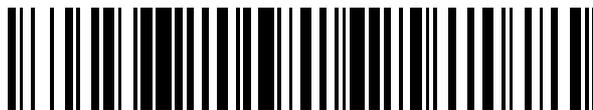


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 294**

21 Número de solicitud: 201690028

51 Int. Cl.:

**C02F 1/28** (2006.01)

**C02F 1/44** (2006.01)

**C02F 1/78** (2006.01)

**B01D 61/14** (2006.01)

**C02F 101/30** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

**11.12.2014**

30 Prioridad:

**20.12.2013 FR 1363233**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**13.10.2016**

71 Solicitantes:

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

**Immeuble de l'aquarène 1 Place Montgolfier  
94417 Saint-Maurice Cedex FR**

72 Inventor/es:

**GAID, Abdelkader;  
TAZI-PAIN, Annie y  
DAINES-MARTINEZ, Catherine**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

54 Título: **INSTALACIÓN Y PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO DE AGUA POR MEMBRANAS QUE INCORPORA LA ADSORCIÓN EN UN MATERIAL ADSORBENTE EN POLVO Y MEDIOS PARA LIMITAR LA ABRASIÓN DE LAS MEMBRANAS**

**ES 2 586 294 A2**

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 294**

21 Número de solicitud: 201690028

57 Resumen:

Instalación y procedimiento de tratamiento de agua por membranas que incorpora la adsorción en un material adsorbente en polvo y medios para limitar la abrasión de las membranas.

Procedimiento de tratamiento de agua que comprende: una etapa de puesta en contacto de dicha agua con un material adsorbente en polvo en una concentración de 0,1 a 5 g/l en un reactor de membrana que contiene al menos una membrana de filtración sumergida; una etapa de filtración por medio de la membrana sumergida de dicha agua que contiene dicho material adsorbente en polvo en dicho reactor de membrana, estando constituida dicha membrana al menos parcialmente por un material orgánico; caracterizado porque incluye etapas destinadas a limitar la abrasión de dicha, al menos una, membrana sumergida por dicho material adsorbente en polvo, consistiendo dichas etapas en: poner en contacto dicha agua que contiene dicho material adsorbente en polvo, en dicho reactor de membrana, con un material polimérico en partículas constituido por partículas a una concentración de 1 g/l a 10 g/l, teniendo dichas partículas un diámetro promedio de 1 mm a 5 mm y una densidad de 1,05 a 1,5; y agitar dicha mezcla constituida por agua, material adsorbente en polvo y material polimérico en partículas dentro de dicho reactor de membrana que contiene dicha, al menos una, membrana de filtración.

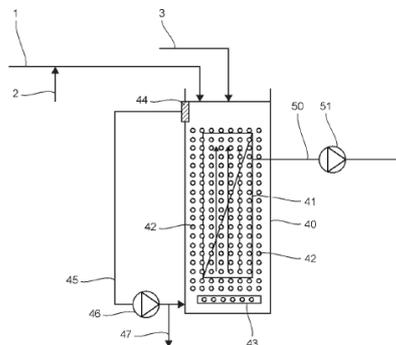


Fig. 1

## DESCRIPCIÓN

### INSTALACIÓN Y PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO DE AGUA POR MEMBRANAS QUE INCORPORA LA ADSORCIÓN EN UN MATERIAL ADSORBENTE EN POLVO Y MEDIOS PARA LIMITAR LA ABRASIÓN DE LAS MEMBRANAS

#### 5 1. Campo de la invención

El campo de la invención es el del tratamiento de agua.

Más específicamente, la invención se refiere a procedimientos y a plantas correspondientes  
10 de tratamiento de agua destinados a reducir su contenido en contaminantes, implementando al menos un reactor de membrana.

El término “contaminante” se entiende que significa en la descripción siguiente cualquier  
sustancia presente en el agua a tratar, el contenido de la cual es necesario limitar para  
15 hacer que dicha agua a tratar sea adecuada para un uso dado, incluido el consumo humano o animal. Dichas sustancias incluyen microorganismos, materia en suspensión, materia orgánica, materia coloidal, plaguicidas y/o fertilizantes, residuos de medicamentos, disolventes, disruptores endocrinos, etc.

#### 20 2. Técnica anterior

Se llevan a cabo diversos procedimientos en agua tratada o natural con el fin de limpiarla o potabilizarla. El propósito de estos procedimientos es liberar el agua de la totalidad o de parte de la materia orgánica, de microcontaminantes, de microorganismos, de materia  
25 suspendida, que contiene. Los microcontaminantes encontrados en agua pueden tener diversos orígenes: residuos de medicamentos, disruptores endocrinos, residuos de plaguicidas, disolventes clorados, etc.

