



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 338 988**

51 Int. Cl.:

C02F 3/28 (2006.01)

C02F 9/14 (2006.01)

C02F 101/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01988698 .5**

96 Fecha de presentación : **24.10.2001**

97 Número de publicación de la solicitud: **1345857**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.09.2003**

54 Título: **Recuperación de agua y de un concentrado de salmuera utilizable a partir de aguas residuales domésticas.**

30 Prioridad: **25.10.2000 US 243545 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.05.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.05.2010

73 Titular/es:
**The Regents of the University of California
5th Floor, 1111 Franklin Street
Oakland, California 94607-5200, US**

72 Inventor/es: **Oswald, William, J.**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

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

Recuperación de agua y de un concentrado de salmuera utilizable a partir de aguas residuales domésticas.

5 Breve descripción de la invención

La presente invención se refiere en general al tratamiento de aguas residuales. Más concretamente, la presente invención se refiere a un método de recuperación de agua y de un concentrado de salmuera utilizable y desechable de forma segura a partir de las aguas residuales domésticas.

10 Antecedentes de la invención

Un suministro de agua doméstico normalmente contiene varios cientos de miligramos por litro (mg/l) de minerales en forma de cationes (por ejemplo, sodio, magnesio y calcio, etc.) y aniones (por ejemplo, cloruro, sulfato y bicarbonato, etc.). Sometida a los múltiples usos en una vivienda, el agua usada se convierte en una suspensión de residuos de baño y cocina junto con residuos de lavado y compuestos de limpieza de múltiples orígenes. Disolventes, pigmentos, y pesticidas a menudo se tiran “por el desagüe”. Además de estas sustancias, el agua usada contiene también cantidades en microgramos de diversos minerales (por ejemplo, cobre, cadmio, cinc, níquel, plomo, cromo y hierro) disueltos en los utensilios domésticos, de las tuberías de cobre y galvanizadas y a partir del plomo y la soldadura de las tuberías de viviendas y edificios de apartamentos antiguos. Las aguas residuales domésticas contienen también cantidades minoritarias, aunque en aumento, de antibióticos, hormonas, y otras sustancias relacionadas con la salud procedentes de las industrias médicas y farmacéuticas en desarrollo.

En la técnica anterior, las aguas residuales domésticas podían recuperarse usando un proceso de tratamiento secundario con lodos activados seguido de un proceso de microfiltración y un proceso de ósmosis inversa (OI). El agua recuperada por estos métodos de la técnica anterior puede volver a entrar en el suministro de agua doméstico para reutilizarla. Entre estos procesos de la técnica anterior, el proceso de ósmosis inversa es particularmente importante, porque retira el aumento salino (es decir, el aumento en la concentración de sólidos disueltos totales asociado con cada uso) del agua tratada. La retirada del aumento salino es clave para la sostenibilidad de cualquier esquema de reutilización de agua de múltiples pasos. Si estas sales añadidas no se retiran antes de la reutilización, la concentración de sólidos disueltos del agua recuperada aumentará a ritmo constante, reduciendo las opciones de reutilización. El proceso de ósmosis inversa también es importante, porque retira los iones de metales pesados del agua recuperada y evita que los iones de metales pesados vuelvan a entrar en el suministro de agua doméstica.

Un problema de los procesos de lodos activados/microfiltración/OI de la técnica anterior es que son costosos. Se ha estimado que un proceso de lodos activados/microfiltración/osmosis inversa de la técnica usa más de 900 kWh de energía y cuesta más de 1.200 dólares americanos para recuperar un millón de litros de agua residual. Otro problema del proceso de la técnica anterior es que los metales pesados en las aguas residuales estarán muy concentrados junto con otros iones en la salmuera. La alta concentración resultante de metales pesados se añade a los peligros y costes de la evacuación de la salmuera.

En vista de lo anterior, existe necesidad de un tratamiento de agua residual y un proceso de recuperación que sea energéticamente eficaz y rentable.

