualquier número de reactores interconectados. Sin embargo, en un enfoque para implementar los métodos de ciclo en seco de la invención, un sistema de este tipo tendría al menos dos reactores disponibles para procesar residuos mientras que uno o más de otros reactores experimentan un ciclo en seco. En el sistema 200 de procesamiento de residuos a modo de ejemplo ilustrado en la figura 4, tres reactores 210, 220, 230 están interconectados para formar un módulo de procesamiento de 3 tanques. Los tanques están dispuestos de modo que un fluido 22 de material residual influente tal como lodo puede suministrarse selectivamente a los tanques a través de un colector 240 de tubería. La tubería 242 de recirculación de la salida de cada uno de los reactores permite que se recircule la composición de residuos licuados a través de los reactores hasta haberse llevado a cabo un tratamiento apropiado. Para un sistema de tratamiento de lodos, por ejemplo, el fluido de material residual puede procesarse hasta que aproximadamente el 85% de los materiales orgánicos en el lodo se hayan metabolizado. Cuando el material residual licuado se ha tratado apropiadamente, el efluente 23 puede drenarse del sistema y repetirse el procedimiento. De esta manera, la configuración de 3 tanques puede funcionar como un sistema de tratamiento discontinuo. En un método alternativo, el sistema puede hacerse funcionar de una manera de discontinua pulsada en la que el material residual se procesa hasta haberse cumplido los parámetros apropiados (por ejemplo, sólidos suspendidos totales (TSS)). Entonces, se permite que una pequeña cantidad de efluente salga del sistema y se añade una pequeña cantidad de influente al sistema.

Ya sea que se haga funcionar de manera discontinua o discontinua pulsada, cualquiera o la totalidad de los 3 reactores también pueden drenarse selectivamente y su biomasa someterse a un ciclo en seco tal como se describe en el presente documento. Pueden imponerse ciclos en seco, por ejemplo, al final de cada lote de lodo que está procesándose, o en algún otro intervalo periódico tal como diaria o semanalmente. En una realización alternativa, el ciclo en seco puede producirse en respuesta a las variables tratadas en el presente documento en referencia al método de ciclo en seco (por ejemplo, carga en las bombas, desplazamiento volumétrico, diferencial de presión, velocidad de flujo volumétrico, velocidad de descomposición, temperatura del reactor/tanque).

En un método a modo de ejemplo de procesamiento de lodos usando el sistema 200 de procesamiento de material de 3 tanques, el lodo en primer lugar puede licuarse, si es necesario, y/o diluirse hasta que alcanza un nivel de TSS de menos de aproximadamente 10000 mg/l. En algunas realizaciones, puede preferirse diluir el lodo hasta alcanzarse un nivel de menos de aproximadamente 5500 mg/l. Debe indicarse, sin embargo, que una mezcla demasiado diluida de lodo puede dar como resultado un tratamiento innecesariamente lento del lodo. Esto es porque la concentración de material orgánico residual puede ser insuficiente para mantener la biomasa en la fase de crecimiento logarítmico. Por tanto, puede preferirse que el lodo se diluya hasta un TSS de menos de 5500 mg/l pero no menos de aproximadamente 2500 mg/l.

Puede alimentarse fluido de material residual al sistema como influente y cargarse en los reactores en serie (es decir, en primer lugar llenando el tanque 210, luego el tanque 220, luego el tanque 230) o en paralelo (es decir, a los tanques 210, 220 y 230, simultáneamente). Si se llena en serie, la velocidad de llenado puede ser igual a la velocidad de flujo apropiada para el material residual a través de los tanques de modo que se trata parcialmente a medida que se desplaza de un reactor al siguiente. Sin embargo, si es aplicable, la carga en paralelo del material residual puede ser deseable debido a la velocidad aumentada con que puede cargarse el sistema. Una posible desventaja de la carga en paralelo es la posible obstrucción o taponamiento de los reactores que contienen sustratos más pequeños en su interior.

Se entenderá que hay muchas posibles variaciones en la secuencia de carga y procesamiento. Por ejemplo, en una secuencia particular, cantidades pequeñas (por ejemplo de 1.893 a 3.785 l; 500-1.000 gal.) de lodo pueden bombearse al interior del primer tanque 210 a intervalos específicos seleccionado por el operario. Puede introducirse aire en la parte inferior del tanque para mantener los materiales orgánicos muy volátiles en la parte superior y con digestión activa. En los mismos intervalos de tiempo, la misma cantidad de material puede eliminarse del primer tanque 210 e introducirse en el segundo tanque 220. El material en el segundo tanque 220 puede hacerse circular continuamente desde el segundo tanque 220 hasta al tercer tanque 230 y de regreso al segundo tanque 220. En los intervalos seleccionados, se elimina material del segundo tanque 220 y/o el tercer tanque 230, igualando la cantidad

del material la cantidad del material recientemente introducido procedente del primer tanque 210. Esto mantiene la concentración de lodos incluso en el primer tanque 210 mientras se elimina inhibidores de crecimiento de la parte inferior del tanque. También mantiene una menor concentración de materiales orgánicos en los tanques 220, 230 segundo y tercero, permitiéndoles así desarrollar una ecología deseada.

5 Una vez que se ha añadido la cantidad deseada de material residual al sistema 200, el sistema puede cerrarse y el material residual recircularse a través de los tres tanques y procesarse, metabolizarse o digerirse por las biomasas dentro de los tanques. Un sistema de control puede monitorizar y controlar variables tales como pH, temperatura, TSS y oxígeno disuelto (OD). En una realización preferida, el pH del sistema puede mantenerse dentro del intervalo de desde aproximadamente 6,0 hasta aproximadamente 8,0, y más preferiblemente hasta aproximadamente 7,0. En otra realización preferida, el OD puede mantenerse a niveles por encima de aproximadamente 2,0 mg/l. Más preferiblemente, el OD del influente puede mantenerse a niveles de desde aproximadamente 3,5 mg/l hasta aproximadamente 5,0 mg/l.

15 Todavía en otra realización preferida, durante el ciclo en húmedo la temperatura del sistema puede mantenerse a niveles apropiados para la propagación de microorganismos mesófilos, o desde aproximadamente 15°C hasta aproximadamente 45°C, y más preferiblemente desde aproximadamente 25°C hasta aproximadamente 35°C. Durante el ciclo en seco, la temperatura del sistema puede mantenerse a niveles apropiados para la propagación de microorganismos termófilos, o desde aproximadamente 45°C hasta aproximadamente 65°C. Preferiblemente, la temperatura del sistema durante el ciclo en seco es al menos de aproximadamente 40°C con el fin de facilitar la propagación de microorganismos termófilos. Una temperatura superior durante el ciclo en seco puede ser deseable con el fin de facilitar el metabolismo de celulosa y hemicelulosa.

