

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 622**

51 Int. Cl.:

C02F 3/28

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.04.2011 PCT/US2011/032293**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2011 WO11130392**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2011 E 11769516 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2558422**

54 Título: **Método para tratar una corriente residual en un biorreactor de membrana anaeróbico**

30 Prioridad:

14.04.2010 US 760168

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

23.07.2019

73 Titular/es:

**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES
SUPPORT (100.0%)**

**L'Aquarène, 1 Place Montgolfier
94417 Saint-Maurice Cedex, FR**

72 Inventor/es:

EWING, JOHN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 720 622 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para tratar una corriente residual en un biorreactor de membrana anaeróbico

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un biorreactor de membrana anaeróbico para tratar corrientes residuales que tienen sólidos totales biodegradables que incluyen una DQO soluble e insoluble.

10 Sumario

La presente invención se refiere a un sistema y un método de tratamiento de una corriente residual que tiene sólidos biodegradables anaeróbicamente. La corriente residual se dirige a un reactor anaeróbico y los sólidos biodegradables se convierten mediante la biomasa anaeróbica en el reactor anaeróbico para reducir la cantidad de sólidos biodegradables y en el proceso producir biogás y biomasa. El sistema y el proceso estratifican el licor mezclados en el reactor anaeróbico en al menos tres zonas de licor mezclado distintas. La primera zona ubicada en el fondo del tanque incluye una concentración relativamente mayor de sólidos, específicamente sólidos biológicos más pesados y precipitados; la segunda zona por encima de la primera zona y ubicada en el centro de la altura del tanque incluye una concentración relativamente baja de sólidos; y la tercera zona ubicada cerca de la parte superior del tanque contiene una concentración relativamente mayor de biomasa que la zona central y estos sólidos consisten principalmente en sólidos más ligeros. El licor mezclado en la zona estratificada central se bombea a una unidad de separación de membrana, la unidad de separación de membrana puede estar sumergida o ser externa, tal como membranas tubulares, de lámina plana o de fibras huecas. En la unidad de membrana es donde el licor mezclado se separa en una corriente de permeado y una corriente de retenido. La estratificación potencia el rendimiento global del sistema. Esto da como resultado que se mantenga una mayor concentración de sólidos en el reactor al tiempo que se suministra una corriente menos concentrada a la unidad de separación de membrana. A lo largo del tiempo esto potencia las tasas de flujo de membrana más altas posible por unidad de entrada de energía en el sistema de membrana e impide o reduce el ensuciamiento y prolonga a su vez la vida de las membranas de la unidad de separación de membrana minimizando el número de ciclos de limpieza *in situ* (CIP, *clean in place*). La corriente de retenido se recircula al reactor anaeróbico para mantener un tiempo de retención de sólidos (TRS) más prolongado.

En una realización se incorpora un sistema de separación de sólidos en el sistema y el proceso globales. En este caso, se bombea licor mezclado que incluye sólidos desde la primera zona inferior a un separador de sólidos, tal como un hidrociclón. En el hidrociclón, el licor mezclado se separa en dos corrientes, la primera corriente que tiene una concentración relativamente alta de sólidos más pesados que incluyen la mayoría de los componentes inorgánicos precipitados, y una segunda corriente que tiene una concentración relativamente baja de sólidos inorgánicos precipitados y una concentración relativa mayor de sólidos biológicos. La corriente que tiene la concentración relativamente mayor de sólidos biológicos se recircula de vuelta al reactor anaeróbico para mantener un TRS mayor.

En otra realización, la presente invención implica un biorreactor de membrana anaeróbico que incluye un reactor anaeróbico que es operativo para estratificar licor mezclado en el reactor anaeróbico. En esta realización, el reactor anaeróbico incluye uno o más mezcladores dispuestos en la parte inferior del reactor y uno o más mezcladores dispuestos en la parte superior del reactor. El reactor anaeróbico es operativo para formar una primera zona de licor mezclado en una parte inferior del reactor, y una segunda zona de licor mezclado en una parte superior del reactor. Esto deja una zona de licor mezclado intermedia dispuesta generalmente entre las zonas superior e inferior. Los sólidos suspendidos en las zonas de licor mezclado superior e inferior se mezclan mediante el uno o más mezcladores dispuestos en las respectivas zonas. En una realización, el licor mezclado contenido en la zona intermedia está relativamente sin mezclar o está sin mezclar. El licor mezclado en la zona intermedia en una realización se bombea a la unidad de separación de membrana que separa el licor mezclado en una corriente de permeado y una corriente de retenido. Una opción es devolver la corriente de retenido al reactor anaeróbico para un tratamiento adicional.

55 Otros objetos y ventajas de la presente invención resultarán evidentes y obvios a partir de un estudio de la siguiente descripción y los dibujos adjuntos que son meramente ilustrativos de tal invención.

Breve descripción de los dibujos

60 La Figura 1 es una ilustración esquemática del biorreactor de membrana anaeróbico y el proceso de la presente invención.

La Figura 2 es una ilustración esquemática que muestra una unidad de separación de membrana a modo de ejemplo.