La Patente de Estados Unidos N° 5.976.372 describe un método de tratamiento de una biomasa que incluye estiércol líquido que contiene metales pesados que comprende: someter la biomasa a una degradación microbiana anaerobia para formar sulfuro de hidrógeno gaseoso, transportar al menos parte de este gas a través de al menos una parte de la biomasa degradada microbianamente para precipitar los metales pesados como sulfuros metálicos y separar la mezcla resultante en un precipitado y un sobrenadante.

50 Sumario de la invención

La presente invención proporciona un método para procesar aguas residuales de acuerdo con la reivindicación 1 y un método para cultivar algas de acuerdo con la reivindicación 9.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan un proceso para tratar y recuperar el agua residual que es rentable. Además, los productos finales del proceso de recuperación no contienen ningún químico tóxico. De hecho, los productos finales del proceso de recuperación pueden usarse de una manera económica y comercialmente beneficiosa para ayudar a reducir los costes de recuperación del agua residual.

De acuerdo con una realización de la invención, el tratamiento y proceso de recuperación incluye un proceso de producción de metano anaerobio intensivo seguido de un proceso de oxidación de residuos basado en algas altamente aerobio, un proceso de Flotación por Aire Disuelto (DAF), un proceso de Filtración en Arena de Flujo Lento (SSF) y/u otro proceso de filtración (por ejemplo, microfiltración, nanofiltración, ultrafiltración, etc.), un proceso de desinfección y finalmente, un proceso de Ósmosis Inversa (OI). El proceso anaerobio precipita la mayor parte de los metales pesados en forma de sulfuros metálicos, y el proceso de tratamiento del agua residual basado en algas aerobio posibilita el uso de algas para adsorber los metales pesados restantes. El proceso DAF retira los sólidos suspendidos y las algas de las aguas residuales tratadas. El proceso SSF asegura que sustancialmente todos los sólidos y microorganismos

suspendidos se retiran de las aguas residuales tratadas. El proceso de desinfección elimina los microorganismos que aún no se han filtrado. Finalmente, el proceso de ósmosis inversa retira los sólidos disueltos restantes de las aguas residuales tratadas para producir un agua permeada y un concentrado de alta salinidad (por ejemplo, salmuera). El agua permeada es potable y el concentrado de alta salinidad está sustancialmente libre de iones de metales pesados.

5 Preferentemente, el concentrado de alta salinidad se usa para cultivar algas halofílicas, tales como *Dunaliella*, que tienen un alto valor comercial. De esta manera, la presente invención proporciona un método de recuperación tanto de agua como de un concentrado de alta salinidad de las aguas residuales. La presente invención puede usarse también para recuperar otros tipos de aguas residuales.

10 Además de la presente realización, el tratamiento de aguas residuales y el proceso de recuperación retiran la dureza del calcio del agua residual. La retirada de la dureza del calcio “ablanda” el agua y minimiza el pretratamiento requerido antes de la ósmosis inversa, prolongando de esta manera la vida útil de las membranas usadas en el proceso de ósmosis inversa.

15 Breve descripción del dibujo

Los aspectos de la presente invención resultarán más fácilmente evidentes a partir de la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas cuando se toman junto con el dibujo adjunto, en el que:

20 La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un proceso de tratamiento de aguas residual de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción de las realizaciones preferidas

25 La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra las etapas clave de un proceso de tratamiento de agua residual 100 de acuerdo con una realización de la presente invención. Algunas etapas del proceso de tratamiento de agua residual 100 se realizan preferentemente en una instalación Advanced Integrated Wastewater Pond Systems® 110. Debe observarse en este documento que Advanced Integrated Wastewater Pond Systems® y AIWPS® son marcas registradas de Oswald Green, LLC de Concord, California, Estados Unidos de América. Una instalación AIWPS®
30 se localiza actualmente en el Laboratorio de Ingeniería Medio Ambiental y de Ciencias de la Salud de California en Berkeley, Richmond, California, Estados Unidos de América.

Con referencia a la Figura 1, el agua residual bruta pasa primero a través de una estación de medición, tamizado y desarenado 102, donde los sólidos grandes y no biodegradables se retiran para una evacuación por separado. Los
35 sólidos grandes y no biodegradables típicamente se evacúan mediante enterramiento.