20 Otras variables que pueden monitorizarse y controlarse son la presencia de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre. Esto puede ser deseable porque estos elementos comúnmente son nutrientes necesarios para los microorganismos.

25 Las partes interiores del reactor para los tres reactores 210, 220, 230 pueden estar diseñadas para proporcionar un sustrato apropiado para que las biomasas se unan, favorezcan la aireación y faciliten el mezclado completo de las composiciones dentro de los tanques. Los reactores 210, 220, 230 pueden cada uno estar configurados de manera similar a la del reactor 100 de las figuras 2 y 3. Se entiende que cada tanque puede tener una o más capas de sustrato además de una capa de base. En el sistema 200 ilustrado, cada tanque comprende una única capa de sustrato soportada por una capa de base. Se entenderá, sin embargo, que la configuración interna específica de los tanques puede ser diferente. Por ejemplo, en una realización particular, los tres tanques 210, 220, 230 pueden tener una capa de sustrato de ocho pies de profundidad y una capa de base de dos pies de profundidad de mineral de arcilla. Los materiales de sustrato, sin embargo, pueden ser diferentes. El material de sustrato del primer tanque 210 puede comprender bolas de medias de 3 pulgadas de diámetro, tales como las disponibles comercialmente de Jaeger Products, Inc., Houston, Texas. La capa de sustrato del segundo tanque 220, sin embargo, puede ser una mezcla de bolas de medio de 25,4, 3,81 y 50,8 mm (1 pulg., 1,5 pulg. y 2 pulg.) mientras que la capa de sustrato del tercer tanque 230 es una mezcla de bolas de medio de 25,4 y 3,81 mm (1 pulg. y 1,5 pulg.). Un experto en la técnica apreciará que también pueden usarse otras combinaciones de materiales de sustrato de medio y que pueden usarse otros materiales en lugar del mineral de arcilla.

30 La figura 5 ilustra una realización alternativa de un sistema de procesamiento de residuos. El sistema 300 de procesamiento de residuos a modo de ejemplo de la figura 5 comprende cuatro reactores 310, 320, 330, 340. Como la configuración de 3 tanques, la configuración de 4 tanques puede suministrar un fluido 22 de material residual tal como lodo a través de un colector 350 a los reactores 310, 320, 330 y 340. La tubería 352 de recirculación de la salida de cada uno de los reactores permite que el líquido del procedimiento recircule dentro del sistema. Un fluido 23 efluente puede drenarse del sistema una vez que el lodo se ha procesado tal como se desea. De esta manera, el sistema de tratamiento de lodos de ciclo en seco de 4 tanques puede funcionar de manera discontinua. El sistema también puede hacerse funcionar de una manera de discontinua pulsada tal como se describió anteriormente para el sistema 200 de tres tanques.

35 El sistema 300 de residuos de 4 tanques puede hacerse funcionar de varias maneras. En un método de funcionamiento, los cuatro reactores 310, 320, 330, 340 pueden ser funcionales al mismo tiempo a menos o hasta que se determine que uno o más de los reactores 310, 320, 330, 340 debe retirarse del sistema 300 (es decir, aislarse de los otros reactores) y someterse a condiciones de ciclo en seco. Tras completarse el ciclo en seco, el reactor o reactores rejuvenecidos pueden devolverse al sistema 300. Los criterios para retirar un reactor del sistema 300 para experimentar un ciclo en seco pueden basarse en las condiciones del reactor medidas o basarse en un límite de tiempo de funcionamiento.

40 En un método particular de funcionamiento del sistema 300 de procesamiento de residuos, sólo tres de los reactores 310, 320, 330, 340 están procesando residuos en cualquier tiempo dado, mientras que el cuarto reactor está aislado y sometido a un ciclo en seco. Los tres reactores en funcionamiento proporcionan eficazmente un subsistema de tres tanques que puede hacerse funcionar de una manera discontinua como el sistema 200 de 3 tanques descrito anteriormente. Por ejemplo, un lote de lodo u otro material residual puede procesarse hasta que los TSS sean de aproximadamente 150 mg/l o alguna otra variable haya alcanzado un nivel deseado. Los tres reactores en

funcionamiento pueden cargarse en serie o de manera paralela. Mientras tanto, el cuarto reactor se somete a condiciones de ciclo en seco para el mantenimiento de la biomasa dispuesta en el mismo. De esta manera, cada tanque en el sistema 300 de procesamiento de 4 tanques puede someterse a una condición de mantenimiento de ciclo en seco durante cada lote de material residual.

5 Si se desea, los cuatro reactores 310, 320, 330, 340 del sistema 300 de procesamiento de residuos pueden tener partes interiores configuradas de manera similar a las de los reactores en la configuración de 3 tanques del sistema 200 de procesamiento de residuos mostrada en la figura 4. Como en el sistema 200, cada tanque del sistema 300 de cuatro tanques puede comprender una o más capas de sustrato soportadas por una capa de base. La configuración de los cuatro tanques puede ser la misma o algunos o todos los tanques pueden ser diferentes de los otros tanques. En la realización ilustrada en la figura 5, cada uno de los tres primeros reactores 310, 320, 330 tiene una única capa de sustrato mientras que el cuarto reactor 340 tiene dos capas de sustrato. En un sistema de ejemplo particular, cada uno de los tres primeros reactores 310, 320, 330 tiene una capa 312, 322, 332 de sustrato de 2,44 m (ocho pies) de profundidad y una capa 314, 324, 334 de base de 61 cm (dos pies) de profundidad, de mineral de arcilla. La capa 312 de sustrato del primer reactor 310 comprende bolas de medio de 7,6 cm (3 pulg.) de diámetro, la capa 322 de sustrato del segundo reactor 320 comprende una mezcla de bolas de medio de 25,4, 38,1 y 50,8 mm (1 pulg., 1,5 pulg. y 2 pulg.), y la capa 332 de sustrato del tercer reactor 330 es una mezcla de bolas de medio de 25,4 y 38,1 mm (1 pulg. y 1,5 pulg.). El cuarto reactor 340 tiene una primera capa 342 de sustrato (la más superior) que es de 7,6 cm (2,5 pies de profundidad) una segunda capa 344 de sustrato que es de 91 cm (3,0 pies) de profundidad y una capa 346 de base de mineral de arcilla que es de 91 cm (3,0 pies) de profundidad. La primera capa 342 de sustrato comprende bolas de medio de 19 mm (3/4 de pulg.) y la segunda capa 344 de sustrato comprende gravilla redondeada n.º 67.

