

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 996 695**

51 Int. Cl.:

B01D 61/16	(2006.01)	B01D 61/18	(2006.01)
B01D 61/58	(2006.01)		
B01D 71/36	(2006.01)		
B01D 61/02	(2006.01)		
B01D 61/14	(2006.01)		
B01D 71/02	(2006.01)		
C02F 3/12	(2013.01)		
B01D 61/04	(2006.01)		
B01D 61/08	(2006.01)		
B01D 61/42	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.07.2017** **PCT/US2017/042988**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.02.2018** **WO18022403**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2017** **E 17746295 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2024** **EP 3468696**

54 Título: **Procesos para el tratamiento de corrientes de residuos que permiten el contacto directo de carbón activado y membrana**

30 Prioridad:

25.07.2016 US 201662366201 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.02.2025

73 Titular/es:

LUMMUS TECHNOLOGY LLC (100.00%)
5825 N. Sam Houston Pkwy. W., 600
Houston, TX 77086, US

72 Inventor/es:

CUNNINGHAM, WILLIAM;
BURCLAFF, PHILIP A.;
FELCH, CHAD L.;
LARSON, ANDREA J.;
SMITH, DUANE R. y
LARSON, SIMON

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 996 695 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

Procesos para el tratamiento de corrientes de residuos que permiten el contacto directo de carbón activado y membrana

Campo

Esta invención se refiere a procesos de tratamiento y, en particular, a procesos para eliminar contaminantes de una corriente de residuos.

Antecedentes

Las corrientes de residuos se tratan comúnmente con una amplia variedad de soluciones para eliminar compuestos orgánicos, sólidos y cualquier otro contaminante no deseable de las mismas.

Por ejemplo, las corrientes de residuos se pueden poner en contacto con carbón activado durante un tiempo eficaz para eliminar contaminantes orgánicos de las mismas. En algunos casos, el carbón activado se combina con material biológico para la eliminación de compuestos orgánicos fácilmente biodegradables de la corriente de residuos. Posteriormente, la corriente tratada resultante requiere la eliminación de los sólidos en suspensión de la misma.

El conocimiento convencional es que la concentración de sólidos en suspensión debe mantenerse a un nivel moderado (~8 g/l) en contacto con la membrana o membranas de tales sistemas de filtración. Esto se debe al hecho de que las concentraciones elevadas de sólidos normalmente dan como resultado una alta presión transmembrana (TMP) durante la operación. Cuando se utiliza material biológico, incluso en combinación con carbón activado para eliminar contaminantes orgánicos, se cree además que el material biológico provoca un rápido aumento de la presión transmembrana (TMP) debido en parte a la consistencia del material biológico. Por otra parte, el funcionamiento a largo plazo con las membranas en contacto directo con el carbón activado puede provocar daños en la membrana. Debido a estos posibles problemas, en los sistemas de filtración con membrana se incluye normalmente una etapa de separación por gravedad para separar aún más los sólidos del fluido/material que se va a tratar antes de la unidad de membrana con el fin de reducir o evitar el contacto del carbón con las membranas. En cualquier caso, las menores limitaciones de los sólidos en suspensión para carbón activado o carbón activado/biomasa y componentes añadidos (por ejemplo, clarificadores): (i) reducen la eficacia; (ii) añaden gastos, tiempo de operación y materiales; y (iii) aumentan el tamaño de huella del sistema de tratamiento. Por lo tanto, existe en la técnica la necesidad de sistemas de tratamiento de fluidos mejorados que incorporen carbón activado y filtración con membrana.

En el documento US 2007/209999 A1 se divulga un sistema de tratamiento de aguas residuales que incluye un biorreactor que incluye carbón activado y una primera población biológica. El sistema de tratamiento de aguas residuales también puede incluir un biorreactor de membrana y/o una unidad de oxidación húmeda. Por otra parte, el documento US 2015/329394 A1 divulga un biorreactor de membrana que tiene membranas que comprenden una estructura de soporte. Una unidad de suministro dosifica un sorbente tal como carbón activado en polvo en el biorreactor de membrana. El carbón activado en polvo se mantiene a una concentración en el licor mixto de 200 mg/l o más. El licor mixto con las partículas sorbentes se recircula dentro del biorreactor de membrana a un caudal de al menos el doble del caudal de la alimentación. Se proporcionan burbujas de aire para limpiar las membranas, incluso durante al menos parte de una etapa de permeación. Las partículas de sorbente están presentes en el licor mixto y entran en contacto con las membranas. Asimismo, Choon Aun Ng *et. al.*: "Operation of Membrane Bioreactor with Powdered Activated Carbon Addition", *Separation Science and Technology*, Vol. 41, n.º 7, 1 de junio de 2006, páginas 1447-1466, XP055441067, ISSN: 0149-6395 divulga una serie de ensayos que implican cuatro biorreactores de membrana a escala de banco operados a tiempos de retención de lodos de 30 días con existencias de PAC y concentraciones de biomasa en estado estacionario. Se compararon las características de los licores mixtos de los cuatro reactores.

Breve descripción de los dibujos

La invención se explica en la siguiente descripción en vista de los dibujos que muestran:

Las figuras 1-7 muestran ilustraciones esquemáticas de un sistema. La figura 6 muestra el componente adicional de una unidad de pulido y la figura 7 una oxidación por aire húmedo. La figura 8 es un gráfico que muestra la TMP inicial a través de una membrana a diversos valores de concentración del MLSS de acuerdo con un aspecto de la presente invención. La figura 9 es un gráfico que muestra el aumento de la TMP a lo largo del tiempo para sólidos a determinadas proporciones de concentración de MLSS/carbón:biomasa de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

Descripción detallada

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporcionan sistemas y procesos que ahora eliminan de manera más eficaz los contaminantes orgánicos y los sólidos de una corriente de residuos mediante el contacto de la corriente de residuos con al menos carbón activado en polvo y una o más membranas. En un primer aspecto, se

divulgan sistemas y procesos que permiten que el carbón activado en polvo entre en contacto con la membrana o membranas de una filtración con membrana en concentraciones que anteriormente no se creían factibles. En determinadas realizaciones, la membrana o membranas de la unidad o unidades de membrana en los sistemas y procesos de tratamiento descritos en el presente documento se pueden poner en contacto con materiales que tienen una concentración de sólidos en suspensión (también "SS" en el presente documento) relativamente alta. Por ejemplo, la alta concentración de sólidos en suspensión puede ser $\geq$ aproximadamente 12 g/l, y en determinadas realizaciones de aproximadamente $\geq$ aproximadamente 12 a aproximadamente 40 g/l, sin dar como resultado un ensuciamiento o daño excesivo de la membrana. En determinadas realizaciones, los sólidos en suspensión comprenden carbón activado en polvo y no biomasa. En otras realizaciones, los sólidos en suspensión comprenden tanto carbón activado en polvo como biomasa. Como se usa en el presente documento, el término "aproximadamente" incluye un valor o valores que son $\pm 5\%$ del valor establecido.