El agua residual se introduce después en una o más celdas de fermentación aisladas 113 de cinco a seis metros de profundidad (en ocasiones denominadas Digestores de Estanque cuando se recoge biogás rico en metano), que en la presente realización están construidas en el fondo de un estanque facultativo primario 112 y que están diseñadas
40 para una sedimentación y fermentación de metano óptimas de los sólidos orgánicos sedimentables. De acuerdo con la presente realización, las celdas de fermentación 113 están protegidas por todos los lados por bermas o paredes que evitan la intrusión de ningún agua que contenga oxígeno. Bajo su alta carga orgánica y evitando la introducción de oxígeno, las células de fermentación 113 resultan ser extremadamente anaerobias, fomentando el crecimiento de arqueas y organismos reductores de sulfato (por ejemplo, heterótrofos facultativos) que liberan sulfuros. Los sulfuros
45 liberados se combinan rápidamente con los iones metálicos multivalentes en el agua residual para formar sulfuros metálicos, que son insolubles. Haciendo pasar toda el agua residual entrante a través de dichas celdas de fermentación 113, la mayor parte de los iones metálicos se combinan con los sulfuros y se precipitan para permanecer dentro del lodo de las celdas de fermentación indefinidamente. Los iones metálicos que pueden estar presentes en el agua residual pueden incluir cobre, cadmio, cinc, níquel, plomo, cromo y hierro. Con la excepción de los iones cobre, que
50 en ocasiones son monovalentes, estos iones metálicos son multivalentes y se combinan fácilmente con los sulfuros liberados por los microorganismos reductores de sulfato. Las celdas de fermentación y el proceso de fermentación de metano se describen con mayor detalle en la solicitud de patente en trámite junto con la presente de Estados Unidos titulada “Method and Apparatus to Establish and Optimize Sedimentation and Methane Fermentation in Primary Wastewater Ponds” que lleva el número de serie de solicitud 09/552.576, que se incorpora a este documento por
55 referencia en su totalidad.

Debido a que el proceso de digestión anaerobia primario está diseñado para permitir una digestión completa del lodo, queda muy poco residuo sólido en las celdas de fermentación 113, y la retirada del lodo sólo se requiere después de varias décadas. Preferiblemente, el agua residual inyectada en el fondo de las celdas de fermentación tiene una
60 velocidad de sobreflujo que es menor que la velocidad de sedimentación de la mayoría de las partículas (y huevos de parásito) de manera que la mayor parte de las partículas permanecen en las celdas de la fermentación hasta que se digieren. Los gases emitidos de la celda la fermentación son principalmente metano (CH₄) y nitrógeno (N₂) con muy poco CO₂. Si se produce en cantidades suficientes, el biogás rico en metano puede capturarse y utilizarse para generar electricidad. Cuando la cantidad de metano es insuficiente para justificar la generación de energía, el metano prefe-
65 riblemente se quema para minimizar su considerable efecto invernadero o su potencial para el calentamiento global.

Con referencia aún a la Figura 1, el agua residual que sube de las celdas de fermentación 113 entra en una zona amplia de agua semi-aerobia con agua altamente aerobia cerca de o en su superficie. Este reactor se denomina estanque

facultativo primario o Estanque Facultativo Avanzado (AFP) 112. Se asegura un estado aerobio en la superficie del AFP 112 ajustando la carga orgánica a la velocidad a la que las algas en la superficie pueden producir oxígeno junto con la cantidad de agua oxigenada que se recicla al AFP 112 desde el siguiente estanque de la secuencia, el Estanque de Alta Velocidad 114, que en la presente realización es un estanque de tipo canal poco profundo, aerobio, mezclado con ruedas de paletas. En raros casos de tiempo sumamente nublado, pueden activarse aireadores de flotación de tipo inyección en el AFP 112 para complementar las concentraciones de oxígeno disuelto cerca de la superficie del AFP 112 para mitigar la liberación de olores.