Con referencia a la ilustración esquemática de la figura 6, otra realización de la invención proporciona un sistema 400 de procesamiento de material residual que puede ser particularmente eficaz en el tratamiento de aguas cloacales. El sistema 400 comprende una pluralidad de biorreactores conectados en serie, representando cada reactor una fase en el procesamiento del material residual y estando cada uno en comunicación de fluido con su predecesor. En el ejemplo ilustrado, las tres primeras fases de procesamiento se llevan a cabo haciendo pasar el material residual influente secuencialmente a través de cada uno de los tres reactores 410, 420, 430. Estos reactores, que tienen cada uno una biomasa de microorganismos dispuesta en el mismo, pueden estar configurados de manera similar al reactor 100 de las figuras 2 y 3 o pueden tener una configuración diferente. En una realización típica, cada uno de estos reactores que puede tener una configuración interna diferente, está dotado de una forma diferente de microorganismo, o tiene un tamaño o una configuración de sustrato diferente. La cuarta fase de procesamiento se lleva a cabo por uno de un par de reactores 440A, 440B. El sistema está configurado de modo que en cualquier momento dado, sólo uno de los reactores 440A, 440B está en comunicación de fluido con el reactor 430 previo para procesar efluente a partir del mismo. El otro reactor del par se aísla del sistema de modo que puede someterse a condiciones de ciclo en seco. Los reactores 440A, 440B pueden estar configurados de la misma manera que el reactor 100 de las figuras 2 y 3. Cada uno puede tener características internas y de biomasa específicas adaptadas para procesar tanto la corriente de material residual tal como se procesa por los reactores aguas arriba como para procesar material de biomasa desprendido de estos reactores. Las características de los reactores 440A, 440B serán normalmente idénticas. El sistema 400 de procesamiento de residuos también puede tener un filtro 450. El filtro 450 puede ser un filtro de zeolita o cualquier otro dispositivo o sistema de filtración existente.

En funcionamiento, un flujo continuo de un fluido influente que contiene material residual orgánico se hace pasar secuencialmente a través de los reactores 410, 420, 430 y el elemento activo del par de reactores 440A, 440B alternos. Los reactores 440A, 440B alternos pueden hacerse rotar periódicamente entre los modos de ciclo en seco y tratamiento de residuos en funcionamiento. Manteniendo el reactor final en la serie a una eficiencia máxima, el material de biomasa que resulta de acontecimientos de desprendimiento de los reactores 410, 420, 430 aguas arriba puede gestionarse fácilmente y retirarse de la corriente de material residual. El filtro 450 puede usarse entonces para atrapar cualquier material residual en el efluente de los reactores 440A, 440B alternos.

En una realización a modo de ejemplo del sistema 400 de procesamiento de residuos, los reactores 410, 420, 430 aguas arriba pueden tener la misma configuración interna y los materiales de sustrato que la realización a modo de ejemplo descrita anteriormente para los tres primeros reactores 310, 320, 330 del sistema 300 de procesamiento de residuos. Cada uno de los reactores 440A, 440B alternos puede tener las características de la realización a modo de ejemplo descrita anteriormente para el cuarto reactor 340 del sistema 300 de procesamiento de residuos de la figura 4.

Los reactores 440A, 440B alternos pueden hacerse rotar entre los ciclos en húmedo y en seco de una manera periódica con el fin de mantener sus biomazas en una fase de crecimiento óptima. El cambio de la corriente desde uno de los reactores 440A, 440B al otro puede hacerse tras intervalos predeterminados o puede hacerse basándose en parámetros observados que cumplen criterios predeterminados. Tales criterios pueden, por ejemplo, estar relacionados con la observación de cambios en el flujo u otros parámetros que sugieren que se ha producido un acontecimiento de desprendimiento en uno de los reactores 410, 420, 430 aguas arriba. Basándose en la observación de un evento de este tipo, el sistema puede funcionar para cambiar a cualquiera de los dos reactores

440A, 440B que sea mejor para procesar el material desprendido. Preferiblemente, los reactores 440A, 440B se someten a un ciclo de manera tal que no se requiere ninguno para manejar dos acontecimientos de desprendimiento consecutivos.

5 Como resultado del mantenimiento de ciclo en seco periódico, se espera que se minimicen o eliminen acontecimientos de desprendimiento en los reactores 440A, 440B alternos. No obstante, el filtro 450 adicional puede estar configurado para eliminar cualquier biomasa restante en el fluido efluente tras el procesamiento por los reactores 440A, 440B.

10 Otros parámetros de control, tales como cuándo debe implementarse el ciclo en seco, duración de ciclo en seco, temperatura, pH, niveles de OD, TSS, etcétera, pueden controlarse tal como se ha explicado en referencia a un sistema de tratamiento de lodos de ciclo en seco.

15 Se entenderá que un sistema secuencial tal como el sistema 400 de tratamiento de residuos no se limita a un número particular de reactores. Por ejemplo, un sistema de este tipo puede comprender cualquier número de reactores aguas arriba (es decir, uno o más). Un sistema de este tipo también puede rotar entre más de dos reactores en la fase final de bioprocesamiento.

20 Un sistema de tratamiento de aguas cloacales que usa métodos de mantenimiento de ciclo en seco puede implementarse de manera muy similar a una planta de tratamiento de aguas cloacales tradicional. Por ejemplo, pueden emplearse monturas tales como una criba de barros, eliminación de granos y tanques de sedimentación y ecualización para eliminar grandes medios del influente de aguas cloacales antes del procesamiento por el sistema. También puede usarse filtración terciaria (por ejemplo, usando un filtro micrométrico), sistemas de desinfección químicos y ultravioletas, sistemas de ecualización, sistemas de nitrificación/desnitrificación, floculadores y aclaradores conjuntamente con el sistema de ciclo en seco.

25 Los sistemas de tratamiento de la invención pueden usarse como complemento a una instalación de tratamiento de aguas residuales existente. Por ejemplo, cualquiera de estos sistemas puede implementarse como un procedimiento de tratamiento previo con el fin de reducir la carga orgánica global en una instalación existente. Los sistemas de la invención pueden ser particularmente muy adecuados para su uso como un procedimiento de tratamiento previo porque la concentración superior de biosólidos en la fase de tratamiento previo puede ser más adecuada para estos sistemas.