En un aspecto, se cree que el aumento de sólidos en suspensión con respecto a los sistemas y procesos conocidos es posible mediante la selección de un material de membrana que es capaz de estar en contacto con carbón activado en polvo sin deterioro/daño después de un uso repetido. En particular, los presentes inventores han descubierto sorprendentemente que los materiales de membrana convencionales (por ejemplo, membranas de polietersulfona (PES) y fluoruro de polivinilideno (PVDF)) se degradan/deforman rápidamente cuando entran en contacto con licores con un alto contenido de sólidos en suspensión que comprenden carbón activado, pero que otras membranas (por ejemplo, membranas de cerámica y politetrafluoroetileno (PTFE)) no presentan las mismas deficiencias.

En otro aspecto, cuando el carbón activado en polvo y la biomasa están presentes y se dirigen a la filtración con membrana, los inventores también han descubierto que proporciones particulares de carbón activado en polvo con respecto a la biomasa permiten la operación de filtración con membrana sin los problemas, por ejemplo, problemas de presión/ensuciamiento, observados normalmente en sistemas de carbono/biomasa. En determinadas realizaciones, el carbón activado en polvo y la biomasa se proporcionan desde un biorreactor en una proporción predeterminada, tal como de aproximadamente 1:1 a aproximadamente 5:1 en peso. Aunque sin desear quedar ligado a teoría alguna, se cree que, a tales valores, el carbón activado en polvo está presente en una cantidad que, cuando se combina con material biológico, inhibe la adhesión de la biomasa a la superficie de la membrana (una vez suministrada a la misma). De manera adicional, el carbón activado en polvo puede adsorber fácilmente secreciones de biomasa (sustancias poliméricas extracelulares), un agente de ensuciamiento de membrana conocido, manteniendo así estables las TMP de operación.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un proceso de tratamiento que comprende poner en contacto un licor con alto contenido de sólidos en suspensión que comprende al menos una corriente de residuos y carbón activado en polvo en el mismo con una o más membranas de una unidad de membrana para generar un filtrado, en donde el licor con alto contenido de sólidos en suspensión comprende una concentración de sólidos en suspensión de al menos aproximadamente 10 g/l.

De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un proceso de tratamiento que comprende: dirigir una cantidad de corriente de residuos que comprende una cantidad de contaminantes orgánicos en la misma a un recipiente que comprende carbón activado en polvo en el mismo para eliminar los contaminantes orgánicos de la corriente de residuos; y dirigir un primer efluente desde el recipiente a una unidad de membrana en comunicación fluida con el recipiente para eliminar los sólidos del primer efluente; en donde una concentración de sólidos en suspensión (SS) que comprende el carbón activado en el primer efluente es de al menos 10 g/l.

No de acuerdo con la invención, se proporciona un sistema de tratamiento que comprende una unidad de membrana que comprende una o más membranas en contacto con un licor con alto contenido de sólidos en suspensión que comprende carbón activado en polvo y una corriente de residuos que comprende contaminantes orgánicos y sólidos en suspensión, en donde el licor con alto contenido de sólidos en suspensión comprende una concentración de sólidos en suspensión de al menos 10 g/l.

En el presente documento se divulga un sistema de tratamiento que comprende: (i) una fuente de corriente de residuos; (ii) un biorreactor que comprende carbón activado en polvo y una biomasa en comunicación fluida con la fuente de corriente de residuos, en donde el biorreactor está configurado para generar un licor con alto contenido de sólidos en suspensión que tiene una concentración de sólidos en suspensión de al menos 10 g/l, y en donde una proporción en peso del carbón activado con respecto a la biomasa en el biorreactor es de 1:1 a 5:1; y (iii) una unidad de membrana que comprende una o más membranas en comunicación fluida con el biorreactor y configurada para recibir el licor con alto contenido de sólidos en suspensión procedente del biorreactor.

Haciendo referencia a continuación a los dibujos, la figura 1 ilustra un sistema de tratamiento 10 de acuerdo con un aspecto de la presente invención. El sistema 10 comprende una unidad de membrana 12 (en lo sucesivo "membranas o membrana") que comprende una o más membranas 14. Dentro de la unidad de membrana 12, las membranas 14 están en contacto con un licor con alto contenido de sólidos en suspensión (SS) 16. El licor con alto contenido de SS 16 comprende al menos una cantidad de carbón activado en polvo. La unidad de membrana 16 está configurada para generar un filtrado 18 (a partir del licor con alto contenido de SS 16), que puede salir por una o más salidas 20 de la unidad de membrana 14. El licor con alto contenido de SS 16 comprende una concentración de sólidos en suspensión

de al menos aproximadamente 10 g/l, y en una realización particular, de aproximadamente 12 g/l a aproximadamente 40 g/l, y en una realización más particular de aproximadamente 14 g/l a aproximadamente 22 g/l.

En determinadas realizaciones, el licor con alto contenido de SS 16 comprende una corriente de residuos que también se trata con carbón activado en polvo en la unidad de membrana 12 para eliminar una cantidad de contaminantes orgánicos de la corriente de residuos. Haciendo referencia a la figura 2, por ejemplo, se muestra una fuente 22 de una corriente de residuos 24 que tiene una cantidad de contaminantes orgánicos y sólidos, por ejemplo, sólidos disueltos y/o suspendidos, en la misma. Como se muestra en la figura 2, la corriente de residuos 24 se suministra a una entrada 26 de la unidad de membrana 12 para ser tratada con carbón activado en polvo cargado dentro de la unidad de membrana 12. En una realización, el sistema 10 incluye una fuente 28 de carbón activado en polvo 30, y una cantidad de carbón activado en polvo 30 se suministra desde la fuente 28 a una entrada 32 (que puede ser la misma que la entrada 26 o una entrada distinta) de la unidad de membrana 12. La cantidad de carbón activado en polvo 30 es eficaz para eliminar/tratar los contaminantes orgánicos en la corriente de residuos 24 suministrada a la unidad de membrana 12 por absorción, adsorción o similares. Opcionalmente, la corriente de residuos 24 y el carbón activado en polvo 30 se combinan con mezcla continua o periódica. A continuación, la corriente de residuos 12 se pone en contacto con el carbón activado en polvo 30 durante una cantidad de tiempo eficaz para eliminar una cantidad de los contaminantes orgánicos de la corriente de residuos 24.