Con referencia aún a la Figura 1, el Estanque de Alta Velocidad (HRP) 114 se diseña como un canal sin fin que fomenta el crecimiento de muchas especies de microalgas verdes (por ejemplo, *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Micractinium*, etc.) que dividen el agua y liberan radicales oxígeno que se combinan para convertirse en O₂, oxígeno disuelto (OD). Las microalgas verdes, que crecen más rápido y llevan una fuerte carga negativa en sus superficies, se usan para adsorber los iones metálicos que escapan de la precipitación en las celdas de fermentación 113. Por consiguiente, haciendo recircular el agua del estanque que contiene algas jóvenes, de crecimiento rápido, a la superficie del AFP 112, hay una oportunidad de que los metales no retirados en las celdas de la fermentación 113 se adsorban y retiren del agua residual que fluye, junto con las algas, para sedimentar en el fondo del AFP 112. Una fracción del cultivo de microalgas en el HRP 114 se recircula a la superficie superior del AFP 112 para transferir las algas productoras de oxígeno y de adsorción de metales al AFP 112.

Cuando el HRP 114 se mezcla continuamente suavemente con una rueda de paletas, algunas algas pueden crecer lo suficiente o flocularse y pueden tender a sedimentar en el fondo de un Estanque de Sedimentación de Algas (ASP) 116. Las algas retiradas por sedimentación natural se concentran a aproximadamente un 3% de sólidos en el fondo del ASP 116. Si el líquido sobrenadante se decanta, la separación de las algas restantes puede usarse como un pienso animal después de la pasteurización o como un fertilizante después de un tiempo de almacenamiento suficiente para permitir la muerte natural de cualquier bacteria patógena asociada. Es prácticamente imposible que los huevos de parásitos que pudiera haber en el agua residual original alcancen esta fase del proceso.

Si la separación natural de las algas es insuficiente para satisfacer las normas gubernamentales para sólidos en suspensión, el efluente del ASP 116 puede someterse a Flotación por Aire Disuelto. En la presente realización, el efluente del ASP se coagula, y la mayor parte de los sólidos suspendidos se retiran con una unidad de Flotación por Aire Disuelto (DAF) 118. El proceso DAF se usa debido a su eficacia para retirar los sólidos suspendidos de tipo alga y su capacidad para producir algas flotantes con un bajo contenido de agua. En una realización práctica, la unidad DAF 118 tiene un volumen de 450 l y funciona a 114 l/min durante 4 a 5 horas diariamente. El efluente del DAF producido durante estos ensayos llenó dos tanques de almacenamiento de 15.000 l. La floculación y coagulación en la unidad DAF 118 puede potenciarse mediante el uso de cloruro férrico (FeCl₃), sulfato de aluminio, o polímeros catiónicos que son "Reconocidos Generalmente como Seguros" (GRAS) para alimentación animal por el Departamento de Agricultura de EE.UU. Los coagulantes se dosifican en una tubería efluente de ASP de 5,1 cm de diámetro 20 m aguas arriba de la unidad DAF 118, permitiendo aproximadamente 20 segundos de mezcla. De acuerdo con la presente realización, se usa cloruro férrico debido a que proporciona un alto nivel de turbidez y retirada de sólidos por coste químico unitario. En una realización específica, el cloruro férrico se dosifica a 44 mg/l como FeCl₃ durante las primeras 730 horas de funcionamiento y a 66 mg/l posteriormente.

Con referencia aún a la Figura 1, el efluente del DAF se transporta a los tanques de almacenamiento 120. El efluente del DAF en los tanques de almacenamiento 120 es adecuado para propósitos de irrigación.