35 Los sistemas de la invención también pueden usarse para sustituir o aumentar una unidad de proceso dentro de una instalación de tratamiento de aguas residuales existente. De nuevo, dado que una alta concentración de biosólidos puede ser más apropiada para el procesamiento en los sistemas de procesamiento de alta eficiencia de la invención, puede ser deseable conectarlos hasta un punto en una instalación de tratamiento de aguas cloacales existentes en la que los biosólidos en la corriente residual están concentrados hasta al menos aproximadamente el 0,3% del efluente. Por ejemplo, un sistema de alta eficiencia según la invención puede estar conectado cerca de la parte inferior de tanques de aireación de plantas de aguas cloacales existentes ubicadas lejos del clarificador primario. El sistema de alta eficiencia puede estar configurado para eliminar más del 85% de la materia orgánica en la corriente residual, que posteriormente puede devolverse a la instalación existente para su procesamiento adicional. Tal como se demuestra en los ejemplos a continuación, TSS puede reducirse por debajo de 150 mg/l para un influente que tiene un TSS inicial en el orden de 4000 mg/l. Se han llevado a cabo reducciones en sólidos suspendidos totales de hasta el 97%.

50 Los métodos y sistemas descritos en el presente documento pueden proporcionar otros beneficios además del rendimiento superior en cuanto a la reducción en la cantidad de materia orgánica residual. Mientras que los procedimientos de tratamiento de aguas cloacales y lodos tradicionales son largos, costosos de construir y costosos de mantener, los sistemas descritos en el presente documento pueden tener un área de cobertura relativamente pequeña (que comprende principalmente tanques, bombas y tuberías simples y sistemas de control), pueden ser relativamente baratos de construir y pueden ser relativamente baratos de mantener. En algunos casos, los procedimientos de tratamiento de aguas cloacales y lodos descritos en el presente documento pueden distribuirse como plantas de "empaquetado", que comprenden los tanques, tuberías, bombas, válvulas, sistemas de control, etcétera, que pueden ser necesarios para construir y hacer funcionar uno de los sistemas.

60 Los métodos y sistemas de la invención pueden usarse conjuntamente con un estuario. Se sabe bien en ecología que la mayor parte del dióxido de carbono que se fija en el carbono orgánico y sedimento inorgánico tal como roca sedimentaria que tiene grandes cantidades de carbonatos se forman en zonas de estuario. Además estas zonas son responsables de fijar los nutrientes de plantas sumamente móviles tales como nitrógeno y fósforo. Muchas comunidades en todo el mundo usan ahora zonas de estuario para inmovilizar o fijar nutrientes sumamente móviles tales como nitrógeno y fósforo. El uso de una zona de estuario con los sistemas de la invención puede fijar o inmovilizar suficiente nitrógeno y fósforo para permitir que las comunidades disminuyan su salida de nitrógeno y fósforo. Esto puede ser especialmente importante en zonas en las que la liberación de estos nutrientes está prohibida por la ley. Un sistema combinado de este tipo puede permitir que una comunidad desarrolle créditos de carbono que podrían hacer que la industria cumpla con el acuerdo de Kyoto, que requiere que los países firmantes

disminuyan sus emisiones de dióxido de carbono.

Ahora se describirá la eficacia de la invención en referencia a los siguientes ejemplos.

5 La tabla 1 ilustra el rendimiento de un sistema de procesamiento de lodos de tres tanques configurado tal como se describió anteriormente para el sistema 200 de procesamiento de la figura 4. El sistema incluía tres tanques de 11.365 l (3.000 galones) con sustratos de medio configurados tal como se describe para la configuración a modo de ejemplo del sistema 200 de procesamiento. Para cada lote, se cargaron y se descargaron los tanques
10 secuencialmente. Se ejecutaron ocho lotes (que representan una ejecución de procesamiento al día) tras la aplicación de un ciclo en seco realizado para los tres tanques. Los resultados muestran que el rendimiento de eliminación de material orgánico estuvo en un intervalo de desde aproximadamente el 93% hasta aproximadamente el 97%.

15 **Tabla 1 - tratamiento de lodos, eficacia de reducción de materiales orgánicos**

Número de lote	Litros (galones) procesados		TSS, dentro (mg/l)	TSS, fuera (mg/l)	Reducción de materiales orgánicos
1	7,768	(2,052)	3,724	212	94,3%
2	9,323	(2,463)	4,348	137	96,8%
3	8,971	(2,370)	4,088	156	96,2%
4	8,335	(2,202)	3,600	154	95,7%
5	7,223	(1,908)	3,912	259	93,4%
6	7,427	(1,962)	3,808	266	93,0%
7	8,101	(2,140)	3,756	180	95,2%
8	7,794	(2,059)	3,800	133	96,5%
Galones totales por día	64,942	(17,156)			
Promedio por lote	8,120	(2,145)	3,880	187	95,1%

Se ha mostrado que el rendimiento de sistemas de procesamiento de lodos a modo de ejemplo que implementan los métodos de mantenimiento de ciclo en seco de la invención excede con mucho el rendimiento de sistemas de la técnica anterior. La tabla 2 ilustra resultados de rendimiento para el sistema de tres tanques anteriormente
20 en el que se aplicaron métodos de mantenimiento de ciclo en seco. Los resultados para el sistema, que se hizo funcionar en modo discontinuo con 1600 gal. por lote, se muestran junto con resultados comparables para procedimientos de tratamiento anaerobio convencional, aerobio a alta tasa y aerobio.