65

Descripción detallada

Con referencia adicional a los dibujos, particularmente la Figura 1, un biorreactor de membrana anaeróbico (denominado en ocasiones AnMBR) se muestra en los mismos y se indica en general mediante el número 10. Tal como se comenta en el presente documento en detalle, el biorreactor de membrana anaeróbico 10 es un sistema de purificación compacto que combina un proceso de digestión anaeróbico con un proceso de separación de membrana. El sistema y el proceso son efectivos para tratar corrientes residuales que tienen constituyentes o componentes biodegradables digiriendo estos constituyentes y produciendo biogás y nueva biomasa. El biorreactor de membrana anaeróbico 10 comprende básicamente un reactor anaeróbico 12 y una unidad de separación de membrana 14. El efluente del reactor anaeróbico 12 se dirige a la unidad de separación de membrana 14 que separa el efluente del reactor anaeróbico en una corriente de permeado y una corriente de retenido, estando la corriente de retenido concentrada con sólidos que incluyen biomasa. La corriente de retenido concentrada se recircula de vuelta al reactor anaeróbico y se mezcla con el licor mezclado en el mismo. El propósito de la recirculación es mantener un contenido relativamente mayor de lo habitual de sólidos suspendidos en el licor mezclado (SSLM) dentro del reactor 12, y por tanto prolongar el TRS. Un intervalo típico de concentración de SSLM dentro del biorreactor de membrana anaeróbico sistema sería el 0,1-6% de sólidos (1.000-60.000 mg/l como SST).

En la realización, los sólidos se eliminan del reactor anaeróbico 12 bombeando licor mezclado desde la zona de fondo a un separador de sólidos tal como un hidrociclón. El separador de sólidos separa los sólidos más pesados, incluyendo los precipitados inorgánicos formados en el reactor a partir de los sólidos más ligeros que incluyen una mayor concentración de biomasa. Esta corriente con mayor concentración de biomasa se recircula de vuelta al reactor anaeróbico 12. El retenido (sólidos separados más pesados) pueden someterse a un tratamiento adicional tal como un tratamiento en una unidad de deshidratación. El propósito del separador de sólidos es mantener o controlar el TRS y eliminar del reactor 12 la acumulación de sólidos inorgánicos pesados. Debe apreciarse que hay diversas maneras de eliminar los sólidos del reactor 12. Los sólidos pueden eliminarse directamente, o tal como se describe en más detalle posteriormente en el presente documento, los sólidos pueden eliminarse dirigiendo licor mezclado desde una cierta área o zona del reactor 12 a un separador de sólidos tal como un hidrociclón. En otras realizaciones, los sólidos pueden eliminarse dirigiendo una parte de la corriente de retenido de la unidad de separación de membrana 14 a un separador de sólidos tal como un hidrociclón.

Es beneficioso explicar o describir el término "sólidos" tal como se usa en la presente solicitud. Los sólidos totales (ST) en sistemas medioambientales se definen como todos los constituyentes presentes en una muestra dada, concretamente como sólidos disueltos (SDT) y sólidos suspendidos (SST), además de agua. Una parte de los sólidos totales son sólidos biodegradables, tanto solubles como suspendidos, que tiene una cierta demanda química de oxígeno (DQO) asociada con los mismos.

El reactor anaeróbico 12 forma parte del biorreactor de membrana anaeróbico 10. El reactor anaeróbico 12 está diseñado para proporcionar mezclado mecánico en una parte inferior del reactor y mezclado mecánico en una parte superior o de arriba del reactor. En una realización preferida, no hay mezclado mecánico o relativamente poco mezclado en la parte intermedia o central del reactor anaeróbico. En el reactor 12, los sólidos pesados, incluyendo flóculos biológicos más grandes y los sólidos precipitados inorgánicos que se forman, tienden a depositarse en la parte de fondo del reactor y se mezclan con el licor mezclado en el mismo mediante el mezclado que tiene lugar en la parte de fondo del reactor. Otros sólidos más ligeros o más finos tienden a flotar hasta la parte superior del reactor, manteniendo el mezclado mecánico que tiene lugar en la parte superior del reactor estos sólidos en suspensión en la parte superior del reactor. Esto tiende a estratificar el licor mezclado en el reactor anaeróbico 12 en tres zonas distintas. Es decir, la concentración de sólidos en la parte intermedia del reactor es menor en comparación con la concentración de sólidos en la parte de fondo o superior del reactor.