Dichas etapas implementan clásicamente una etapa de coagulación-floculación seguida por  
30 una etapa de adsorción en la que el agua a tratar se pone en contacto con un material adsorbente en polvo tal como carbón activado en polvo (PAC), resinas de intercambio iónico o zeolitas. Por medio de su porosidad y su alta capacidad de absorción, los materiales adsorbentes en polvo posibilitan la fijación o la adsorción del contaminante. Estos materiales en polvo y los reactivos de coagulación-floculación se separan después del agua,  
35 generalmente por medio de un separador por gravedad y después mediante un filtro de arena y finalmente mediante membranas de filtración. Las etapas de coagulación-floculación

y adsorción reducen considerablemente la contaminación presente en el agua. Así, el agua que alcanza las membranas de filtración se ha liberado ya de numerosas sustancias que podrían obstruir las membranas. No obstante, estos procedimientos, para ser implementados, requieren una infraestructura, especialmente trabajos de ingeniería civil que son considerables y, por lo tanto, costosos. Además, dichos procedimientos implican la necesidad de controlar con precisión las condiciones de realización, especialmente con respecto a las concentraciones de material en polvo en el separador y la gestión de las pérdidas de este material que fluye al fondo del separador con el fin de minimizar las cantidades de material nuevo que debe añadirse para minimizar estas pérdidas. Todos estos factores tienen un efecto negativo sobre la eficacia general de dichas plantas de tratamiento de agua y sobre el coste de producción del agua tratada.

Estas desventajas se superan en gran medida mediante la técnica de tratamiento de aguas residuales o naturales para eliminar su contenido en contaminantes orgánicos disueltos descrita en la solicitud de patente número FR-A1-2982255, en la que se pone en contacto agua con PAC en un reactor en el que fluye a una velocidad de 5 a 50 m/h y después la mezcla obtenida se filtra directamente a través de una unidad de filtración mecánica no de membrana.

En otros procedimientos alternativos, el agua a tratar se pone en contacto con PAC y después el agua tratada se separa del PAC mediante filtración por membrana en una filtración externa-interna. Las membranas usadas en este contexto pueden ser especialmente membranas de nanofiltración o membranas de ultrafiltración o membranas de microfiltración. El PAC, después, se recupera y se recicla aguas arriba de las membranas de filtración.

Se ha demostrado que dichos procedimientos son particularmente eficaces. No obstante, pueden mejorarse adicionalmente.

Durante la filtración mediante membranas sumergidas por microfiltración o por ultrafiltración o por nanofiltración, durante la cual el agua se extrae a través de las membranas, el material en polvo tal como el PAC obstruye los poros de estas membranas. Así, las membranas tienden a obstruirse gradualmente, lo que produce un aumento en la pérdida de carga y una reducción del flujo de filtración a través de las membranas y, por lo tanto, un aumento en el consumo de energía. La obstrucción de las membranas por parte del PAC, que puede ser parcialmente irreversible, también tiende a reducir la vida útil de las membranas.

La desobstrucción de las membranas sumergidas requiere el uso de lavados diarios o semanales, usando principalmente productos químicos tales como disolventes clorados. Ahora bien, estos disolventes reducen la capacidad de adsorción del PAC. Para superar esta reducción en la eficacia del PAC, es necesario inyectar frecuentemente PAC nuevo en el agua a tratar.

A menudo se inyecta aire en el reactor para que tome parte en la desobstrucción de las membranas. El aire inyectado también puede agitar el contenido del reactor.

No obstante, el PAC, combinado con la inyección de aire en las membranas de filtración y/o los productos químicos usados para la desobstrucción, tiende a tener una acción abrasiva sobre la superficie de las membranas. Estas membranas están constituidas, de hecho, total o parcialmente, por materiales orgánicos, principalmente polímeros, que tienen una dureza inferior a la del PAC. La primera consecuencia de este fenómeno de abrasión es que reduce la vida útil de las membranas de microfiltración o ultrafiltración o membranas de nanofiltración y como corolario reduce la eficacia de la filtración.

Por lo tanto, es necesario reemplazar a menudo las membranas de filtración. En determinados casos, este reemplazo de las membranas debe tener lugar anualmente.

Estos procedimientos causan, por lo tanto, un mayor consumo de energía y de reactivos. Además, es necesario reemplazar las membranas de filtración bastante frecuentemente. Esto significa que el funcionamiento de la planta debe detenerse. Todo esto tiene un papel en el aumento del coste de producción del agua tratada.

### **3. Objetivos de la invención**

La invención tiene como objetivo, en especial, superar la totalidad o parte de estas desventajas de la técnica anterior.

Más específicamente, un objetivo de la invención es, en al menos una realización, proponer un procedimiento de tratamiento de agua que combina la adsorción en un material adsorbente en polvo tal como, en especial, carbón activado en polvo y una membrana de filtración, especialmente en una membrana de nanofiltración o microfiltración o ultrafiltración constituida al menos parcialmente por un material orgánico que optimiza la vida útil de estas

membranas.

En particular, un objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento para el tratamiento por membranas de agua que posibilita limitar el desgaste de dichas membranas de filtración por la abrasión del material que las constituyen.

Es también un objetivo de la invención, en al menos una realización, implementar dicho procedimiento para reducir el consumo de reactivos necesarios para la desobstrucción de las membranas y, más en general, el consumo de reactivos aplicados para llevar a cabo el tratamiento de agua.

Otro objetivo de la invención es proporcionar una técnica que, en al menos una realización, es sencilla en su diseño y/o sencilla de implementar y/o compacta y/o económica.