En un aspecto, la corriente de residuos 24 y el carbón activado en polvo 30 se proporcionan en cantidades que al menos colectivamente proporcionan el licor con alto contenido de SS 16 (al menos 10 g/l) dentro de la unidad de membrana 12. Periódicamente o después del contacto de la corriente de residuos 24 con carbón activado en polvo para eliminar al menos la mayoría (> 50 % de una concentración inicial) de los contaminantes orgánicos, se hace pasar un licor con alto contenido de SS 16 a través de la una o más membranas 14 de la unidad de membrana 12 mediante una bomba adecuada o similar para extraer el filtrado 18 que tiene una concentración reducida de sólidos en suspensión (con respecto a la corriente de residuos original 24).

El licor con alto contenido de SS 16 comprende además una corriente de residuos que ya se ha sometido a tratamiento con al menos carbón activado en polvo para eliminar una cantidad de contaminantes orgánicos del mismo en un recipiente o reactor discreto antes de la adición a la unidad de membrana 16. En determinadas realizaciones, al menos una mayoría (> 50 % en peso o volumen) de los contaminantes orgánicos se eliminan mediante tratamiento con carbón antes de la adición a la unidad de membrana 16. Haciendo referencia a la figura 3, por ejemplo, el sistema 10 comprende una fuente de residuos 22 que tiene una salida 34 en comunicación fluida con una entrada 36 de un recipiente 38. La fuente de residuos 22 está configurada para suministrar una cantidad de la corriente de residuos 24 al recipiente 38 que se dosifica con una cantidad de carbón activado en polvo 30 en el mismo eficaz para eliminar una cantidad deseada de contaminantes orgánicos de la corriente de residuos 24. En algunas realizaciones, el recipiente 28 también está en comunicación fluida con una fuente de carbón activado en polvo (figura. 2). Después del tratamiento dentro del recipiente 38, un efluente que comprende el licor con alto contenido de SS 16 se suministra desde una salida 40 del recipiente 38 a una entrada 42 de la unidad de membrana 16. El licor con alto contenido de SS de entrada 16 se hace pasar a continuación a través de la una o más membranas 14 de la unidad de membrana 12 como se ha analizado anteriormente mediante una bomba adecuada o similar para generar el filtrado 18 que tiene una concentración reducida de sólidos en suspensión (con respecto a la corriente de residuos original 24).

En las realizaciones descritas en el presente documento, la corriente de residuos 24 puede referirse a cualquier fluido que se va a tratar para la eliminación de contaminantes orgánicos y sólidos. En determinadas realizaciones, la corriente de residuos 24 puede comprender una de una fuente industrial, agrícola o municipal. De manera adicional, en determinadas realizaciones, la corriente de residuos 24 incluye contaminantes inorgánicos u orgánicos que pueden ser eliminados por el sistema 10. En una realización, la corriente de residuos 12 puede comprender una corriente de residuos procedente de un proceso de producción de etileno o de refinería, tal como un proceso de refinería de petróleo. En determinadas realizaciones, la corriente de residuos 12 es una que incluye contaminantes biodegradables.

La unidad de membrana 12 puede comprender una o más membranas 14 porosas o semipermeables (también denominadas "membranas" o "membrana" para facilitar la referencia). En una realización, la membrana 14 comprende una membrana de microfiltración o una membrana de ultrafiltración como se conoce en la técnica. De manera adicional, la membrana 14 puede tener cualquier configuración adecuada para su aplicación prevista, tal como una lámina o fibras huecas. Por otra parte, la membrana 14 puede tener cualquier porosidad y/o permeabilidad adecuada para su aplicación prevista. Aún más,, la membrana 14 puede tener cualquier forma y área de sección transversal adecuada tal como, por ejemplo, una forma cuadrada, rectangular o cilíndrica. En una realización, la membrana tiene una forma rectangular.

Dentro de la unidad de membrana 12, la una o más membranas 14 pueden estar situadas, por ejemplo, verticalmente, en una zona de tratamiento de la unidad de membrana 12 de tal manera que estén completamente sumergidas en el material, por ejemplo, licor con alto contenido de SS 16, en la misma durante la operación. Para reiterar, se aprecia que el licor de SS 16 descrito en el presente documento comprende el material en la unidad de membrana 12 que entra en contacto con la membrana o membranas 14 e incluye al menos una cantidad de carbón activado en polvo 30, así como un fluido, por ejemplo, la corriente de residuos 24 (antes, simultáneamente, o después del tratamiento

primario para la eliminación de compuestos orgánicos), o un material derivado de la corriente de residuos 24 (por ejemplo, el rechazo de la membrana o membranas 14). En realizaciones adicionales, el licor con alto contenido de SS 16 comprende una población de biomasa como se expone a continuación.

- 5 En determinadas realizaciones, múltiples membranas 14 se pueden situar adyacentes entre sí o se pueden ubicar en posiciones predeterminadas y se pueden situar, aunque no necesariamente, en el mismo plano que otras o paralelas entre sí. De manera adicional, en determinadas realizaciones, una o más membranas 14 se pueden montar directamente en el recipiente o compartimento que forma una zona de tratamiento. Por otra parte, una o más membranas 14 se pueden montar en un soporte de módulo extraíble que puede fijarse a un recipiente o compartimento que forma la zona de tratamiento. En una realización, una o más membranas 14 se pueden montar en un bastidor de soporte para facilitar el mantenimiento y/o el reemplazo de la membrana. En otra realización, cualquiera, una parte o todas las membranas 14 descritas anteriormente se pueden disponer dentro de un módulo de membrana correspondiente para alojar las membranas 14 y facilitar la entrada y salida de material hacia y desde las membranas 14. Cuando así se prevea, se puede proporcionar cualquier número adecuado de módulos en una matriz, un bastidor o un cartucho ubicado en uno o más recipientes o tanques correspondientes que contienen alimentación. Por otra parte, en una realización, la unidad de membrana 12 comprende una pluralidad de unidades de membrana 14.

- En otro aspecto, como se ilustra mediante un ejemplo en la figura 1, la unidad de membrana 12 puede incluir un soplador 44 con el fin de suministrar un gas 46 para limpiar la membrana o membranas 14 y evitar que se acumulen sólidos en una superficie de la membrana o membranas 14 en la misma. Cada soplador 44 puede producir burbujas finas, burbujas gruesas, una corriente en chorro de gas, un chorro de gas y fluido, y combinaciones de los mismos. El gas 46 puede comprender nitrógeno, aire, gas combustible o cualquier otro gas adecuado. De manera adicional, el soplador 44 se puede situar en cualquier ubicación adecuada, y para la unidad de membrana 12, el soplador 44 asociado puede proporcionar gas a lo largo de una o más membranas 14. Normalmente también, se puede proporcionar una bomba (no mostrada) para generar una fuerza de succión adecuada para hacer pasar fluido a través de cada membrana 14 de la unidad de membrana 12 para generar el filtrado 18.