Aguas abajo del reactor anaeróbico 12 está una unidad de separación de membrana 14. El licor mezclado se bombea desde la parte o zona intermedia del reactor anaeróbico 12 hasta la unidad de separación de membrana 14. Debido a la estratificación del licor mezclado en el reactor anaeróbico 12, el licor mezclado bombeado a la unidad de separación de membrana 14 incluye una concentración de sólidos relativamente menor. Cuando se afirma que el licor mezclado en la parte o zona intermedia del reactor anaeróbico 12 incluye una concentración de sólidos relativamente menor, quiere decirse que la concentración de sólidos en esta parte del reactor anaeróbico es menor en relación con la concentración de sólidos en la parte de fondo del reactor anaeróbico y la parte más superior del reactor. Hay numerosas ventajas para dirigir el licor mezclado desde la parte o zona intermedia del reactor anaeróbico 12 a la unidad de separación de membrana 14. En global, la estratificación que se produce en el reactor 12 sirve para potenciar el rendimiento global del sistema. Al estratificar el licor mezclado en el reactor 12, se mantiene una mayor concentración de sólidos en el reactor, al tiempo que se suministra una corriente menos concentrada a la unidad de separación de membrana 14. Esto impide o reduce el ensuciamiento de la membrana y potencia las tasas de flujo de membrana más altas posible por unidad de entrada de energía en el sistema de membrana y prolonga a su vez la vida de las membranas que componen la unidad de separación de membrana 14 minimizando el número de ciclos de limpieza *in situ* (CIP). La unidad de separación de membrana 14 separa el licor mezclado en una corriente de permeado que es relativamente pura e incluye bajas concentraciones de DQO, DBO y SST, y una corriente de retenido que incluye sólidos más concentrados que incluyen biomasa que se recircula al reactor anaeróbico 12 y se mezcla con el licor mezclado en el reactor anaeróbico.

La presente invención implica también un método de tratamiento de una corriente que contiene una DQO soluble e insoluble en un biorreactor de membrana anaeróbico. A este respecto, el método implica alimentar la corriente que tiene una DQO soluble e insoluble a un tanque de reactor anaeróbico. Después, el proceso implica hacer reaccionar la DQO soluble e insoluble con la biomasa anaeróbica en el reactor anaeróbico para reducir la cantidad de DQO soluble e insoluble y en el proceso producir un licor mezclado y biogás en el reactor anaeróbico. Uno o más mezcladores están dispuestos en una parte inferior del reactor anaeróbico para mezclar los sólidos relativamente pesados en el licor mezclado. También se proporciona en una realización, uno o más mezcladores en la parte superior del reactor anaeróbico para mezclar los sólidos relativamente ligeros en el licor mezclado. Esto deja una parte o zona intermedia del reactor anaeróbico en la que hay una concentración relativamente baja de sólidos en el licor mezclado. El licor mezclado se bombea desde la parte intermedia del reactor anaeróbico 12 a una unidad de separación de membrana 14 en la que el licor mezclado se separa en una corriente de permeado y una corriente de retenido que contiene una concentración sustancial de biomasa. Al menos una parte de la corriente de retenido se recircula al reactor anaeróbico 12. El método incluye además, en una realización, bombear licor mezclado con los sólidos relativamente pesados desde la parte de fondo del reactor anaeróbico 12 a un separador de sólidos y separar los sólidos más pesados de los sólidos más ligeros que contienen biomasa. Finalmente, al menos una parte de los sólidos más ligeros que contienen la biomasa se recircula al reactor anaeróbico.

La discusión anterior presenta una visión general del biorreactor de membrana anaeróbico 10 y el proceso para tratar una corriente residual. La atención se dirige ahora a los componentes individuales del biorreactor de membrana anaeróbico 10 y a los diversos procesos realizados.

Un tanque igualador 16 está ubicado aguas arriba del reactor anaeróbico 12. El tanque igualador 16 incluye uno o más mezcladores 16A. Tal como se ve en la Figura 1, una corriente residual o corriente de agua de alimentación se dirige al tanque igualador 16 y puede mezclarse mediante el uno o más mezcladores 16A. Diversas corrientes residuales pueden tratarse según el proceso descrito en el presente documento. En general, las corrientes residuales incluirán material o material que es al menos parcialmente biodegradable mediante biomasa o bacterias anaeróbicas. Ejemplos de corrientes residuales que pueden tratarse mediante el sistema o el proceso dado a conocer en el presente documento son: corrientes de fangos de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales; corrientes de fangos de instalaciones de tratamiento de aguas residuales industriales; corrientes residuales de operaciones agrícolas; corrientes residuales de alta concentración de operaciones industriales; y cualquier otra corriente de agua residual líquida que pueda tratarse biológicamente en un reactor anaeróbico.

Un tanque de mezclado 18 está dispuesto aguas abajo del tanque igualador 16. El tanque de mezclado 18 incluye uno o más mezcladores 18A. Asociado con el tanque de mezclado 18 está uno o más inyectores de productos químicos indicados generalmente mediante el número 20. Los inyectores de productos químicos 20 funcionan inyectando diversos productos químicos al tanque de mezclado 18, que entonces se mezclan con la corriente residual. Pueden inyectarse diversos productos químicos en el tanque de mezclado dependiendo de la constitución de la corriente residual y qué condiciones se desean mantener a lo largo del proceso, y los objetivos del tratamiento. Por ejemplo, puede ser deseable controlar el pH a lo largo del proceso, y en ese caso puede inyectarse una sustancia cáustica, tal como NaOH, y mezclarse en la corriente residual. También pueden añadirse, si se desea, otros productos químicos tales como sales de hierro, elementos minerales necesarios para una producción anaeróbica óptima de biogás, por ejemplo. En algunas realizaciones el tanque de mezclado 18 puede ser innecesario. En este caso, el producto químico o los productos químicos pueden inyectarse directamente en una tubería o conducto a través del que pasa la corriente residual.