25 **Tabla 2 – Rendimiento de eliminación de sólidos de procedimiento de tratamiento de lodos de ciclo en seco**

Procedimiento de tratamiento de lodos	% de reducción de SSV	Velocidad de carga de sólidos SSV típica		Tiempo de detención hidráulica (días)
		kg/m ³ /día	(lbs/pies.cúb./día)	
Anaerobio a tasa convencional	40 - 50	0,48 - 0,16	(0,03 - 0,01)	30 - 90
Anaerobio a alta tasa	40 - 50	1,6 - 6,4	(0,10 - 0,40)	10 - 20
Aerobio	40 - 50	1,6 - 3,2	(0,10 - 0,20)	16 - 18
Sistema aerobio con mantenimiento de ciclo en seco	80 - 97	4,16 - 5,6	(0,26 - 0,35)	0,8 - 1,0

Tal como se muestra en la tabla 2, los procedimientos de tratamiento de lodos de ciclo en seco descritos en el presente documento pueden realizarse significativamente mejor que sistemas de tratamiento aerobios y anaerobios convencionales para el procesamiento y tratamiento de lodo. La reducción en porcentaje de sólidos suspendidos volátiles (SSV) en procedimientos de tratamiento de lodos de ciclo en seco puede estar entre aproximadamente el 80% y aproximadamente el 97%. En un lodo típico, esto puede traducirse en una reducción total de volumen de lodo en de aproximadamente el 68% a aproximadamente el 72%. La tabla 2 también demuestra que la tasa de carga por pie cúbico de los procedimientos de tratamiento de lodos de ciclo en seco excede la de los procedimientos de tratamiento típicos actualmente en uso. Finalmente, la tabla 2 demuestra que el tiempo de detención de los
30 procedimientos de tratamiento de ciclo en seco se reduce enormemente frente al procedimiento de tratamiento actual.

35 También se ha encontrado que los sistemas de procesamiento de lodos según la invención son sumamente exitosos con respecto a la eliminación de nitrógeno. La tabla 3 ilustra la diferencia en el contenido en nitrógeno entre el

material residual influente y el material residual procesado en el tanque del tercer sistema antes de la eliminación del sistema. Los datos ilustran la eliminación de nitrógeno con respecto al transcurso de seis lotes de material residual procesados a través del sistema de tres tanques descrito anteriormente. Una revisión de estos resultados muestra que el sistema proporciona una reducción de orden de magnitud reducción constante de nitrógeno total.

5

Tabla 3 – rendimiento de eliminación de nitrógeno del sistema de tratamiento de lodos

N.º de lote	Contenido en nitrógeno total	
	(TKN)	
	<u>Influente</u>	<u>Tanque 3</u>
1	239,00	26,80
2	245,00	10,40
3	226,00	6,60
4	243,00	10,90
5	279,00	8,83
6	303,00	3,64

REIVINDICACIONES

1. Método de mantenimiento de una biomasa en un sistema de tratamiento de residuos que comprende una pluralidad de tanques (110) de biorreactor interconectados, teniendo cada uno de dichos tanques de biorreactor una entrada (150) y una salida (160) y conteniendo una biomasa dispuesta sobre un sustrato (120, 130, 140) mediante lo cual un fluido (156) influente puede introducirse selectivamente a través de la entrada en un tanque de biorreactor para la eliminación de material residual del mismo para producir un fluido efluente que puede devolverse a través de una tubería (242) de recirculación desde la salida al sistema de tratamiento de residuos, comprendiendo el método las etapas de:
- a) procesar una cantidad de fluido influente a través de cada uno de dichos tanques de biorreactor para producir una cantidad de fluido efluente;
- b) eliminar el fluido efluente de uno seleccionado de los tanques de biorreactor a través de su salida;
- c) determinar si se han cumplido criterios predeterminados para iniciar un ciclo en seco, repitiendo las etapas (a) y (b) hasta que se hace una determinación de que se han cumplido los criterios predeterminados para iniciar un ciclo en seco y, en respuesta a una determinación de que se han cumplido los criterios predeterminados para iniciar un ciclo en seco, llevar a cabo las siguientes etapas de:
- d) aislar el tanque de biorreactor seleccionado del sistema de tratamiento de residuos mientras continúa pasando fluido a través de los otros tanques en el sistema;
- e) establecer un conjunto de condiciones de ciclo en seco en el tanque de biorreactor aislado, seleccionándose las condiciones de ciclo en seco, incluyendo al menos una de una temperatura de tanque interna en un intervalo de temperatura predeterminado, una humedad de tanque interna en un intervalo de humedad predeterminado y una presión de tanque interna en un intervalo de presión predeterminado, para efectuar un crecimiento endógeno dentro de al menos una parte de la biomasa mediante lo cual puede adaptarse una edad promedio de la al menos una parte de la biomasa; y
- f) restablecer la conexión del tanque de biorreactor al sistema de tratamiento de residuos.
2. Método según la reivindicación 1, en el que el conjunto de condiciones de ciclo en seco incluye una temperatura de tanque interna de al menos 40°C.
3. Método según la reivindicación 1, en el que el conjunto de condiciones de ciclo en seco incluye una temperatura de tanque interna en un intervalo de desde 45°C hasta 65°C.
4. Método según la reivindicación 1, que comprende además:
- tras el establecimiento de condiciones de ciclo en seco en el tanque de biorreactor, insuflar aire en el tanque de reactor para proporcionar oxígeno adicional a la biomasa.
5. Método según la reivindicación 1, en el que los criterios predeterminados incluyen una diferencia de presión hidrológica máxima entre la entrada y la salida del tanque de biorreactor.
6. Método según la reivindicación 1, en el que la acción de procesar una cantidad de fluido influente incluye permitir que el fluido influente fluya a través del tanque de reactor y recircular el fluido influente a través del tanque de reactor hasta conseguirse un contenido en material residual deseado.
7. Método según la reivindicación 6, en el que el fluido influente comprende un lodo que tiene sólidos suspendidos en un intervalo de desde 2500 mg/litro hasta 10000 mg/litro.
8. Método según la reivindicación 6, en el que el fluido influente comprende un lodo que tiene sólidos suspendidos en un intervalo de desde 2500 mg/litro hasta 5500 mg/litro.
9. Método según la reivindicación 6, en el que el contenido en material residual deseado no es superior a 150 mg/litro.
10. Método según la reivindicación 6, en el que el contenido en material residual deseado no es superior al 15% de un contenido en material residual de influente.
11. Método según la reivindicación 6, en el que los criterios predeterminados incluyen una velocidad de flujo volumétrico mínima a través del tanque.
12. Método según la reivindicación 6, en el que los criterios predeterminados incluyen una velocidad de

eliminación de material residual mínima.

- 5
13. Método según la reivindicación 1, en el que los criterios predeterminados incluyen un intervalo de tiempo de funcionamiento máximo.
14. Método según la reivindicación 1, en el que los criterios predeterminados incluyen un desplazamiento volumétrico máximo de la biomasa.
- 10
15. Método según la reivindicación 1, en el que los criterios predeterminados incluyen una temperatura máxima dentro del tanque de reactor.
16. Método según la reivindicación 1, que comprende además:
- 15
- mantener las condiciones de ciclo en seco en el tanque de biorreactor durante un intervalo de tiempo predeterminado
17. Método según la reivindicación 16, en el que el intervalo de tiempo predeterminado está en un intervalo de 4,0 horas a 6,0 horas.