#### 4. Sumario de la invención

Estos objetivos, así como otros que surgirán en el presente documento más adelante se logran por medio de la invención que se refiere a un procedimiento de tratamiento de agua que comprende:

una etapa de puesta en contacto dicha agua con un material adsorbente en polvo a una concentración de 0,1 a 5 g/l en un reactor de membrana que contiene al menos una membrana de filtración sumergida;

una etapa de filtración por medio de la membrana sumergida de dicha agua que contiene dicho material adsorbente en polvo en dicho reactor de membrana, estando constituida dicha membrana al menos parcialmente por un material orgánico;

caracterizado porque incluye etapas que ayudan a limitar la abrasión de dicha, al menos una, membrana sumergida por dicho material adsorbente en polvo, consistiendo dichas etapas en:

poner en contacto dicha agua que contiene dicho material adsorbente en polvo, en dicho reactor de membrana, con un material polimérico en partículas constituido por partículas a una concentración de 1 g/l a 10 g/l, teniendo dichas partículas un diámetro promedio de 1 mm a 5 mm y una densidad de 1,05 a 1,5; y

agitar dicha mezcla constituida por agua, material adsorbente en polvo y material polimérico en partículas dentro de dicho reactor de membrana que contiene dicha, al menos una, membrana de filtración.

Por lo tanto, la invención propone una técnica de tratamiento de agua que combina la adsorción en material en polvo seguida por la filtración en una membrana que incluye una etapa que consiste en proporcionar un material polimérico en partículas al reactor de tratamiento de agua dentro del cual se genera una agitación y el objetivo de resolver el problema técnico producido por la capacidad abrasiva del material adsorbente en polvo sobre el material orgánico que constituye, al menos parcialmente, las membranas de filtración.

Puede observarse que la invención no está limitada al caso en el que el material adsorbente en polvo sea PAC sino que también abarca el caso en el que el material adsorbente en polvo sea otro material tal como, por ejemplo, una zeolita, siempre que este material tenga una dureza superior a la del material orgánico que al menos parcialmente constituye las membranas de filtración implementadas. La invención también encuentra aplicación cuando el material adsorbente está constituido por una resina, debido a que las partículas finas de resina pueden tener dicha capacidad abrasiva.

Los expertos en la técnica tendían a creer con bastante lógica que la adición de un material en partículas en el reactor que contiene las membranas de filtración, bajo el efecto del movimiento de agitación que prevalece en el mismo, acentuaría el fenómeno de abrasión de dichas membranas y/o el fenómeno de obstrucción de estas membranas. No obstante, se ha observado que la adición de un material polimérico en partículas no amplifica de ninguna manera el fenómeno de abrasión. Por el contrario, el material polimérico en partículas protege la superficie de las membranas del desgaste mecánico provocado habitualmente por el material adsorbente en polvo. Más específicamente, se ha observado que el papel protector del material polimérico en partículas se refiere al hecho de que las partículas que componen el material, así como la turbulencia inducida por estas partículas, forman un escudo protector alrededor de la membrana o las membranas de filtración. Este escudo protector impide:

- que el material adsorbente en polvo se adhiera a la superficie de las membranas y así impide o al menos limita la obstrucción de los poros de las membranas y
- que el material adsorbente en polvo se frote contra la superficie de las membranas de filtración y así impide o al menos limita el fenómeno de abrasión de las membranas.

La técnica según la invención reduce así la frecuencia de los lavados usando productos químicos en las membranas con la intención de desobstruirlas.

El efecto negativo de dichos productos químicos sobre la capacidad de absorción del material adsorbente en polvo se reduce de este modo, lo que induce una reducción del consumo de este material.

5

La agitación dentro del reactor posibilita además la creación en este reactor de un medio adecuado para poner en suspensión el material adsorbente en polvo y el material polimérico en partículas de modo que sus concentraciones en el mismo sean en cada punto esencialmente homogéneas. Esto tiene un papel en la optimización del tratamiento del agua.

10

Además, el material polimérico en partículas en suspensión en el reactor induce una turbulencia adicional en el reactor. Esta turbulencia adicional tiene el papel en homogeneizar adicionalmente la concentración de material adsorbente en el reactor. En consecuencia, la eficacia del tratamiento de agua es más regular y la calidad del agua tratada es más reproducible.

15

Por todas estas razones, el procedimiento según la invención posibilita lograr ahorros sustanciales en las membranas, en el uso del material adsorbente en polvo, en el uso de productos químicos de desobstrucción y también ahorros importantes con respecto a la energía mientras que al mismo tiempo se produce un agua de calidad igualmente buena o incluso de mejor calidad que con los procedimientos usados actualmente.

20

La técnica según la invención alarga especialmente la vida útil de las membranas. La frecuencia de reemplazo de las membranas de filtración, así, se reduce en comparación con las técnicas actuales.

25

Según una variante, dicha agitación de dicha mezcla constituida por agua, material polimérico en partículas y material adsorbente en polvo dentro de dicho reactor de membrana se obtiene como resultado, al menos parcialmente, de la inyección secuenciada y no secuenciada de aire en dicha mezcla. La ventaja de secuenciar la inyección de aire es que produce turbulencia por modos transitorios y así ahorra energía.