De acuerdo con la presente realización, el agua en el estanque de maduración 120 se somete adicionalmente a tratamiento mediante dos unidades de Filtración de Arena de Flujo Lento (y/u otras unidades de filtración, tales como unidades de microfiltración, unidades de nanofiltración, unidades de ultrafiltración, etc.). En una realización práctica, las unidades SSF 122 se construyen a partir de dos tanques de polietileno reticulado de 3,05 metros de diámetro y 2,1 metros de profundidad llenos hasta una profundidad de un metro con un medio de filtración. La capa base de grava era de 30 cm de grava redonda de 1,9 a 1,25 cm sobre la que se colocó una capa de 25 cm de grava fina. Estas capas de grava cubrían una red de 7,5 cm de diámetro de una tubería de drenaje perforada de ABS ondulado. Las capas de grava se cubrieron después con una capa de 46 cm de sílice de malla 30, arena de filtro de agua. Después de 180 horas de funcionamiento del sistema, se instalaron capas de tejido geotextil encima de la arena. Este tejido, que puede aumentar el intervalo entre las limpiezas del filtro, es preferiblemente Amoco Style 4512, un geotextil de tipo fieltro de polipropileno no tejido. El tejido tiene un espesor de 3,3 mm. y tiene un área superficial específica de 16.424 m²/m³ y una porosidad del 85%. Ambos filtros de arena funcionaban con un cubrimiento de entre una y siete capas de tejido para el resto del periodo de ensayo. Las unidades SSF 122 funcionan en paralelo, a un caudal total de diecinueve litros por minuto. Debe mantenerse una profundidad de agua constante de dos metros (medidos a partir de la parte inferior del tanque) en los SSF. Cuando el flujo combinado a través de los filtros cae por debajo de los diecinueve litros por minuto, los filtros pueden requerir limpieza. Los intervalos de limpieza del filtro pueden variar entre cinco y diez días.

El efluente de las unidades SSF 122 se somete después a tratamiento mediante una unidad de desinfección 124. En la presente realización, la unidad de desinfección 124 es una unidad de desinfección ultra violeta Modelo Infilco-Degremont 1XS con un flujo de diseño de 26,5 litros por minuto. Al flujo de 19 litros por minuto usado, la dosis mínima suministrada por la unidad es 240 mW/cm² (excluyendo las pérdidas debidas a la turbidez del agua), que supera el mínimo 140-160 mW/cm² de dosis de desinfección recomendada por el Departamento de Servicios Sanitarios de California. El efluente de la unidad de desinfección 124 es agua residual recuperada cuaternaria desinfectada. En la

presente realización, el agua residual recuperada cuaternaria desinfectada satisface las normas gubernamentales más restrictivas respecto a agua reciclada/recuperada impuestas actualmente.

Por último, aunque no menos importante, el efluente de la unidad de desinfección 124 se hace pasar por una unidad de Ósmosis Inversa 126. En la presente realización, la unidad de OI 126 incluye los siguientes procesos de pretratamiento: desinfección con cloro, ajuste del pH, coagulación, filtración en arena de flujo rápido, filtración en cartucho de 50 micrómetros, filtración en cartucho de 5 micrómetros, descloración, y adición de antiincrustante. Los productos químicos de pretratamiento se añaden mediante bombas de dosificación ajustable en diversos puntos de dosificación. La eficacia de este pre-tratamiento puede medirse mediante el ensayo del Índice de Densidad Silt (SDI) (ASTM, 2000). Antes de poner a trabajar en línea las membranas de OI, los operarios pueden realizar un ensayo de pretratamiento para asegurar una SDI del agua de suministro consecuentemente menor de 5,0.

El filtro de arena de flujo rápido de la unidad de OI 126 consiste en un tanque de acero de 650 litros lleno con arena de sílice y un medio de antracita. El filtro de arena de flujo rápido funciona con una presión de entrada de 3,5 a 4,0 bar y con pérdidas de carga de hasta 1,5 bar. El filtro se lava en contracorriente cuando la pérdida de carga alcanza los 1,5 bar.

Aún con referencia a la Figura 1, la unidad de OI 126 tiene una configuración de recipiente de membrana 1-1 con tres elementos de membrana en cada recipiente de membrana. Los elementos son preferiblemente membranas compuestas de película fina enrollada en espiral Koch/Fluid Systems 4820HR. Las membranas funcionan a una presión de suministro de 9 a 11 bar. La velocidad de ensuciamiento de la membrana de OI se calcula a partir de las mediciones tomadas por los instrumentos de flujo y presión en el tanque de OI. El coeficiente de permeación de agua, A, puede calcularse usando el programa NORMPO proporcionado por Koch/Fluid Systems.