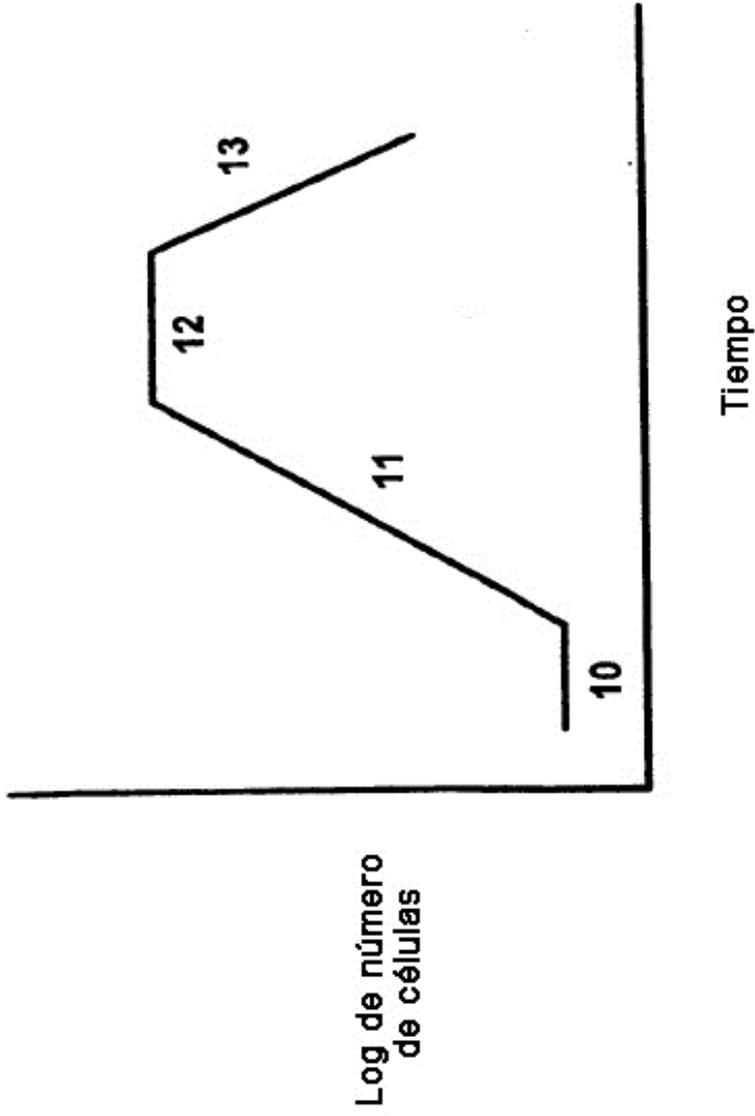


FIG. 1

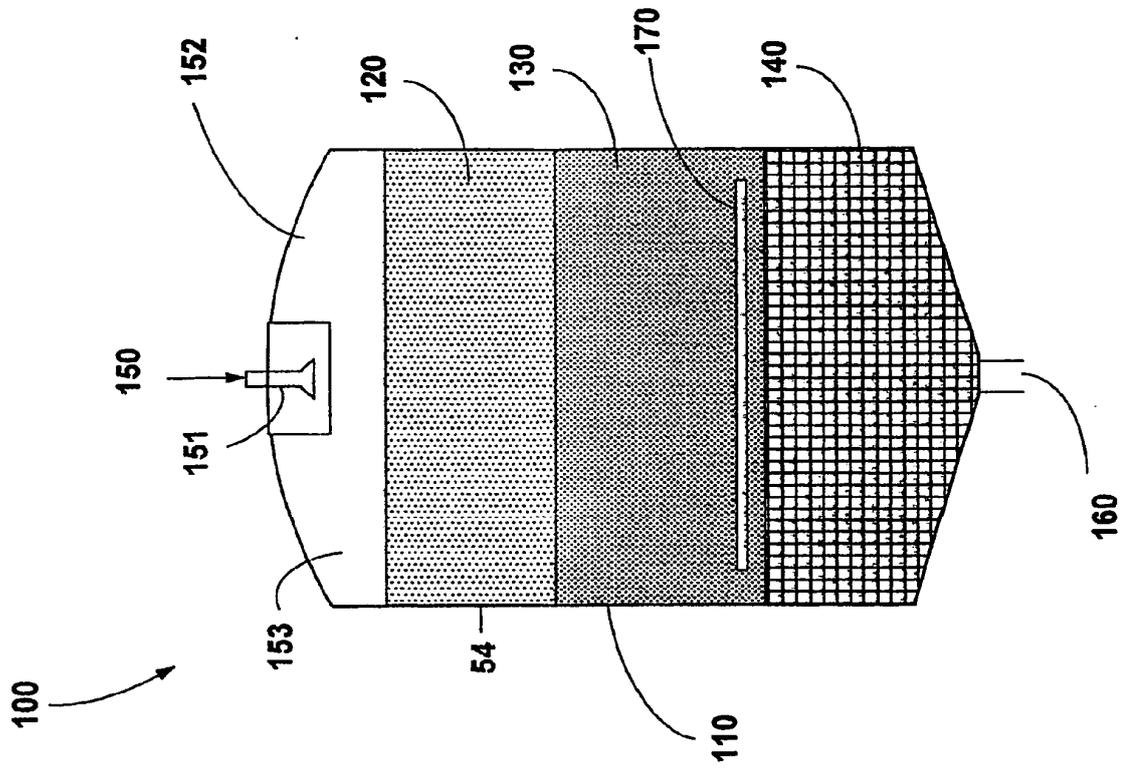


FIG. 2