El influente contenido en el tanque de mezclado 18 se dirige a una bomba de alimentación de reactor 22. La bomba de alimentación de reactor 22 bombea la corriente residual a través de un intercambiador de calor 24. El intercambiador de calor 24 está asociado operativamente con una fuente de calor 26 que proporciona un medio de calentamiento al intercambiador de calor para calentar la corriente residual que pasa a través del intercambiador de calor. En una realización, la fuente de calor 26 es una fuente de calor que es independiente de otros procesos realizados por el biorreactor de membrana anaeróbico 10. En una realización, el permeado producido por el sistema puede recircularse de vuelta a través del intercambiador de calor 24 para proporcionar calor para calentar la corriente residual entrante. Además, tal como se explica posteriormente en el presente documento, el reactor anaeróbico 12 produce un biogás y el biogás puede utilizarse por la fuente de calor 26 para calentar el medio dirigido al intercambiador de calor 24.

Desde el intercambiador de calor 24, la corriente residual se dirige al reactor anaeróbico 12. El reactor anaeróbico 12 es un sistema cerrado diseñado para mantener condiciones anaeróbicas dentro del reactor. El reactor anaeróbico 12 puede ser de diversos tamaños y capacidades.

La corriente residual introducida en el reactor anaeróbico 12 está mezclada con el material o la materia existente en el reactor para formar licor mezclado. Generalmente, los componentes biodegradables en la corriente residual reaccionan con la biomasa anaeróbica, incluyendo bacterias anaerobias (y facultativas) y arqueas metanogénicas, y reducen la cantidad de sólidos biodegradables contenidos dentro del reactor, y en el proceso producir biogás y sólidos biológicos adicionales. El término "licor mezclado" tal como se usa en el presente documento incluye, pero

no se limita a, una mezcla de sólidos orgánicos e inorgánicos, incluyendo biomasa, residuo biodegradable y no biodegradable, agua y biogás. El licor mezclado puede residir dentro del reactor o alimentarse al reactor como corriente recirculada desde el sistema de membrana.

5 El reactor anaeróbico 12 está diseñado para estratificar el licor mezclado. Como se ve en la Figura 1, los sólidos más pesados ocupan una región en el reactor anaeróbico, y los sólidos finos o ligeros ocupan otra región en el reactor anaeróbico. Y en una región, el licor mezclado está relativamente libre de al menos los sólidos más pesados o incluye una concentración de sólidos que es menor de manera medible que la concentración de sólidos encontrada en otras regiones o áreas dentro del reactor. Más particularmente, el reactor 12 está diseñado para
10 estratificar los sólidos tal como sigue. Los sólidos relativamente pesados y mayores tienden a depositarse en una parte inferior del reactor. Los sólidos relativamente más finos o más ligeros tienden a flotar hasta la parte superior del reactor. Esto deja una parte intermedia o central 40 del reactor que tiene un contenido en sólidos menor de manera medible, o al menos incluye una concentración de sólidos que es menor de manera medible que la concentración de sólidos en la parte de fondo del reactor anaeróbico.

15 Una serie de mezcladores están situados estratégicamente en el reactor anaeróbico 12. En primer lugar, hay uno o más mezcladores 30 ubicados en la parte de fondo o inferior del reactor. Además, hay uno o más mezcladores 32 ubicados en la parte de arriba o superior del reactor 12. Por tanto, se aprecia que en una realización, no hay mezcladores ubicados en la región intermedia o central del reactor anaeróbico. Mezclar el licor mezclado en las partes inferior y superior del reactor 12 mejora y potencia las reacciones entre los componentes digeribles anaeróbicamente y la biomasa anaeróbica. Además, por ejemplo, el mezclado en la parte superior del reactor impide que los sólidos formen un manto en la parte superior del reactor 12.

20 Los mezcladores 30 y 32 proporcionan una acción de mezclado, dando como resultado que la parte de fondo y superior del reactor anaeróbico se mezclen completamente. Pueden usarse diversos tipos de mezcladores. En una realización, los mezcladores son lo que se denomina mezcladores montados en paredes laterales. Estos mezcladores sobresalen a través de la pared lateral del reactor anaeróbico 12 disponiéndose la parte de propulsor o de mezclado de los mezcladores de manera interna dentro del reactor 12. Los mezcladores 30 y 32 están separados generalmente de manera uniforme para proporcionar un mezclado uniforme del licor mezclado en las partes superior
25 y de fondo del reactor. Aunque se comentan y se muestran en los dibujos mezcladores mecánicos, pueden usarse otros tipos de mezcladores de reactor anaeróbico convencionales. Por ejemplo, el mezclado puede llevarse a cabo mediante inyección de gas, corrientes mecánicas y bombas mecánicas.