Para entender el funcionamiento de la unidad de Ósmosis Inversa 126, imagínense dos columnas que contienen líquido y que están interconectadas con una membrana semipermeable que separa los líquidos. Si un líquido contiene más minerales que el otro, la fuerza natural denominada ósmosis provocará que el líquido que contiene menos minerales migre a través de la membrana hacia la columna con más minerales. Este proceso natural puede invertirse aplicando presión a la columna con más minerales provocando que su líquido se fuerce a través de la membrana dejando los iones minerales detrás. Si la membrana es suficientemente impermeable a los iones minerales, el permeado o el agua en el lado de bajo contenido mineral de la membrana se desionizará, y el agua en el lado de alto contenido mineral se convertirá en una salmuera cada vez más concentrada. En un proceso continuo la proporción del volumen de permeado al volumen de salmuera puede denominarse factor de concentración, y normalmente es del orden de 10 ó 20 de permeado a 1 de salmuera.

Además de la presente realización, se generan dos productos en la unidad de OI 126: agua pura y un concentrado de alta salinidad que contiene minerales concentrados y, posiblemente, pequeñas cantidades de cualquier materia orgánica soluble en el agua presentada a la unidad de OI 126. Preferiblemente, la unidad de OI 126 es una Unidad de Ósmosis Inversa Expertise S.r.l. que puede obtenerse en Expertise S.r.l. de Milán, Italia.

En la técnica anterior, para desionizar grandes volúmenes de agua mediante una unidad de OI, la evacuación del concentrado de alta salinidad normalmente es un problema porque contiene una alta concentración de metales pesados tóxicos tales como cadmio o plomo, que están regulados muy de cerca por las agencias gubernamentales en Estados Unidos y en otros muchos países. Este problema, sin embargo, no está presente en la presente invención, que está diseñada para retirar y concentrar metales pesados en el lodo inerte de las celdas de fermentación. La salmuera producida por la Unidad de Ósmosis Inversa 126 está, por tanto, libre de metales pesados y es más adecuada para su reutilización o evacuación.

Obsérvese que el permeado o el agua producida deben ser puros y de un bajo contenido mineral. Obsérvese también que el tratamiento del agua residual y el proceso de recuperación de la presente realización supone un tratamiento primario (retirada de los sólidos sedimentables), un tratamiento secundario (oxidación de los compuestos orgánicos disueltos), un tratamiento terciario (retirada de los nutrientes principales, tales como compuestos de carbono, nitrógeno y fósforo), un tratamiento cuaternario (retirada de los compuestos orgánicos e inorgánicos tóxicos y metales pesados) y un tratamiento quinario (retirada de sal) del agua residual. Debido al bajo coste del tratamiento primario, el tratamiento secundario, el tratamiento terciario, y el tratamiento cuaternario, la presente realización es significativamente menos cara que el tratamiento de aguas residuales y los procesos de recuperación de la técnica anterior. En un estudio realizado por los miembros del Laboratorio de Ingeniería Medioambiental y Ciencias de la Salud de la Universidad de California en Berkeley, se ha demostrado que el proceso de recuperación de aguas residuales de acuerdo con la presente invención consume menos de 500 kWh de potencia y cuesta menos de 700 dólares americanos para recuperar un millón de litros de agua residual. Puede encontrarse un análisis de costes detallado en la solicitud de patente provisional mencionada anteriormente.

Otra ventaja de la presente invención es que, debido a la retirada de la mayor parte de los metales pesados en el AFP 112 y en las celdas de fermentación 113, el concentrado de alta salinidad producido por la Unidad de Ósmosis Inversa 126 está sustancialmente libre de iones de metales pesados y, de esta manera, es adecuado para el cultivo y el desarrollo de algas halofílicas tales como Dunaliella. Como se ilustra en la Figura 1, el concentrado de alta salinidad se proporciona a una Unidad de Desarrollo de Algas halofílicas 128, donde se cultivan las algas halofílicas.

ES 2 338 988 T3

En la presente realización, la Unidad de Desarrollo de Algas Halofílicas 128 es un Estanque de Alta Velocidad (por ejemplo, un estanque de poca profundidad de tipo canal, aerobio, con mezcla mediante rueda de paletas).