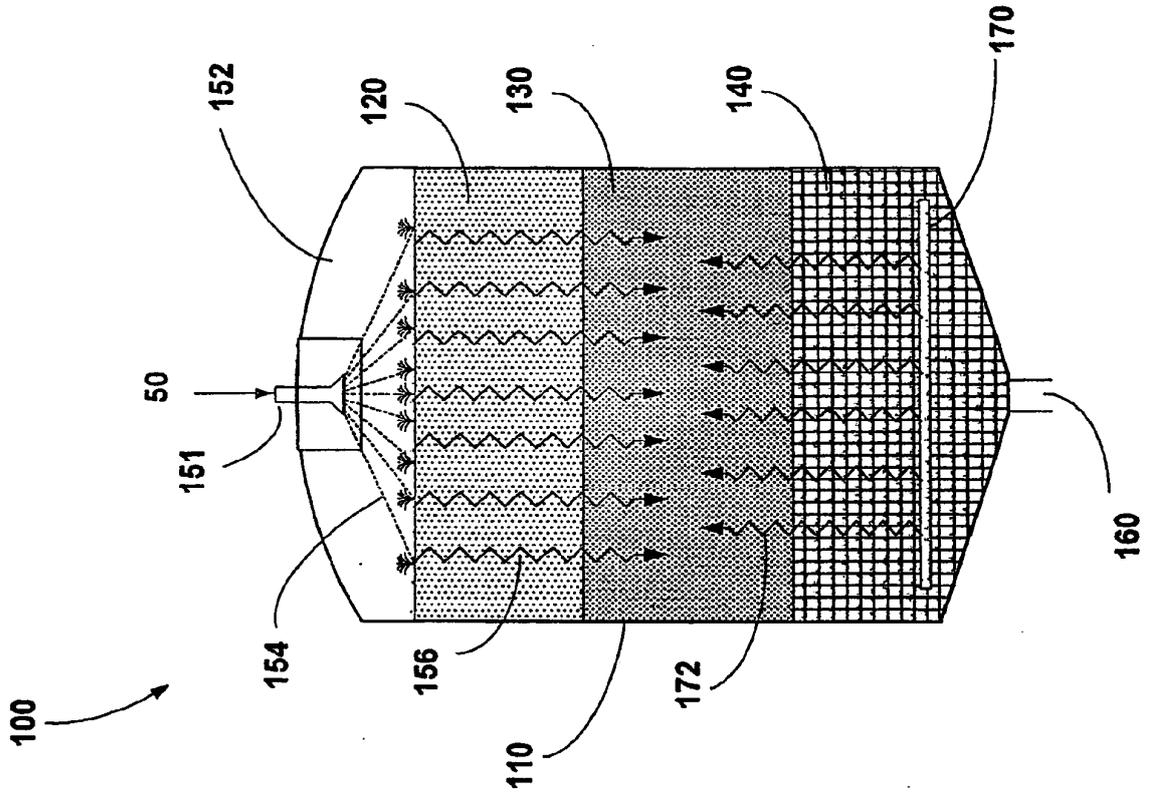


FIG. 3

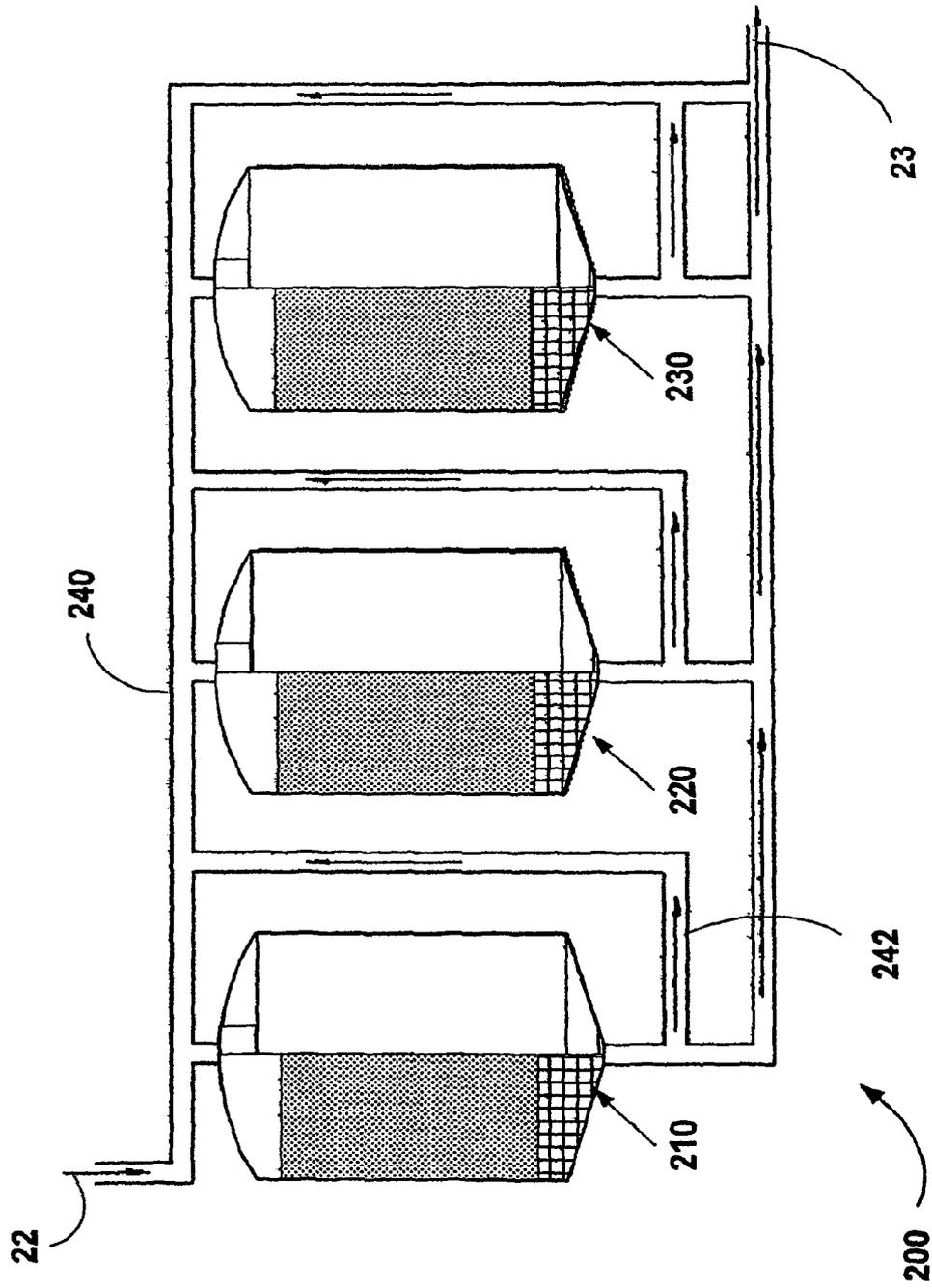


FIG. 4