- En funcionamiento, en cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento, la unidad de membrana 12 hace pasar de manera continua o intermitente el licor con alto contenido de SS 16 a su membrana o membranas 14. En determinadas realizaciones, con anterioridad o simultáneamente, la corriente de residuos 12 se pone en contacto con el material de carbón activado en polvo 30 en la unidad de membrana 12 durante un tiempo suficiente para eliminar una cantidad de contaminantes orgánicos de la corriente de residuos 24. En una realización, la corriente de residuos 24 se pone en contacto con el carbón activado en polvo 30 durante un período de 1 a 24 horas, aunque se aprecia que la presente invención no está tan limitada. A medida que el fluido se hace pasar a través de la membrana o membranas 14 dejando sólidos en suspensión y similares del licor con alto contenido de SS 16 en el lado de rechazo de la membrana o membranas 14, la unidad de membrana 12 produce el filtrado 18 que ha permeado o atravesado una o más membranas 14 de la unidad de membrana 12. En determinadas realizaciones, el filtrado 18 comprende una concentración reducida de contaminantes orgánicos y una concentración reducida de sólidos en suspensión totales con respecto a la corriente de residuos 24. En una realización, el filtrado 18 comprende un nivel de concentración orgánica de aproximadamente 50 mg/l o menos. De manera adicional, en una realización, la unidad de membrana 12 puede ser eficaz para eliminar al menos el 99 % en peso de los sólidos en suspensión de la corriente de residuos 24 y, en determinadas realizaciones, al menos el 99,99 % en peso de los sólidos en suspensión se elimina de la corriente de residuos 24.

- El carbón activado en polvo 30 puede proporcionarse en una cantidad eficaz para adsorber o eliminar de otro modo una cantidad de un material orgánico de la corriente de residuos 24 por debajo de un nivel deseado o aceptable. De manera adicional, el carbón activado en polvo puede tener cualquier tamaño de partícula adecuado. De acuerdo con un aspecto, los sistemas y procesos descritos en el presente documento permiten que un licor con alto contenido de SS (≥ 10 g/l) entre en contacto con las membranas 14 de la unidad de membrana 12 sin dañar significativamente las membranas 14. Por lo tanto, en una realización, el carbón activado en polvo 30 se proporciona en una cantidad eficaz para llevar o ayudar a llevar la concentración de SS del licor a una cantidad $\geq$ aproximadamente 10 g/l, en determinadas realizaciones $\geq$ de aproximadamente 12 a aproximadamente 40 g/l, y en realizaciones particulares de aproximadamente 14 a aproximadamente 22 g/l.

- En un aspecto, el carbón activado en polvo 30 puede ser eficaz para eliminar una cantidad de compuestos orgánicos recalcitrantes en el mismo. Como se usa en el presente documento, los compuestos orgánicos recalcitrantes definen una clase de compuestos orgánicos que pueden ser lentos o difíciles de biodegradar con respecto a la mayor parte de los compuestos orgánicos de la corriente de residuos 24. Ejemplos de compuestos orgánicos recalcitrantes incluyen productos químicos orgánicos sintéticos. Otros compuestos orgánicos recalcitrantes incluyen bifenilos policlorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, dibenzo-p-dioxina policlorada y dibenzofuranos policlorados. Los compuestos disruptores endocrinos también son una clase de compuestos orgánicos recalcitrantes que pueden afectar a los sistemas hormonales de los organismos y que se encuentran en el medio ambiente.

- En otra realización más, se aprecia que el licor con alto contenido de SS 16 puede comprender una cantidad de una población biológica (también denominada "material biológico" o "biomasa" en el presente documento). La biomasa se puede proporcionar en una cantidad eficaz para tratar la corriente de residuos 24 y reducir una cantidad de material

biodegradable, incluyendo compuestos orgánicos no recalcitrantes, dentro de la corriente de residuos 24 hasta un grado deseado. A modo de ejemplo, se puede proporcionar una biomasa en el licor de SS 16 cargado dentro de la unidad de membrana 12 ilustrada en la figura 1. Para lograr esto, en una realización y como se muestra en la figura 4, se puede proporcionar una cantidad eficaz de una biomasa 48 desde una fuente adecuada 50 de la misma a la unidad de membrana 12. En una realización, la fuente 50 comprende una o más salidas 52 en comunicación fluida con una o más entradas 54 a la unidad de membrana 12. En una realización, una cantidad de la corriente de residuos 24 y el carbón activado 30 se suministran desde las respectivas fuentes (como se muestra en la figura 2) y se mezclan con la biomasa 48 en la unidad de membrana 12 para proporcionar una concentración de SS como se especifica en el presente documento de al menos aproximadamente 10 g/l.

Aunque la inclusión de los materiales (carbón activado o carbón activado/material biológico) directamente dentro de la unidad de membrana 12 proporciona numerosos beneficios, que incluyen una mayor eficacia de tratamiento y unos menores mantenimiento, materiales, equipo, costes y tiempo, en otras realizaciones adicionales, el carbón activado en polvo 30 y la biomasa 48 se pueden combinar en un biorreactor 56 como se conoce en la técnica para reducir una cantidad de contaminantes orgánicos en la corriente de residuos 24. Como se muestra en la figura 5, por ejemplo, se ilustra una realización del sistema 10 que comprende un biorreactor 56 que tiene una o más entradas 58 en comunicación fluida con una o más salidas 60 de una fuente de residuos 22 como se ha descrito anteriormente en el presente documento, que puede suministrar una cantidad de una corriente de residuos 24 al biorreactor 56. Se aprecia que el carbón activado en polvo 30 se puede proporcionar por separado o colectivamente al biorreactor 56 desde una fuente o fuentes adecuadas.