Las Dunaliella son algas marinas halofílicas verdes, con movilidad, microscópicas, que han resultado ser un producto de acuacultivo con valor en el mercado. Las Dunaliella son valiosas porque son ricas en lípidos neutros y polares y en ácidos grasos. Un lípido neutro principal es beta-caroteno, que puede constituir hasta el 8% del peso en húmedo de una célula de Dunaliella y actualmente tiene un valor de 500 dólares por kilogramo. Los lípidos polares incluyen monogalactosilglicerol y otros varios glicerol. Los ácidos grasos incluyen ácido palmítico y ácido 3-transhexadecaónico entre otros. El beta-caroteno se reconoce como un elemento disuasorio metabólico para el cáncer debido a su capacidad para inactivar o absorber radicales libres. Se sabe que los radicales libres dañan la replicación del ADN, interfieren en la apoptosis y, por lo tanto, aumentan la probabilidad de que se inicie el cáncer. Dunaliella sintetiza gliceroles para mantener un equilibrio osmótico con el medio externo, que puede ser varias veces tan concentrado como el agua marina. Cuando el pescado y el krill consumen las algas marinas sus ácidos grasos se convierten en ácidos grasos de cadena larga Omega-3 que ahora se sabe que son esenciales para un desarrollo y mantenimiento sano del cerebro.

Otra ventaja más de la presente invención es que el agua residual se “ablanda” antes de la ósmosis inversa. Las algas, que crecen en los Estanques de Alta Velocidad poco profundos 114, usan los iones bicarbonato como su fuente de carbono y, de esta manera, desplazan el equilibrio de pH hacia aquel en el que se forma carbonato y se combinan con el calcio dando como resultado la precipitación y sedimentación de CaCO_3 . La retirada de CaCO_3 “ablanda” el agua y minimiza el pretratamiento requerido antes de la OI, prolongando de esta manera la vida útil de las membranas de OI. Esto reduce adicionalmente los costes operativos de los proceso de tratamiento de agua residual.

Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a una realización específica, la descripción es ilustrativa de la invención y no pretende ser una limitación de la invención. A los expertos en la materia se les pueden ocurrir diversas modificaciones, sin alejarse del espíritu y el alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método de procesado de aguas residuales que comprende:

introducir el agua residual en el fondo de una celda de fermentación diseñada para la sedimentación y fermentación de metano de los sólidos orgánicos sedimentables, teniendo la celda de fermentación microorganismos reductores de sulfato que liberan sulfuros para combinarse con iones de metales multivalentes en las aguas residuales para formar partículas de sulfuro metálico insolubles y sedimentables;

hacer pasar el agua residual a un estanque facultativo primario cubierto que contiene microorganismos que tienen una carga superficial negativa para adsorber iones metálicos multivalentes en el agua residual;

retirar los sólidos suspendidos, microorganismos, nutrientes y patógenos del agua residual para producir un efluente cuaternario desinfectado; y

producir agua purificada a partir del efluente cuaternario desinfectado, en el que el agua purificada está sustancialmente libre de partículas de metal multivalente.

2. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente producir una salmuera que tiene minerales concentrados a partir del efluente cuaternario desinfectado, donde la salmuera está sustancialmente libre de partículas de metales multivalente.

3. El método de la reivindicación 2, en el que la etapa de producción comprende realizar la ósmosis inversa sobre el efluente cuaternario desinfectado para producir el agua purificada y la salmuera.

4. El método de la reivindicación 1, en el que hay una pluralidad de celdas de fermentación localizadas dentro del estanque facultativo.

5. El método de la reivindicación 4, en el que las celdas de fermentación están rodeadas por paredes que evitan la entrada agua que contiene oxígeno.

6. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de retirada comprende un proceso de Flotación por Aire Disuelto y un proceso de Filtración en Arena de Flujo Lento para producir el efluente cuaternario desinfectado.

7. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de retirada comprende un proceso de Flotación por Aire Disuelto y un proceso de microfiltración para producir el efluente cuaternario desinfectado.

8. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente, antes de la etapa de introducción, retirar los sólidos no biodegradables del agua residual para una evacuación por separado.