30 La profundidad y la ubicación precisa de las capas estratificadas en el reactor anaeróbico 12 puede variar. A modo de ejemplo, asúmase que el reactor anaeróbico 12 tiene una altura de aproximadamente 15,24 m (50 pies). En tal caso, los mezcladores de fondo 30 pueden centrarse a aproximadamente 0,914 m (3 pies) desde el fondo del reactor anaeróbico. Los mezcladores superiores 32 pueden centrarse a aproximadamente 11,54 m (38 pies) desde el fondo del reactor anaeróbico. En este caso, a una altura de 6,1 m (20 pies) a 7,62 m (25 pies) desde el fondo del reactor anaeróbico estaría ubicada al menos una parte de la zona intermedia o central 40. Por tanto, en este ejemplo, la tubería 50, que alimenta licor mezclado desde el reactor anaeróbico 12 a la unidad de separación de membrana 14, se instalaría en la pared del reactor anaeróbico 12 en un punto intermedio entre 6,1 m (20 pies) y 7,62 m (25 pies) desde el fondo del reactor anaeróbico. En este punto, el licor mezclado bombeado desde el reactor anaeróbico es probable que tenga una concentración de sólidos menor que el licor mezclado dispuesto en el fondo del reactor.

45 La digestión de sólidos producirá biogás. El biogás producido en la zona de mezclado inferior surgirá a través de la longitud del reactor y proporcionará una mezclado por cizalladura bajo suave del licor mezclado en la zona intermedia. El reactor 12 está dotado de una salida de biogás que puede pasar por la fuerza creada por la producción biológica de biogás o puede potenciarse a través de la utilización de un soplador de escape 34 y una salida de biogás 36. La salida de biogás 36 conduce a una antorcha o puede dirigirse a un calentador, generador u otro dispositivo que pueda usar el biogás para crear energía útil.

50 Como aprecian los expertos en la técnica, el material biodegradable anaeróbicamente contenido en la corriente residual se digiera a través de reacciones en el reactor 12, en el que bacterias anaerobias (y facultativas) y arqueas metanogénicas convierten el material biodegradable en biogás, que está constituido sustancialmente por metano y dióxido de carbono y otras cantidades menores de otros elementos en forma gaseosa tal como sulfuro de hidrógeno. Estos componentes gaseosos se denominan generalmente en el presente documento "biogás". El biogás también puede contener pequeñas cantidades de vapor de agua, amoníaco y trazas de otros compuestos volátiles que pueden estar presentes en la corriente residual o formarse durante la biodegradación. La composición resultante del biogás en porcentaje en volumen variará dependiendo de los componentes orgánicos digeribles particulares que
55 estén procesándose. Los niveles de metano preferidos en el biogás formado en el reactor 12 están en el intervalo de aproximadamente el 50 a aproximadamente el 90 por ciento en volumen. Los niveles de dióxido de carbono preferidos están en el intervalo de aproximadamente el 5 a aproximadamente el 45 por ciento (en volumen) y los niveles de sulfuro de hidrógeno pueden oscilar entre aproximadamente 200 ppm (volumen) y aproximadamente el 3
60 por ciento en volumen.

La unidad de separación de membrana 14 está aguas abajo del reactor anaeróbico 12. El licor mezclado del reactor anaeróbico 12 se dirige a la unidad de separación de membrana 14. En particular, el licor mezclado se toma de la zona intermedia o central 40 del reactor anaeróbico. Esto significa que el licor mezclado dirigido desde el reactor anaeróbico 12 a la unidad de separación de membrana 14 incluye una concentración de sólidos menor que la que se encontraría normalmente en el licor mezclado ubicado en la parte de fondo o superior del reactor anaeróbico 12. Como se ve en la Figura 1, la tubería 50 está interconectada operativamente entre el reactor anaeróbico 12 y la unidad de separación de membrana 14 y sirve para dirigir o canalizar licor mezclado desde el reactor a la unidad de separación de membrana. Conectada operativamente en la tubería 50 está una bomba de alimentación de membrana 52. La bomba 52 bombea el licor mezclado desde el reactor 12 a través de la tubería 50 a la unidad de separación de membrana. La bomba de alimentación de membrana proporciona una presión de referencia a la unidad de separación de membrana. En una realización, la bomba de alimentación de membrana se reemplaza con una válvula de control de flujo en la que, mediante la fuerza gravitacional creada por el nivel de líquido en el reactor, proporciona la presión de referencia necesaria a la unidad de separación de membrana. La unidad de separación de membrana 14 es un bucle hidráulico recirculado de manera continua que incluye los módulos de membrana, la bomba de recirculación de membrana denominada bomba 54 y los controles de rendimiento de membrana requeridos. La bomba de recirculación de membrana 54 bombea el licor mezclado en un bucle de recirculación constante alrededor de la unidad de separación de membrana 14 para proporcionar la velocidad de flujo transversal necesaria.

Básicamente, la unidad de separación de membrana 14 filtra o separa el licor mezclado en dos corrientes, una corriente de permeado que se dirige desde la unidad de separación de membrana 14 a través de una tubería de permeado 60, y una corriente de retenido que se dirige desde una unidad de separación de membrana a través de una tubería de retenido 62. Obsérvese que la tubería de retenido 62 es también una tubería de recirculación ya que recircula la corriente de retenido de vuelta a la tubería 50 justo aguas arriba de la bomba de alimentación de membrana 54. Esto permite que la bomba de alimentación de membrana 54 recircule de manera continua la corriente de retenido a través de la unidad de separación de membrana.