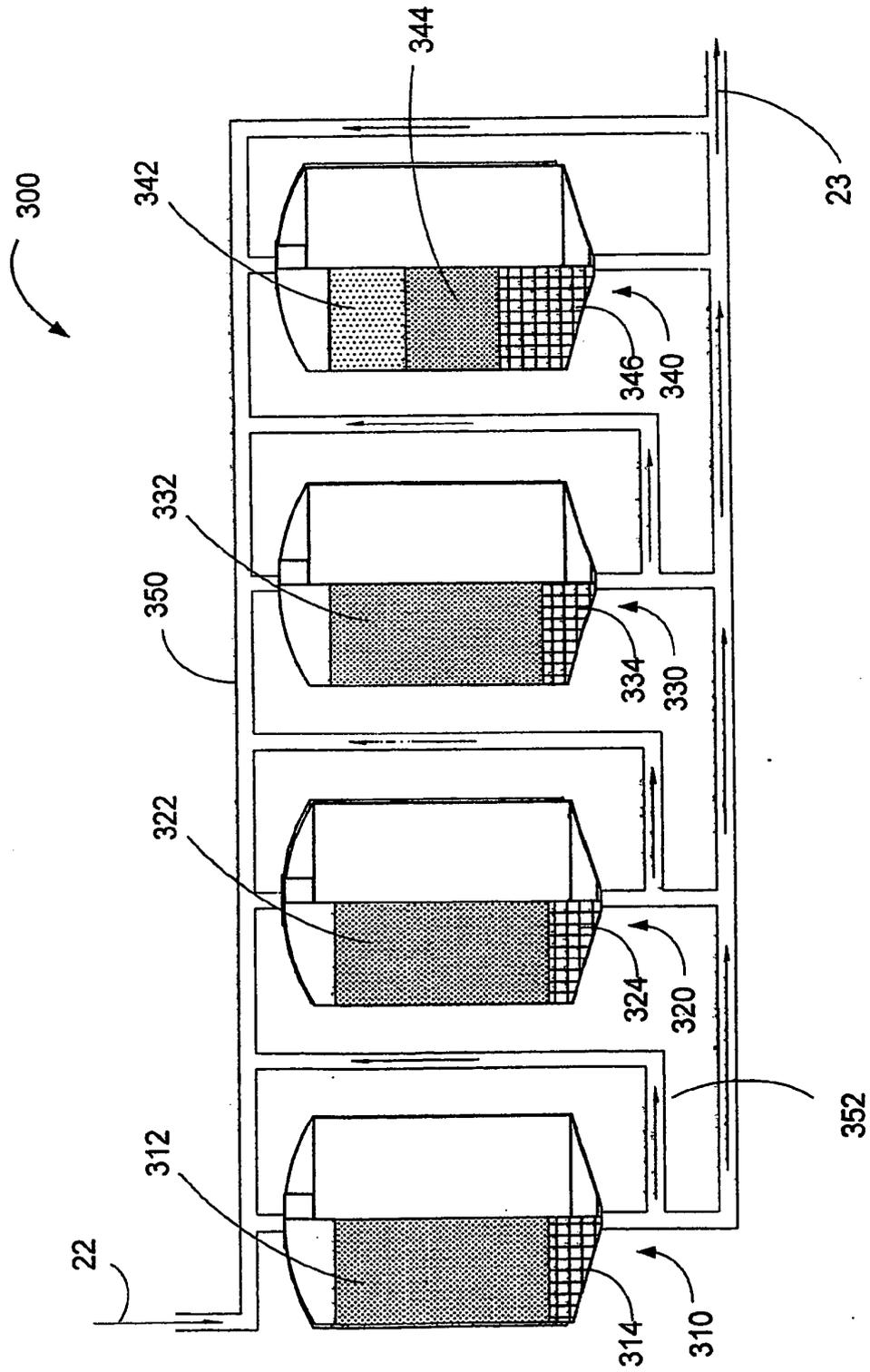


FIG. 5

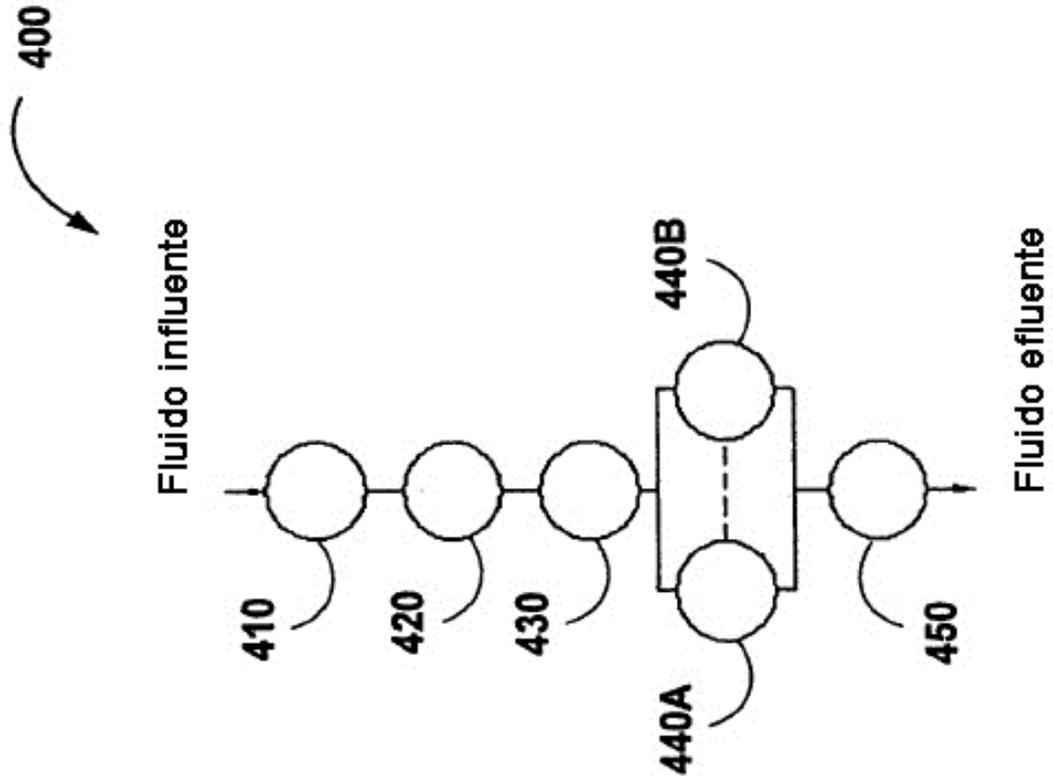


FIG. 6