30

Como alternativa o complementariamente, dicha agitación de dicha mezcla constituida por agua, material polimérico en partículas y material adsorbente en polvo dentro de dicho reactor de membrana se obtiene como resultado, al menos parcialmente, de una recirculación de al menos una parte de dicha mezcla constituida por agua y material

35

adsorbente en polvo en dicho reactor.

La agitación provocada de este modo mejora en primer lugar la homogeneidad de la concentración de material adsorbente en polvo y material polimérico en partículas en el reactor y en segundo lugar fomenta el papel protector del material polimérico en partículas con respecto al material adsorbente en polvo.

Preferentemente, el material adsorbente en polvo es carbón activado en polvo (PAC), es decir, carbón activado constituido por partículas que tiene un diámetro medio de 5  $\mu\text{m}$  a 200  $\mu\text{m}$  y preferentemente de 15  $\mu\text{m}$  a 35  $\mu\text{m}$ .

Ventajosamente, dicho material polimérico se selecciona del grupo que comprende perlas de polipropileno, perlas de polipropileno carbonatadas, perlas de polipropileno huecas rellenas con minerales, perlas de policarbonato, perlas de poliuretano, perlas de poli(metacrilato de metilo), perlas de poli(tereftalato de butileno), perlas de polioximetileno, perlas de polietileno y perlas de poli(cloruro de vinilo).

Estas perlas tienen la ventaja de que son químicamente inertes en comparación con las membranas y su coste es reducido. La superficie de estas perlas es preferentemente lisa para que no actúen de forma abrasiva sobre las membranas ni actúen como soportes de fijación de la biomasa que pueda contener el agua a tratar.

En una realización ventajosa, dicha agua a tratar circula en dicho reactor de membrana a una velocidad de 3 a 15 m/h.

Dicha implementación crea un ambiente en el reactor favorable para poner en suspensión el material adsorbente y el material polimérico en partículas. Así, el efecto de turbulencia inducido por el movimiento de las perlas del material polimérico en partículas impide o, en cualquier caso, limita enormemente el fenómeno de abrasión de las membranas por el material adsorbente en polvo. Este movimiento de turbulencia también permite la separación de forma suave de la materia que podría adherirse a los materiales de filtración y que podría obstruir los poros.

Ventajosamente, dicha membrana se selecciona del grupo de membranas constituido por membranas de microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración sumergidas.

En una realización particularmente ventajosa, el procedimiento según la invención comprende además una etapa que consiste en inyectar ozono en el agua a tratar, llevándose a cabo dicha etapa de inyección de ozono posiblemente aguas arriba de dicho reactor de membrana o en dicho reactor de membrana.

5

Dicha etapa mejora la eficacia del tratamiento del agua oxidando una parte de las moléculas que se van a eliminar. Esta etapa mejora especialmente la eliminación de disruptores endocrinos y residuos de medicamentos. La ozonación, además, fragmenta las moléculas orgánicas de gran tamaño en moléculas más pequeñas, facilitando así su adsorción y su  
10 eliminación subsiguiente. La ozonación, finalmente, elimina determinadas toxinas de algas y moléculas malolientes.

Preferentemente, el procedimiento de la invención no incluye ninguna inyección de coagulante y/o floculante en dicho reactor de membrana. De hecho, determinados  
15 procedimientos de tratamiento de agua incluyen etapas de coagulación-floculación para mejorar la eficacia del procedimiento eliminando las macromoléculas orgánicas en agua, por ejemplo, y para permitir la separación de material en polvo del agua tratada. Sin embargo, estos procedimientos implican prever un separador para separar el material adsorbente y los reactivos de floculación y coagulación del agua tratada. No obstante, una parte del material  
20 adsorbente en polvo se pierde durante dicha separación. Esto implica la reinyección de material adsorbente nuevo y el aumento de costes de tratamiento de agua. Además, estos separadores, así como los tanques de coagulación/floculación, etc., representan una inversión considerable en trabajos de ingeniería civil y de mantenimiento que contribuye en una medida equivalente a aumentar los costes del tratamiento de agua. La invención  
25 posibilita evitar llevar a cabo la coagulación y/o la floculación dado que usa membranas. Esto puede apreciarse particularmente cuando, por razones relacionadas con las regulaciones, el uso de floculantes y/o coagulantes no está permitido. El tamaño y el coste de las plantas según la invención, por lo tanto, se reducen. Las pérdidas de reactivo adsorbente y, por lo tanto, el consumo de este reactivo adsorbente también se reduce.