El biorreactor 56 se hace funcionar en condiciones adecuadas y durante una duración eficaz para reducir una cantidad de contaminantes orgánicos en la corriente de residuos 24. Cuando sea necesario o se desee, un soplador 62 también está en comunicación fluida con el biorreactor 56 para suministrar una cantidad de un gas 64 al mismo con el fin de proporcionar la aireación necesaria a la biomasa 48. Tras finalizar el tratamiento en el biorreactor 56, un efluente 66 que comprende un licor con alto contenido de SS 16 como se describe en el presente documento que tiene una concentración de SS de al menos 10 g/l se suministra desde una o más salidas 68 del biorreactor 56 a una o más entradas 70 de la unidad de membrana 12. El licor con alto contenido de SS 16 se trata a continuación dentro de la unidad de membrana 12 como se ha descrito anteriormente en el presente documento para producir el filtrado 18. En esta realización, el licor 16 que comprende la biomasa se denomina normalmente licor mixto, y la concentración de SS puede denominarse concentración de sólidos en suspensión de licor mixto (MLSS).

Cuando está presente, la población biológica 48 puede incluir cualquier población adecuada de microorganismos bacterianos eficaces para digerir componentes biodegradables. Sistemas ilustrativos de tratamiento de corrientes de residuos se describen en las patentes de Estados Unidos n.º 6.660.163; 5.824.222; 5.658.458; y 5.636.755. Las bacterias pueden comprender cualquier bacteria o combinación de bacterias adecuadas para prosperar en condiciones anóxicas y/o aeróbicas. Los géneros aeróbicos representativos incluyen las bacterias *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium*, *Shpaerotilus*, *Baggiatoa*, *Tiothrix*, *Lecicothrix* y *Geotrichum*, las bacterias nitrificantes *Nitrosomonas*, y *Nitrobacter*, y los protozoos *Cillia*, *Vorticella*, *Opercularia*, y *Epistylis*. Los géneros anóxicos representativos incluyen las bacterias desnitrificantes *Acromobacter*, *Aerobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, y *Spirillum*. Los organismos anaeróbicos ilustrativos incluyen *Clostridium spp.*, *Peptococcus anaerobus*, *Bifidobacterium spp.*, *Desulfovibrio spp.*, *Corynebacterium spp.*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Staphylococcus* y *Escherichia coli*.

Cuando se usa una población biológica, la combinación de carbón activado en polvo 30 y material biológico 48 constituye la mayor parte de la concentración de los SS (MLSS) y se utiliza para eliminar contaminantes orgánicos (recalcitrantes y no recalcitrantes) de la corriente de residuos 24. La adición del carbón activado 30 al material biológico 48 parece tener una serie de beneficios además de su tratamiento de la corriente de residuos 24. En primer lugar, aunque sin desear quedar ligado a teoría alguna, se cree que el carbón activado 30 ayuda a la absorción de compuestos potencialmente tóxicos para el material biológico 48, protegiendo así el material biológico 48. De manera adicional, se cree que el carbón activado en polvo 30 puede mejorar la renovación de la superficie de la membrana una vez suministrado a la unidad de membrana 12, haciendo así que la superficie o superficies de membrana de la misma sean menos susceptibles a ensuciamientos no deseados. En una realización, una proporción en peso del carbón activado en polvo 30 con respecto a la biomasa 48 en el biorreactor 56 puede ser de aproximadamente 1:1 a aproximadamente 5:1, y en una realización particular es de aproximadamente 3:1 a 5:1.

Se aprecia que el carbón activado en polvo 30 se puede añadir a la unidad de membrana 16 o al biorreactor 56 y se puede mezclar en el mismo con el material biológico 48. De manera adicional, el carbón activado en polvo 30 se puede añadir a la unidad de membrana 16 o al biorreactor antes, simultáneamente, o después de la adición de la corriente de residuos 24. En una realización, el biorreactor 56 comprende biomasa 48 y carbón activado en polvo 30, colectivamente o por separado, en una o más zonas de tratamiento. Como se usa en el presente documento, la expresión "zona de tratamiento" se usa para indicar una región de tratamiento individual. Las regiones de tratamiento individuales pueden estar alojadas en un único recipiente con uno o más compartimentos. Como alternativa, las regiones de tratamiento individuales pueden estar alojadas en recipientes separados y se lleva a cabo un tratamiento diferente en recipientes separados. La zona de tratamiento, por ejemplo, el recipiente, tanque o compartimento, se

puede dimensionar y conformar de acuerdo con una aplicación deseada y el volumen de la corriente de residuos que se va a tratar para proporcionar un tiempo de retención deseado. En consecuencia, el biorreactor 56 puede comprender uno o más recipientes.

- 5 Como se ha mencionado anteriormente, el conocimiento convencional sostenía que tales concentraciones de sólidos más altas probablemente darían como resultado un aumento inmediato o rápido de la TMP en la unidad de membrana 12 al entrar en contacto con la misma. Sin embargo, los inventores han descubierto que la concentración de sólidos en suspensión (SS) podría ser $\geq$ aproximadamente 10 g/l en contacto con la membrana o membranas 14 sin un ensuciamiento excesivo de la membrana en la unidad de membrana 12 optimizando la proporción de carbón activado/material biológico y/o a través de la selección del material de membrana como se describe en el presente documento. Por lo tanto, en una realización, una concentración de SS del efluente 66 es $\geq$ aproximadamente 10 g/l, en determinadas realizaciones es $\geq$ de aproximadamente 12 a aproximadamente 40 g/l, y en realizaciones particulares es de aproximadamente 14 a aproximadamente 22 g/l. Por lo tanto, el carbón activado 30 y el material biológico 48 se pueden proporcionar en el reactor 30 en las proporciones descritas anteriormente para llegar a estos valores de SS en el licor que se suministra a la unidad de membrana 12.

- Desde el biorreactor 56, al menos una porción del efluente 66 se puede dirigir desde el biorreactor 56 a la unidad de membrana 12, generando así una corriente tratada (filtrado 18) que tiene una concentración reducida de sólidos en suspensión con respecto al efluente 66 y/o la corriente de residuos 24. Desde la unidad de membrana 12, el filtrado 18 se puede dirigir a un procesamiento adicional (por ejemplo, pulido), eliminación (si procede), almacenamiento o transporte.

- En cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento, se aprecia que se puede proporcionar más de uno de los componentes descritos si es adecuado o se desea. Solo a modo de ilustración, el sistema 10 puede comprender múltiples unidades de membrana, recipientes, biorreactores o similares, como se describe en el presente documento. En determinadas realizaciones, el sistema 100 comprende al menos dos biorreactores en serie de flujo entre sí. Los biorreactores pueden ser idénticos entre sí o pueden ser diferentes, tal como por comprender una composición diferente, tal como una biomasa o un entorno de biomasa diferente, o un material que comprende una proporción de carbono respecto a biomasa diferente. En determinadas realizaciones, uno de los biorreactores puede estar operativo para tratar la corriente de residuos mientras que el otro se deja fuera de servicio para su mantenimiento, limpieza o similares. En determinadas realizaciones, cuando están presentes múltiples biorreactores, se aprecia que se puede añadir carbón activado a cada biorreactor de forma independiente.