9. Un método de cultivo de algas, que comprende:

introducir el agua residual en el fondo de una celda de fermentación diseñada para optimizar la sedimentación y fermentación de metano de los sólidos orgánicos sedimentables, teniendo la celda de fermentación organismos reductores de sulfato que liberan sulfuros que se combinan con las partículas de metal multivalente en el agua residual para formar partículas de sulfuro metálico insolubles y sedimentables;

hacer pasar el agua residual desde la celda de fermentación a un estanque facultativo primario cubierto que contiene microorganismos, en el que los microorganismos tienen una carga superficial negativa para absorber iones metálicos multivalentes en el agua residual;

retirar los sólidos suspendidos, microorganismos, nutrientes y patógenos del agua residual para producir un efluente cuaternario desinfectado;

realizar la ósmosis inversa del efluente desinfectado para producir un concentrado de alta salinidad que está sustancialmente libre de partículas de metal multivalente; y

cultivar microorganismos halofílicos en el concentrado de alta salinidad.

10. El método de la reivindicación 9, en el que los microorganismos halofílicos comprenden *Dunaliella*.

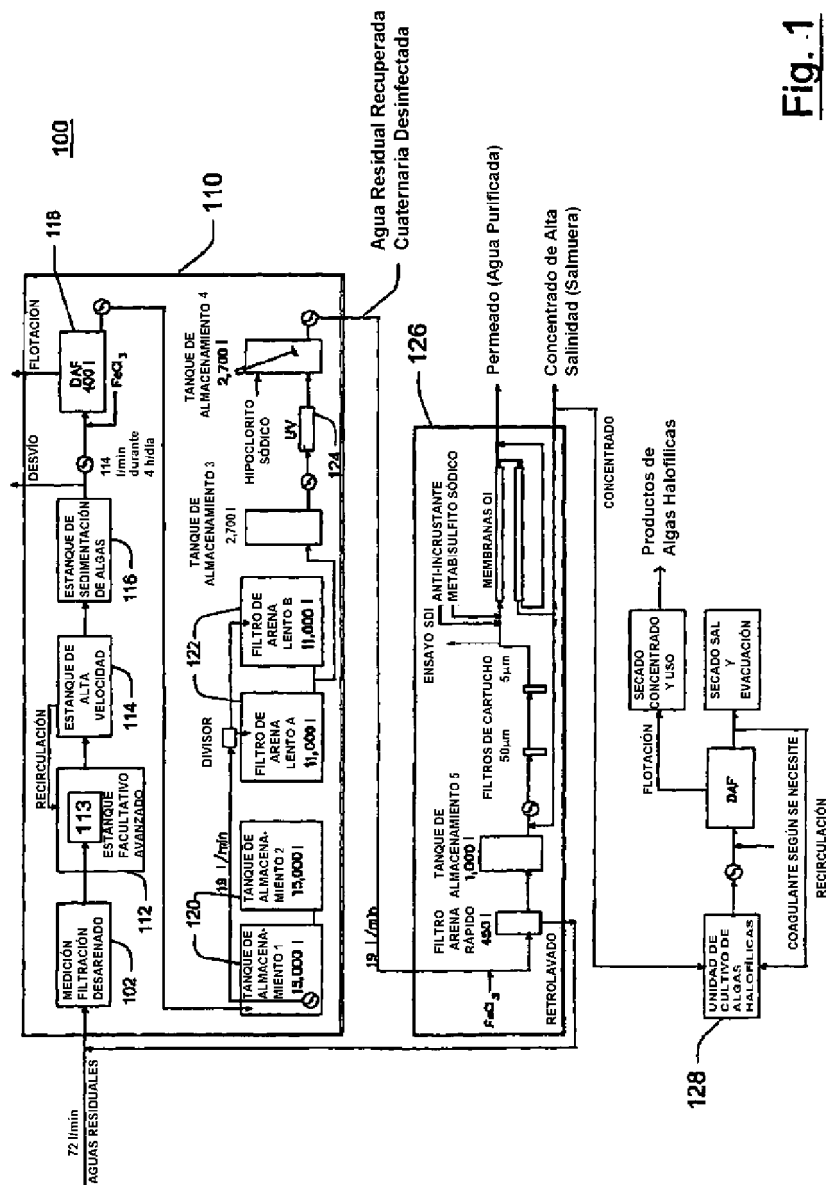


Fig. 1