30

Un objeto de la invención es también una planta para implementar el procedimiento que comprende al menos un reactor de membrana que integra al menos una unidad de filtración por membrana que comprende al menos una membrana de filtración;  
medios para transportar agua a tratar a dicho, al menos un, reactor de membrana;  
35 medios para inyectar un material adsorbente en polvo en dicha agua a tratar;  
medios para recircular al menos una parte del contenido de dicho reactor de membrana;

un material polimérico en partículas constituido por partículas que tienen un diámetro promedio de 1 mm a 5 mm y una densidad de 1,05 a 1,5 presente en dicho reactor de membrana a una concentración de 1 a 10 g/l;

5 medios para retener dicho material polimérico en partículas dentro de dicho reactor de membrana;

medios para agitar dicho contenido de dicho reactor de membrana;

medios para descargar agua procedente de dicha unidad de filtración por membrana;

medios para drenar una mezcla de agua y material adsorbente en polvo y lodos en exceso procedentes de dicho reactor de membrana

10

Así, la planta según la invención es compacta en comparación con plantas que comprenden las etapas de coagulación/floculación debido a que no comprende ni un tanque de coagulación-floculación ni medios para inyectar reactivos de coagulación y floculación ni ningún separador tal como un decantador. También es más compacta en comparación con

15

Ventajosamente, dicho material polimérico en partículas se selecciona del grupo que comprende perlas de polipropileno, perlas de polipropileno carbonatadas, perlas de polipropileno huecas rellenas con minerales, perlas de policarbonato, perlas de poliuretano,

20

perlas de poli(metacrilato de metilo), perlas de poli(tereftalato de butileno), perlas de polioximetileno, perlas de polietileno y perlas de poli(cloruro de vinilo).

Según una variante valiosa, dicho reactor de membrana comprende:

25

una zona de precontacto de dicha agua con dicho material polimérico adsorbente a la que conducen dichos medios para transportar agua a tratar, conduciendo dichos medios para inyectar dicho material adsorbente en polvo en dicha zona de puesta en contacto o de conducción a dichos medios para transportar agua a tratar; y

una zona de filtración por membrana;

30

estando dicha zona de precontacto y dicha zona de filtración físicamente separadas una de otra, comprendiendo dicha planta medios para transportar el contenido de dicha zona de precontacto a dicha zona de filtración.

Esta realización favorece la adsorción de los contaminantes en el material adsorbente en polvo aumentando el tiempo de residencia del agua a tratar con este material. Dicha variante

35

permite la reducción sencilla y satisfactoria de la contaminación disuelta en el agua a tratar.

Preferentemente, dichos medios para agitar el contenido de dicho reactor de membrana comprenden al menos una barra de inyección de aire prevista dentro de dicho reactor de membrana, ventajosamente en su parte inferior o en dicha zona de precontacto.

- 5 De forma alternativa o complementaria, dichos medios para agitar el contenido de dicho reactor de membrana comprenden dichos medios de recirculación de al menos una parte del contenido de dicho reactor de membrana.

10 También es posible proporcionar un agitador que adopta la forma de un medio para agitar los contenidos del reactor, que se proporciona en la zona de precontacto de dicho reactor de membrana.

15 Cualquiera de estas realizaciones o una combinación de estas dos realizaciones posibilita producir una agitación para mantener el material adsorbente en polvo, así como el material polimérico en partículas, en suspensión en el reactor de membrana. Esta agitación posibilita en primer lugar homogeneizar la distribución de dichos materiales adsorbentes en polvo y materiales poliméricos en partículas dentro del reactor y en segundo lugar evitar que el material adsorbente se adhiera a las membranas de filtración. La calidad del agua, por lo tanto, es mejor y más reproducible. Los fenómenos de abrasión y obstrucción de las  
20 membranas también se reducen o incluso se impiden.

Ventajosamente, la planta según la invención comprende medios para inyectar ozono en dicha agua a tratar.

- 25 Los medios para inyectar ozono pueden ubicarse en los medios para introducir agua a tratar a un reactor de precontacto o en el reactor de membrana mismo. La inyección de ozono también puede realizarse aguas arriba de la inyección de material adsorbente en polvo en el agua a tratar. Más específicamente, una inyección de ozono, previamente a la etapa de puesta en contacto con el material adsorbente, fragmenta las macromoléculas y oxida  
30 parcialmente los contaminantes disueltos en el agua antes de la adsorción. Así, la adsorción en el material adsorbente en polvo se facilita y la calidad del agua tratada se mejora.

## 5. Listado de figuras

- 35 Otras características y ventajas de la invención aparecerán más claramente a partir de la descripción siguiente de dos realizaciones preferentes proporcionadas a modo de ejemplos

sencillos, ilustrativos y no exhaustivos y a partir de los dibujos adjuntos, en los que:

– La figura 1 ilustra esquemáticamente una primera realización de una planta para implementar el procedimiento según la invención;

5

– La figura 2 ilustra esquemáticamente una segunda realización de una planta para implementar el procedimiento según la invención;

– La figura 3 es un gráfico que muestra el progreso de la permeabilidad de las membranas de microfiltración de una planta del tipo mostrado en la figura 1 implementada según la invención.

10

## **6. Descripción de las realizaciones de la invención**

### **6.1. Recordatorio del principio de la invención**

15

El principio general de la invención se basa en una técnica de tratamiento de agua que combina adsorción en un material adsorbente en polvo y filtración en membranas según la cual se añade un material polimérico en partículas al reactor de membrana con el fin de limitar la abrasión de las membranas.

20

### **6.2. Descripción de una primera realización**

Con referencia a la figura 1, se presenta una primera realización de una planta según la invención para implementar el procedimiento según la invención.

25

En esta realización, la planta según la invención comprende un conducto para conducir agua 1 que se abre a un reactor de tratamiento de agua 40 para introducir agua a tratar en este reactor.