- En otras realizaciones adicionales, el carbón activado en polvo y la biomasa se pueden proporcionar en recipientes distintos. Por lo tanto, en una realización, por ejemplo, el biorreactor 56 no incluye carbón activado y, en su lugar, se puede instalar un recipiente separado (no mostrado) que comprende carbón activado en polvo entre el biorreactor 56 y la unidad de membrana 12. En cualquier caso (ya sea de manera interna o externa a la unidad de membrana 12), una corriente de residuos 24 se puede tratar con carbón activado en polvo o carbón activado en polvo/material biológico durante un tiempo eficaz para reducir una cantidad de contaminantes orgánicos y/o contaminantes biodegradables en el mismo. De manera adicional, el licor dirigido hacia o dentro de la unidad de membrana 12 tendrá nuevamente una concentración de SS de $\geq$ aproximadamente 10 g/l, en determinadas realizaciones es $\geq$ de aproximadamente 12 a aproximadamente 40 g/l, y en realizaciones particulares es de aproximadamente 14 a aproximadamente 22 g/l.

- De acuerdo con otro aspecto, en cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento, el filtrado (efluente) 18 de la unidad de membrana 12 se puede suministrar desde la unidad de membrana 12 a una etapa de procesamiento adicional, tal como una unidad de pulido 72 como se muestra en la figura 6. En una realización, la cantidad de contaminantes orgánicos y sólidos en el filtrado 18 que conduce a la unidad de pulido 72 está por debajo de un valor predeterminado y/o una cantidad que provocaría el ensuciamiento de la unidad de pulido 72.

- La unidad de pulido 72 puede comprender cualquier aparato o sistema adecuado para eliminar sólidos disueltos totales (TDS) y/o inorgánicos del fluido suministrado a la misma para producir un efluente 74 que tenga una composición deseada, tal como uno que tenga una concentración de TDS por debajo de las limitaciones adecuadas, tal como por debajo de los límites adecuados para la descarga o reutilización del efluente 74. La selección de la unidad de pulido 72 no tiene limitación. En una realización, la unidad de pulido 72 se puede seleccionar del grupo que consiste en una unidad de nanofiltración, ósmosis inversa, intercambio iónico, electrodesionización, electrodesionización continua y de inversión de electrodiálisis. En una realización particular, la unidad de pulido 72 comprende una unidad de ósmosis inversa, que elimina los sólidos en suspensión del filtrado 18 mediante ósmosis inversa. En determinadas realizaciones, el efluente de la unidad de membrana 12 se puede someter a cualquier tratamiento adicional antes de su suministro a la unidad de pulido 72, tal como cualquiera de eliminación de sílice, ajuste de pH, adición de antiincrustante y ablandamiento aguas arriba de la unidad de pulido 72.

- En otro aspecto más, haciendo referencia a la figura 7, se aprecia que un retenido 76 (rechazo o fracción de sólidos concentrados) que no se desplaza a través de la membrana o membranas 14 se proporciona desde la unidad de membrana 12. Este retenido 76 puede comprender sólidos de biomasa (cuando se utiliza biomasa), carbón activado (con o sin compuestos orgánicos adsorbidos sobre el mismo) y/u otros sólidos en cualquier otra forma adecuada. En

una realización, el carbón activado comprende una cantidad de un material de carbón agotado. En determinadas realizaciones, al menos una porción del retenido 76 se retira del sistema 10 y se suministra a una unidad de oxidación por aire húmedo (WAO) 78 como se conoce en la técnica para la regeneración del material de carbono agotado y la oxidación de sólidos biológicos (cuando están presentes) y materiales oxidables (por ejemplo, orgánicos) en el mismo.

Por "agotado" se entiende que la capacidad del material de carbono para eliminar componentes objetivo adicionales en un material objetivo ha disminuido al menos. Se aprecia que el carbón agotado y/o cualquier sólido adicional también se puede eliminar de los sistemas descritos en el presente documento ("desecho") en cualquier ubicación adecuada del sistema asociado, tal como la unidad de membrana 16, el biorreactor o biorreactores, o en cualquier trayectoria de flujo adecuada del sistema, y luego se suministra a la unidad WAO 78, o a cualquier otra ubicación deseada.

En una realización, la unidad de WAO 78 comprende uno o más recipientes de reactor especializados en los que la regeneración del material de carbono agotado y la oxidación de componentes relevantes (por ejemplo, compuestos orgánicos, inorgánicos y/o material biológico) puede tener lugar en condiciones de temperatura y presión elevadas (con respecto a las condiciones atmosféricas) en presencia de oxígeno. En particular, los componentes en el mismo también se pueden calentar durante un tiempo y en condiciones (por ejemplo, presión, temperatura y atmósfera de oxígeno) eficaces para que tenga lugar la oxidación y/o regeneración del material de carbono agotado con el fin de producir un efluente 80 que incluye al menos producto de carbono regenerado. En una realización, la regeneración del carbón agotado se efectúa a una presión de aproximadamente 20.265 mbar (20 atm) a aproximadamente 243.180 mbar (240 atm) y a una temperatura de aproximadamente 150 °C a aproximadamente 373 °C con la adición de oxígeno a la corriente de alimentación o la unidad de WAO.

En determinadas realizaciones, tras la regeneración del material de carbono agotado, el efluente 80 de la unidad de WAO 78 (que comprende al menos carbono regenerado) se puede retornar a la unidad de membrana 12, al recipiente o al biorreactor, según sea el caso, para proporcionar una cantidad deseada de carbón activado. En otras realizaciones, el efluente 80 se puede dirigir a una ubicación adecuada para su almacenamiento o transporte. En determinadas realizaciones, el efluente 80 puede comprender una suspensión que comprende material de carbono reactivado y material biológico. En otras realizaciones adicionales, no se proporciona ninguna unidad de WAO 78 en los sistemas y procesos descritos en el presente documento. En este caso, una porción o todo el retenido 76 se puede deshidratar y luego se puede almacenar, transportar como residuo y/o enviar fuera del sitio para su regeneración.

En los sistemas y procesos descritos en el presente documento, se aprecia que una o más entradas, vías, salidas, mezcladoras, bombas, válvulas, refrigeradores, fuentes de energía, sensores de flujo o controladores (que comprenden un microprocesador y una memoria) o similares se pueden incluir en cualquiera de los sistemas descritos en el presente documento para facilitar la entrada, introducción, salida, momento, volumen, selección y dirección de los flujos de cualquiera de los componentes (por ejemplo, MLSS, carbono regenerado, carbono agotado, vapor, fluidos refrigerantes en el mismo) en el mismo. Asimismo, el experto en la materia entendería los volúmenes, caudales y otros parámetros necesarios para lograr el resultado o resultados deseados.