Al menos una parte de la corriente de retenido se devuelve al reactor anaeróbico 12 y se mezcla con el licor mezclado en el mismo. Para devolver una parte de la corriente de retenido al reactor anaeróbico 12 se proporciona una tubería de retorno 64. Por tanto, tal como se indicó anteriormente, una parte de la corriente de retenido se toma de la tubería de recirculación 62 y se devuelve a través de la bomba de recirculación de reactor 66 al reactor anaeróbico 12. En una realización, la bomba 66 se sustituye con una válvula de control de flujo y la fuerza requerida para devolver licor mezclado al reactor se proporciona mediante la bomba de alimentación de membrana, bomba 52.

La unidad de separación de membranas 14 retiene todos o sustancialmente todos los sólidos suspendidos, por tanto, todos o sustancialmente todos los sólidos suspendidos se recirculan de vuelta al reactor anaeróbico. Pueden emplearse diversos tipos de unidad de separación de membranas 14.

Con referencia a la Figura 2, se muestra una ilustración esquemática en la misma para una unidad de separación de membrana a modo de ejemplo 14. Los expertos en la técnica apreciarán que pueden emplearse diversos tipos de dispositivos de filtración por membrana convencionales. La Figura 2 ilustra una unidad de filtración por membrana a modo de ejemplo que puede usarse como parte del biorreactor de membrana anaeróbico 10. En el caso de la unidad de filtración por membrana 14 mostrada en la Figura 2, la misma es un sistema de corrientes laterales puesto que las membranas están ubicadas fuera del reactor anaeróbico 12. En la unidad de filtración por membrana a modo de ejemplo 14, se proporciona una serie de módulos de membrana de flujo transversal 14A. El número de módulos de membrana 14A puede variar dependiendo de la constitución del agua de alimentación y los objetivos de tratamiento. Los módulos de membrana 14A están conectados en serie en este ejemplo. Cada módulo de membrana 14A incluye un alojamiento alargado con membranas tubulares contenidas en el mismo. Tal como se indicó anteriormente, las membranas de este ejemplo son membranas de tipo tubular que se extienden longitudinalmente a través del alojamiento de cada módulo de membrana 14A. El efluente del reactor 12 se dirige a las membranas tubulares individuales a presión. A medida que la alimentación o el licor mezclado del reactor anaeróbico 12 pasa a través de las membranas individuales, se producirá un permeado y el permeado fluirá hacia fuera, en una dirección de flujo transversal en relación con la alimentación. El permeado en cada módulo de membrana 14A se recogerá y dirigirá fuera de una salida de permeado 14C proporcionada en cada módulo de membrana 14A. El retenido se dirige fuera de una salida de retenido 14B dispuesta en un extremo de cada módulo 14A. Respectivas salidas de retenido y entradas de retenido se interconectan mediante tuberías de conexión 14E. esto permite que el retenido de un módulo de membrana 14A se dirija a otro módulo de membrana aguas abajo 14A. Por tanto, como se ve en la Figura 2, los respectivos módulos de membrana 14A se unidas o bien individuales o bien múltiples conectadas en serie, de modo que el retenido fluye de manera lineal a través del uno o de la serie de módulos de membrana 14A conectados.

El retenido que sale del último módulo de membrana 14A se dirige a una tubería de salida final 14F que está conectada a la tubería de retenido 62 mostrada en la Figura 1. Esto posibilita que el retenido se recircule de vuelta a la entrada de la unidad de filtración por membrana 14 o de vuelta al reactor 12. En una realización, hay una cantidad sustancial del retenido de la unidad de filtración por membrana 14 que se recircula de vuelta a la entrada de la unidad de filtración por membrana.

Además, la tubería de salida final 14F está conectada de manera comunicativa con una tubería de limpieza 90 que conduce hasta una unidad de limpieza *in situ* (CIP) 92. La unidad de limpieza *in situ* 92 es un sistema o una unidad que es operativa para limpiar periódicamente, o de vez en cuando, la unidad de filtración por membrana 14 mediante lavado a contracorriente de las respectivas membranas que constituyen la unidad. Pueden emplearse diversos sistemas de limpieza de membrana. En este caso, la unidad de limpieza *in situ* 92 está diseñada para utilizar el retenido o retenido de la unidad de filtración por membrana 14 para lavar a contracorriente y limpiar las respectivas membranas de la unidad de filtración por membrana. En este caso no se abordan en detalle detalles de la unidad de limpieza *in situ* 92 porque tales sistemas o unidades y cómo funcionan se conocen ampliamente y se aprecian por los expertos en la técnica.