30

Los medios para inyectar ozono 2, a saber, un inyector, se usan para inyectar ozono en el agua a tratar con el fin de hacerla experimentar una etapa de ozonación. Esta etapa de ozonación oxida la totalidad o parte de los contaminantes contenidos en el agua a tratar. También fragmenta las macromoléculas facilitando su adsorción en un material adsorbente en polvo. En esta realización, la inyección de ozono se lleva a cabo en la tubería 1 de entrada de agua. No obstante, podría realizarse en otras realizaciones en el nivel del reactor

35

de membrana.

El reactor 40 aloja un modulo de filtración por membrana 41. Este modulo de filtración por membrana 41 consiste en membranas sumergidas, en este caso membranas de microfiltración, pero en otras realizaciones podrían ser membranas de ultrafiltración o de nanofiltración fabricadas al menos parcialmente de un material orgánico. Las dimensiones del reactor 40 son tales que existe poco espacio entre las paredes interiores del reactor 40 y el contorno exterior del modulo de filtración 41.

10 Los medios para inyectar material adsorbente en partículas 3, tales como, por ejemplo, un inyector, desemboca en el reactor 40. Preferentemente, este material adsorbente en partículas es PAC y se distribuye en el reactor 40 en una cantidad determinada de modo que la concentración de PAC del agua en el reactor de membrana 40 varíe de 0,1 g/l a 5 g/l.

15 El reactor 40 contiene un material polimérico en partículas en forma de perlas 42. Las perlas 42 tienen una superficie lisa. Las perlas son adecuadas para llevar a cabo un procedimiento según la invención, teniendo un diámetro promedio de 1 mm a 5 mm y una densidad de 1,05 a 1,5. Pueden ser preferentemente de un material polimérico en partículas elegido del grupo que comprende perlas de polipropileno, perlas de polipropileno carbonatadas, perlas de polipropileno huecas rellenas con minerales, perlas de policarbonato, perlas de poliuretano, 20 perlas de poli(metacrilato de metilo), perlas de poli(tereftalato de butileno), perlas de polioximetileno, perlas de polietileno y perlas de poli(cloruro de vinilo).

Preferentemente, la cantidad de perlas se selecciona de modo que la concentración de perlas 42 en el agua en el reactor 40 sea de aproximadamente 8 g/l.

La planta comprende medios para inyectar aire en el reactor 40. Estos medios de inyección comprenden en el presente documento una barra de inyección 43 situada en la parte inferior del reactor 40 por debajo del módulo de filtración por membrana, conectados a un sistema de entrada de aire (no mostrado). El aire inyectado permite que el PAC esté en suspensión en el agua a tratar de modo que su distribución sea esencialmente uniforme dentro del reactor de membrana y a fin de optimizar su capacidad de adsorción de contaminantes. El aire inyectado también permite la agitación de las perlas 42 en el reactor. Después las perlas 42 forman un escudo protector sobre la superficie de las membranas posibilitando:

35 – que se limite el desgaste de las membranas por abrasión impidiendo que el PAC se

frote contra la superficie de las membranas;

– que se separe uniformemente la materia que podría depositarse en la superficie de las membranas sin dañar estas membranas debido a la turbulencia que el material genera en el reactor.

5

El agua mezclada con PAC pasa a través del módulo de filtración con el fin de separar el agua tratada del PAC. El agua tratada se descarga así por medio de una tubería 50 en la que está dispuesta una bomba 51.

10 La planta también comprende un bucle de recirculación 45 en el que hay una bomba de recirculación 46 y una unidad de drenaje 47. La unidad de drenaje 47 descarga el exceso de lodo. La entrada de la tubería de recirculación 45 se abre a la parte superior del reactor 40 mientras que su salida se abre a la parte inferior de este reactor. Este bucle 45 posibilita la recirculación, al menos parcialmente, de la mezcla de agua y PAC contenida dentro del  
15 reactor y esta recirculación genera una agitación en el reactor.

Un tamiz de retención 44, dispuesto entre el reactor 40 y la entrada del bucle de recirculación 45, retiene las perlas 42 en el reactor 40.

20 En esta realización, la agitación dentro del reactor se mantiene en funcionamiento continuamente.

### **6.3. Descripción de una segunda realización**

25 Una segunda realización de una planta para implementar un procedimiento según la invención se presenta en la figura 2. En esta realización los elementos que tienen la misma función que en la realización descrita con referencia a la figura 1 poseen las mismas referencias.

30 En esta segunda realización, la planta comprende un reactor de membrana 40 subdividido en una zona de precontacto 48 y una zona de filtración 49.

La zona de precontacto 48 comprende en el presente documento un tanque de precontacto 48 y la zona de filtración comprende en el presente documento un tanque de filtración 49,  
35 estando dispuesto el tanque de precontacto aguas arriba del tanque de filtración.

Este tanque de precontacto 48 aloja medios para inyectar aire tales como, por ejemplo, una barra de inyección 43, en la parte inferior de este tanque. Esta barra de inyección está conectada a una red de entrada de aire (no mostrada). El tanque de precontacto 48 también aloja una bomba 46, que permite que el agua circule desde el tanque 48 al tanque de  
5 filtración 49. El tanque 48 aumenta el tiempo de contacto entre el agua a tratar y el material adsorbente. Esta realización es particularmente útil para el tratamiento de agua cargada con el fin de permitir más tiempo para los compuestos que se van a adsorber por el PAC y así aumenta la eficacia del procedimiento de tratamiento de agua.