Ejemplos

Normalmente, los MLSS no superan los 10 g/l en aplicaciones de MBR (biorreactor de membrana) debido a posibles ensuciamientos/altas TMP. Los ensayos mostraron que se puede operar con MLSS de 20 e incluso 28 g/l con TMP y tasas de ensuciamiento aceptables. Haciendo referencia a la figura 8, la figura 8 ilustra que el flujo tiene un efecto considerable en la TMP inicial como se esperaba. Sin embargo, fue sorprendente encontrar que el cambio de la TMP inicial debido a la concentración de sólidos fue insignificante a pesar de un aumento de la concentración de MLSS de cuatro veces con respecto a la concentración de MLSS convencional.

Haciendo referencia a la figura 9, se hizo funcionar un MBR en cada una de las cuatro condiciones de proporción sólidos/C:B mostradas durante 4-8 semanas. De izquierda a derecha, esos valores fueron: 7/2; 20/1,5; 28/2,5 y 22/4. Cada semana, se calculó el ensuciamiento (aumento de la TMP) y se usó para generar la figura. Las barras representan el aumento promedio de TMP por semana, mientras que los bigotes muestran el máximo y el mínimo. Los MBR se hicieron funcionar a 20 LMH. El ensayo respaldó la conclusión de que la mezcla de carbono y biomasa tiene una tasa de ensuciamiento mucho más baja de lo que se esperaría de la biomasa sola, incluso a 12-40 g/l de sólidos totales. De hecho, en algunas condiciones, la tasa de ensuciamiento fue menor a concentraciones de MLSS más altas, lo cual fue sorprendente.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso de tratamiento que comprende:

- 5 poner en contacto un licor con alto contenido de sólidos en suspensión (16) que comprende al menos una corriente de residuos (24) y carbón activado en polvo (30) en el mismo con una o más membranas (14) de una unidad de membrana (12) para generar un filtrado (18), en donde la membrana (14) comprende una membrana de microfiltración o una membrana de ultrafiltración, en donde el licor con alto contenido de sólidos en suspensión (16) comprende una concentración de sólidos en suspensión de al menos 10 g/l, en donde el licor con alto contenido de sólidos en suspensión (16) comprende además una cantidad de material biológico (48), en donde el material biológico (48) es cualquier población adecuada de microorganismos bacterianos eficaces para digerir componentes biodegradables, y en donde una proporción en peso del carbón activado en polvo (30) con respecto al material biológico (48) es de 3:1 a 5:1.
- 10
- 15 2. El proceso de tratamiento de la reivindicación 1, en donde la concentración de sólidos en suspensión es de 12 g/l a 40 g/l.
3. El proceso de tratamiento de la reivindicación 1, en donde la proporción en peso del carbón activado (30) con respecto al material biológico (48) es de 3:1 a 4:1.
- 20 4. El proceso de tratamiento de la reivindicación 1, que comprende además suministrar el filtrado (18) desde la una o más membranas (14) a una unidad de pulido (72), en donde la unidad de pulido (72) se selecciona del grupo que consiste en una unidad de nanofiltración, ósmosis inversa, intercambio iónico, electrodesionización, electrodesionización continua y de inversión de electrodiálisis.
- 25 5. El proceso de tratamiento de la reivindicación 1, en donde la corriente de residuos (24) procede de un proceso de refinería.
- 30 6. El proceso de tratamiento de la reivindicación 1, en donde la una o más membranas (14) comprenden un material cerámico.
7. El proceso de tratamiento de la reivindicación 1, en donde la una o más membranas (14) comprenden politetrafluoroetileno (PTFE).
- 35 8. El proceso de tratamiento de la reivindicación 1, que comprende además regenerar una cantidad de carbón activado agotado de la unidad de membrana (12) en una unidad de oxidación por aire húmedo (78).