El biorreactor de membrana anaeróbico 10 incluye también un sistema y un proceso para eliminar sólidos del reactor anaeróbico 12. Más particularmente, hay un proceso de separación de sólidos que incluye un separador de sólidos 74 tal como un separador de hidrociclón. El separador de sólidos está diseñado para separar preferentemente sólidos pesados que incluyen un porcentaje relativamente alto de precipitados inorgánicos, de los sólidos más ligeros que incluyen una concentración relativamente alta de biomasa. Tal como se indicó anteriormente, se eliminan sólidos del reactor anaeróbico 12 con el fin de mantener o controlar el TRS. Además, puede haber una acumulación sustancial de sólidos inorgánicos pesados dentro del reactor anaeróbico 12 y estos sólidos pueden eliminarse dirigiéndolos desde el reactor anaeróbico a un separador de sólidos. En cualquier caso, hay varias maneras de eliminar sólidos del biorreactor de membrana anaeróbico 10. Por ejemplo, en una realización, los sólidos pueden simplemente desecharse del reactor anaeróbico 12 del modo convencional. En otro ejemplo, los sólidos pueden eliminarse de la corriente de retenido abandonando la unidad de separación de membrana. En este caso, una cantidad seleccionada o controlada de la corriente de retenido puede dirigirse a un separador de sólidos. En la realización ilustrada en el presente documento, los sólidos se bombean desde la parte inferior del reactor anaeróbico 12 hasta un separador de sólidos, que en el caso del ejemplo ilustrado, es un hidrociclón 74. A este respecto, la tubería 70 está conectada operativamente con el reactor anaeróbico 12 e incluye una bomba 72. La tubería 70 y la bomba 72 están conectadas operativamente al separador de sólidos 74 para dirigir licor mezclado que incluye sólidos al separador de sólidos. Obsérvese que la tubería 70 está conectada con el reactor 12, de modo que se extrae licor mezclado de la parte de fondo del reactor 12. Aquí, tal como se explica anteriormente, es donde están contenidos los sólidos más pesados. En cualquier caso, el licor mezclado se bombea desde la parte de fondo del reactor 12 a través de la tubería 70 al separador de sólidos 74. El separador de sólidos 74 produce un flujo inferior que comprende sólidos que son de naturaleza más pesada y un flujo superior que comprende sólidos que son de naturaleza más ligera que el flujo inferior. El flujo superior se bombea o se alimenta a través de un conducto de flujo superior 78 de vuelta al reactor anaeróbico 12 en el que se mezcla con el licor mezclado en el mismo. El flujo inferior o los sólidos más pesados producidos mediante el separador de sólidos o hidrociclón 74 se dirige a través de la tubería de flujo inferior 76 para un tratamiento adicional. Por ejemplo, los sólidos más pesados producidos en el flujo inferior pueden dirigirse a una unidad de deshidratación para una deshidratación y concentración adicional.

El proceso de eliminación de sólidos que acaba de describirse con respecto al separador de sólidos 74 puede hacerse funcionar en paralelo con la unidad de separación de membrana 14. En algunos casos, el proceso de eliminación de sólidos puede hacerse funcionar de manera continua, al tiempo que la unidad de separación de membrana 14 filtra licor mezclado del reactor 12. En otros casos, el proceso de eliminación de sólidos puede hacerse funcionar de manera intermitente con el fin de mantener un TRS seleccionado. El TRS puede variar dependiendo de las circunstancias y la condiciones. Se contempla que el TRS para las realizaciones ilustradas y comentadas en el presente documento puede oscilar entre aproximadamente 15 y aproximadamente 80 días.

El separador de sólidos 74 no es un componente esencial de la presente invención. Hay situaciones en las que no se requiere el separador de sólidos 74. Más particularmente, el separador de sólidos 74 y el proceso de eliminación de sólidos de la parte de fondo del reactor anaeróbico 12 es útil cuando la corriente de influente o la corriente de agua de alimentación incluye una cantidad sustancial de sólidos disueltos que precipitan cuando experimentan un tratamiento en el proceso de la presente invención. Algunas corrientes de agua de alimentación no incluirán sólidos disueltos sustanciales que precipitarán y en aquellos casos el proceso de separación de sólidos que utiliza el separador de sólidos 74 puede no ser un requisito en el proceso de la presente invención.

Para una comprensión más detallada de los reactores anaeróbicos y del proceso de digestión anaerobia, se hace referencia a las divulgaciones encontradas en la publicación estadounidense n.º 2002/0192809 y la publicación estadounidense n.º 2008/0302721, divulgaciones que se incorporan expresamente en el presente documento mediante referencia.

REIVINDICACIONES

1.- Un método de tratamiento de una corriente residual que tiene componentes biodegradables anaeróbicamente, que comprende:

- 5
- a. proporcionar un sistema que comprende un biorreactor de membrana anaeróbico que comprende un reactor anaeróbico y una unidad de separación de membrana;
- 10
- b. alimentar una corriente residual que tiene los componentes biodegradables anaeróbicamente a un reactor anaeróbico y formar licor mezclado;
- c. hacer reaccionar los componentes biodegradables con la biomasa anaeróbica en el reactor anaeróbico para reducir la cantidad de componentes biodegradables y en el proceso producir biomasa y biogás;
- 15
- d. estratificar el licor mezclado en el reactor anaeróbico en tres zonas de licor mezclado formando una primera zona de licor mezclado inferior en la que el licor mezclado en la primera zona de licor mezclado inferior incluye una concentración de sólidos, incluyendo flóculos biológicos y sólidos precipitados inorgánicos que se forman y tienden a depositarse en el fondo del reactor anaeróbico, formando una segunda zona de licor mezclado por encima de la primera zona de licor mezclado inferior en la que el licor mezclado en la segunda zona de licor mezclado incluye una concentración de sólidos menor que la concentración de sólidos en la primera zona de licor mezclado inferior, y formando una tercera zona de licor mezclado en la parte superior del reactor y por encima de la segunda zona de licor mezclado en la que la tercera zona de licor mezclado incluye sólidos que tienden a flotar en la parte superior del reactor anaeróbico y en el que la concentración de sólidos en la tercera zona de licor mezclado es mayor que la concentración de sólidos en la segunda zona de licor mezclado;
- 20
- e. proporcionar al menos un mezclador en la primera zona de licor mezclado y generar una acción de mezclado en la primera zona de licor mezclado inferior para mezclar el licor mezclado y los sólidos en el mismo;
- 25
- 30
- f. proporcionar al menos un mezclador en la tercera zona de licor mezclado y generar una acción de mezclado mecánico en la tercera zona de licor mezclado y mezclar el licor mezclado y los sólidos en el mismo para mantener los sólidos en la tercera zona de licor mezclado en suspensión y para impedir que los sólidos formen un manto en la tercera zona de licor mezclado y para potenciar las reacciones entre los componentes biodegradables anaeróbicamente y la biomasa;
- 35
- g. dirigir licor mezclado desde la segunda zona de licor mezclado en el reactor anaeróbico a una unidad de separación de membrana y separar el licor mezclado en una corriente de permeado y una corriente de retenido;
- 40
- h. recircular al menos una parte de la corriente de retenido al reactor anaeróbico y mezclar la corriente de retenido con el licor mezclado en el reactor; y
- 45
- i. en el que el licor mezclado en la segunda zona de licor mezclado está generalmente sin mezclar, de modo que la acción de mezclado en las zonas de licor mezclado primera y tercera es mayor que la acción de mezclado en la segunda zona de licor mezclado.

2.- El método según la reivindicación 1, que incluye dirigir el licor mezclado desde la primera zona de licor mezclado inferior a un separador de sólidos y separar el licor mezclado de la primera zona de licor mezclado inferior a una corriente de sólidos más pesados y una corriente de sólidos más ligeros que contiene biomasa.

50

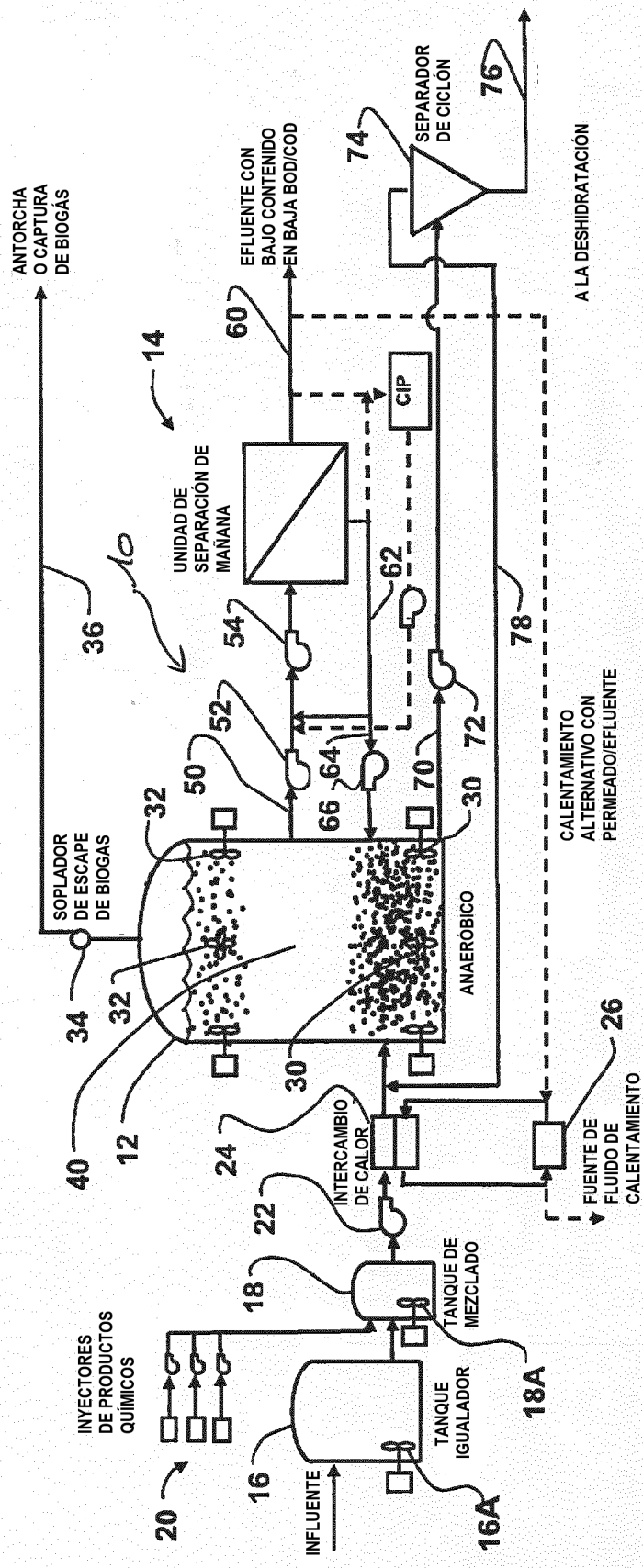


Fig. 1