10 Se notará que, en otras realizaciones, la agitación de los contenidos del tanque podría realizarse mediante uno o más agitadores proporcionados en el tanque de precontacto 48.

En esta realización, la unidad de drenaje 47, que permite la descarga de la mezcla de agua y material adsorbente y el lodo en exceso, está situada en la parte inferior del tanque de  
15 filtración 49. La unidad de drenaje 47 está precedida por un tamiz de retención 44 usado para retener las perlas dentro del tanque de filtración 49.

La planta según esta segunda realización también comprende un bucle de recirculación que aumenta el tiempo de residencia medio de la mezcla de agua y material adsorbente en la  
20 planta y participa en la generación de agitación tanto en el tanque de precontacto como en el tanque de filtración. Este bucle de recirculación comprende:

- una tubería 45 para recircular al menos una parte del contenido del tanque de filtración 49 al tanque de precontacto 48, y
- 25 – la bomba 46 usada para transportar el contenido del tanque de precontacto 48 al tanque de filtración 49.

Exactamente como en el caso de la primera realización, la inyección de ozono 3 se realiza en la tubería de entrada de agua 1. No obstante, en otras realizaciones, es posible  
30 considerar estos medios para inyectar ozono en el tanque de precontacto 48 o en el tanque de filtración 49.

En esta realización, la agitación dentro del reactor se realiza continuamente de modo que la desobstrucción de las membranas sea continua.

35

#### **6.4. Variantes**

En las dos realizaciones descritas anteriormente en el presente documento, el contenido del reactor se pone en movimiento debido a una inyección de aire en el reactor o en la zona de filtración del reactor y debido a una recirculación del contenido del reactor o de la zona de filtración. En algunas variantes, el contenido del reactor puede ponerse en movimiento solo mediante inyección o solo mediante recirculación.

En la segunda realización, el reactor 40 está subdividido en un tanque de precontacto 48 y una zona de filtración 49 por medio de una pared de separación. No obstante, en otra realización, no mostrada, la planta puede incluir un tanque de precontacto distinto del reactor de tratamiento de agua que aloja los medios de filtración por membrana. En esta otra realización, el tanque de precontacto está dispuesto aguas arriba del reactor de tratamiento de agua. Se usa una bomba para enviar la mezcla de agua a tratar y PAC desde el tanque de precontacto al tanque de tratamiento de agua por medio de una tubería. En esta variante, los medios para inyectar PAC e introducir agua a tratar también se abren al tanque de precontacto. Como en la segunda realización, la agitación del tanque de precontacto puede realizarse por inyección de aire y/o por recirculación de la mezcla de agua a tratar y PAC desde el reactor de tratamiento de agua al tanque de precontacto.

## 7. Ensayos

Una planta de tratamiento de agua con vista a hacerla potable, que comprende un reactor de membrana que integra membranas de microfiltración, se implementó con inyección de PAC, usándose las membranas para separar el PAC del agua y para reducir su contenido en microorganismos.

Se realizaron mediciones del parámetro del valor de reducción logarítmico (LRV), que expresa la reducción de microorganismo al comienzo del ensayo y al finalizar un mes y medio según dos procedimientos distintos (en cultivos y por RT-PCR). Los resultados de estas mediciones, mostrados en la tabla 1 a continuación en el presente documento, expresan una disminución muy significativa de esta reducción. En la práctica, el LRV observado al finalizar un mes y medio es 5 o 7 veces más pequeño en función del procedimiento de medición. Esto demuestra la disminución de la eficacia de las membranas resultado de su abrasión por el PAC.

Tipo de análisis	LRV inicial	LRV después de 1,5
------------------	-------------	--------------------

		meses
Cultivo	4,1	0,6
RT-PCT	3,8	0,8

Tabla 1

Una planta del mismo tipo se implementó para tratar aguas residuales con vista a su  
 5 limpieza pero proporcionando para la inyección en el reactor de membrana perlas hechas de material polimérico, a saber, polipropileno carbonatado, que tienen un diámetro de 4 mm y una densidad de 1,05. No se realizó ningún lavado de las membranas usando productos químicos.

10 Después de 1,5 meses de operación, el criterio de LRV se midió en 3,3, es decir, cercano a su valor inicial. Este LRV de 3,3 corresponde a una reducción de microorganismos cercana al umbral de cuantificación. Este resultado certifica la mayor minimización del fenómeno de abrasión de membranas observado anteriormente. Con referencia a la figura 3, la permeabilidad relativa de las membranas, que corresponde a la relación de permeabilidad  
 15 medida durante el tiempo LP20 con respecto a la permeabilidad medida al comienzo de los ensayos LPI20, solo disminuyó ligeramente a pesar del hecho de que no se realizó ningún lavado químico de las membranas. La reducción de la COD (demanda química de oxígeno) y el TOC (carbono orgánico total), por su parte, fue estable a lo largo del ensayo.