FIG. 1

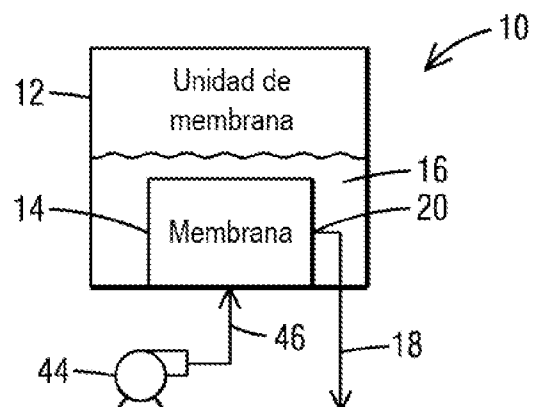


FIG. 2

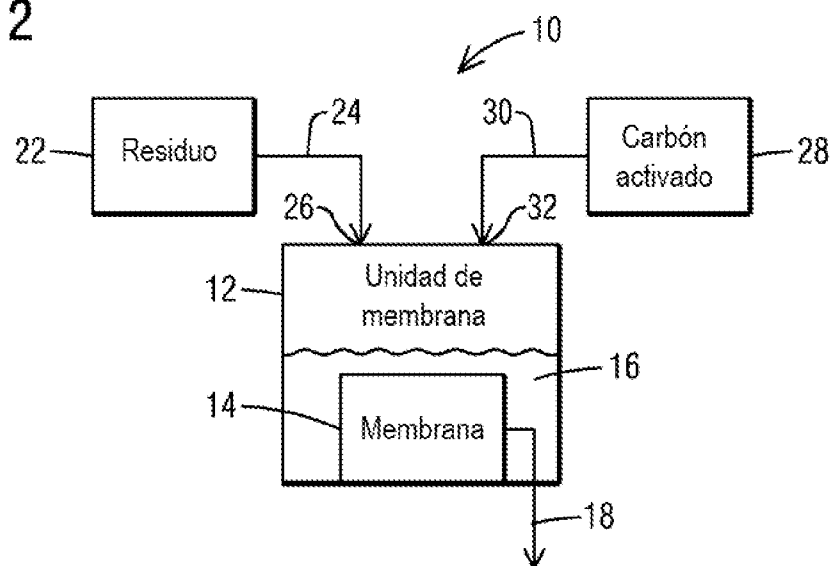


FIG. 3

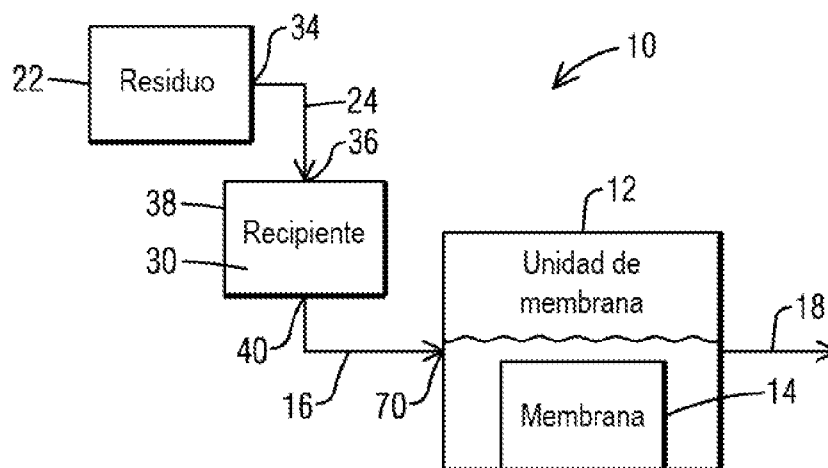


FIG. 4

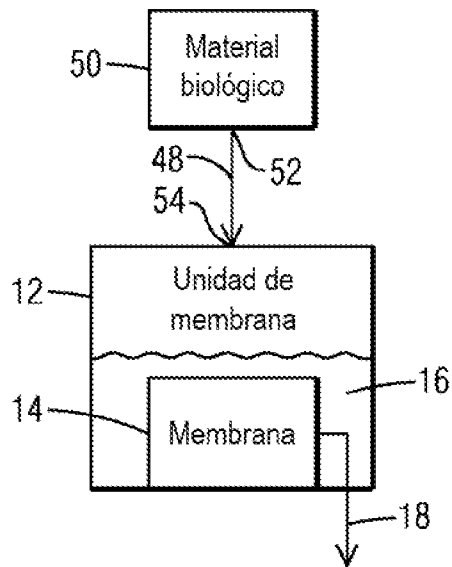


FIG. 5

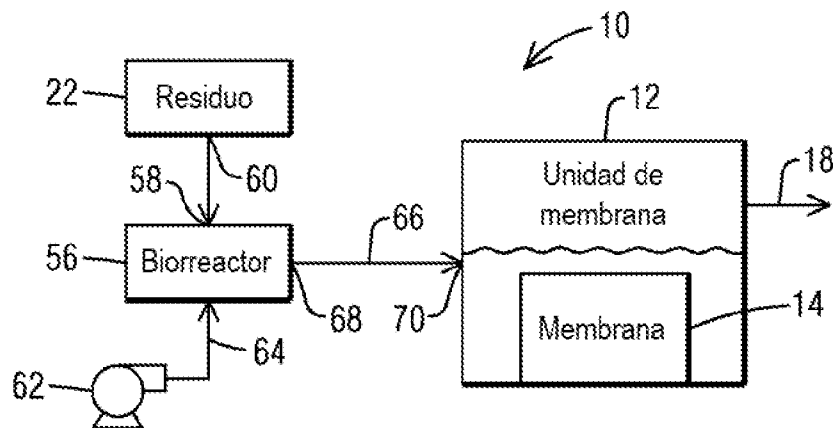


FIG. 6

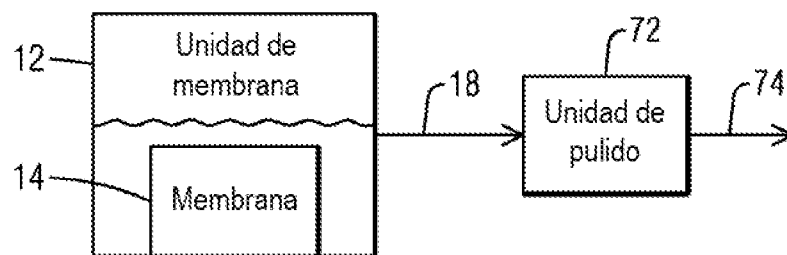


FIG. 7

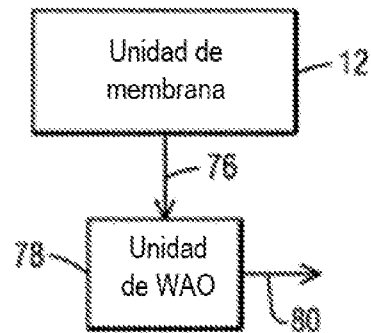


FIG. 8

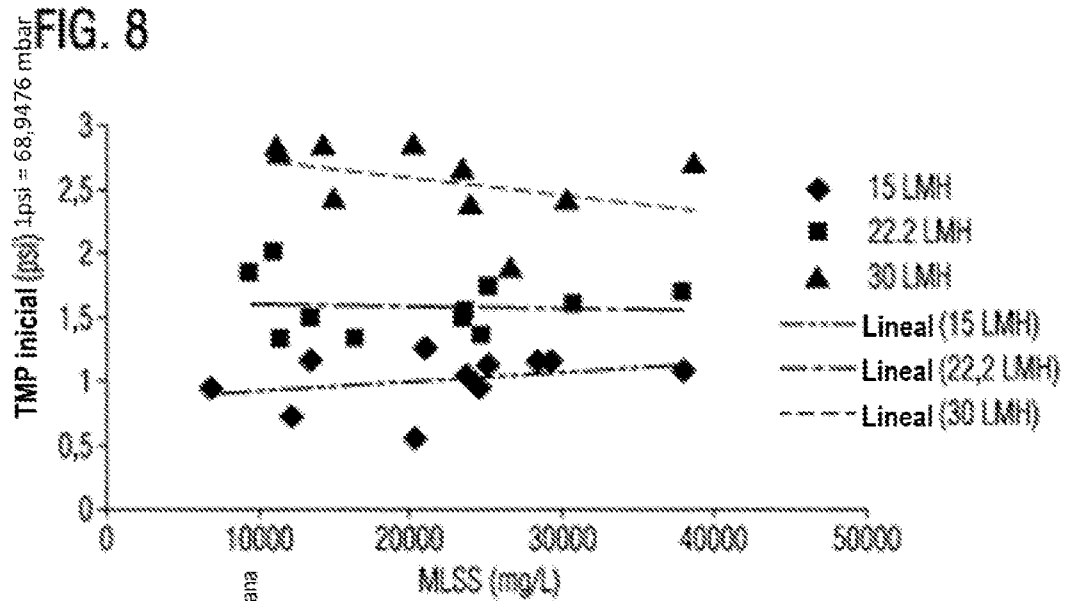


FIG. 9