## 20 **8. Conclusiones**

Así, el procedimiento según la invención permite la producción de agua tratada de calidad  
 25 equivalente, o si no de mayor calidad, que la producida por la realización de procedimientos existentes. El procedimiento según la invención resuelve un problema que se encuentra frecuentemente durante el uso de membranas de filtración, a saber, el desgaste mecánico prematuro de las membranas debido a la naturaleza abrasiva del material adsorbente, posiblemente en combinación con la acción de aire inyectado en el reactor. De hecho, lejos de agravar el problema de abrasión de membranas como se podría imaginar, la adición de un material polimérico en partículas, que es relativamente inerte para las membranas,  
 30 protege la superficie de estas membranas. Más específicamente, la agitación del reactor posibilita poner en suspensión tanto el material adsorbente en polvo como el material polimérico en partículas. Así, el frote del material adsorbente contra las membranas se limita: por lo tanto, el procedimiento según la invención reduce eficazmente el fenómeno de

abrasión que produce el desgaste mecánico de las membranas.

Además, las partículas que forman el material polimérico en partículas, por su movimiento en el agua, puesto en un estado de turbulencia en el medio, impiden que el material adsorbente en polvo se adhiera a las membranas de filtración y obstruyan los poros de estas membranas. Al realizarlo, el procedimiento según la invención también tiene un papel en la limitación de la obstrucción de las membranas.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento de agua que comprende:
  - 5 una etapa de puesta en contacto de dicha agua con un material adsorbente en polvo a una concentración de 0,1 a 5 g/l en un reactor de membrana que contiene al menos una membrana de filtración sumergida;
  - una etapa de filtración por medio de la membrana sumergida de dicha agua que contiene dicho material adsorbente en polvo en dicho reactor de membrana, estando constituida
  - 10 dicha membrana al menos parcialmente por un material orgánico;
  - caracterizado porque incluye etapas destinadas a limitar la abrasión de dicha, al menos una, membrana sumergida por dicho material adsorbente en polvo, consistiendo dichas etapas en:
    - poner en contacto dicha agua que contiene dicho material adsorbente en polvo, en dicho
    - 15 reactor de membrana, con un material polimérico en partículas constituido por partículas a una concentración de 1 g/l a 10 g/l, teniendo dichas partículas un diámetro promedio de 1 mm a 5 mm y una densidad de 1,05 a 1,5; y
    - agitar dicha mezcla constituida por agua, material adsorbente en polvo y material polimérico en partículas dentro de dicho reactor de membrana que contiene dicha, al menos una,
    - 20 membrana de filtración.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha agitación de dicha mezcla constituida por agua, material polimérico en partículas y material adsorbente en polvo dentro de dicho reactor de membrana se obtiene como resultado, al menos
- 25 parcialmente, de la inyección secuenciada y no secuenciada de aire a dicha mezcla.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque dicha agitación de dicha mezcla constituida por agua, material polimérico en partículas y material adsorbente en polvo dentro de dicho reactor de membrana se obtiene como resultado, al menos
- 30 parcialmente, de la recirculación de al menos una parte de dicha mezcla constituida por agua y material adsorbente en polvo en dicho reactor.
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho material adsorbente en polvo es carbón activado en polvo (PAC).
- 35 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque

- dicho material polimérico se selecciona del grupo que comprende perlas de polipropileno, perlas de polipropileno carbonatadas, perlas de polipropileno huecas rellenas con minerales, perlas de policarbonato, perlas de poliuretano, perlas de poli(metacrilato de metilo), perlas de poli(tereftalato de butileno), perlas de polioximetileno, perlas de polietileno y perlas de
- 5 poli(cloruro de vinilo).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha agua a tratar circula en dicho reactor de membrana a una velocidad de 3 a 15 m/h.
- 10 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha membrana sumergida se selecciona del grupo constituido por membranas de nanofiltración, membranas de ultrafiltración y membranas de microfiltración.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
- 15 además comprende una etapa de inyección de ozono en el agua a tratar, llevándose a cabo posiblemente dicha etapa de inyección de ozono aguas arriba de dicho reactor de membrana o en dicho reactor de membrana.
9. Planta de tratamiento de agua para implementar un procedimiento según una
- 20 cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende:
- al menos un reactor de membrana (40) que integra al menos una unidad de filtración por membrana (41) que comprende al menos una membrana de filtración;
- medios para transportar (1) agua a tratar a dicho, al menos un, reactor de membrana (40);
- 25 medios (3) para inyectar un material adsorbente en polvo en dicha agua a tratar;
- medios (45, 46) para recircular al menos una parte del contenido de dicho reactor de membrana (40);
- un material polimérico en partículas (42) constituido por partículas que tienen un diámetro promedio de 1 mm a 5 mm y una densidad de 1,05 a 1,5 presente en dicho reactor de
- 30 membrana a una concentración de 1 a 10 g/l;
- medios (44) para retener dicho material polimérico en partículas (42) dentro de dicho reactor de membrana (40);
- medios para agitar dicho contenido de dicho reactor de membrana (40);
- medios (50, 51) para descargar agua procedente de dicha unidad de filtración por
- 35 membrana (41);
- medios (47) para drenar una mezcla de agua y material adsorbente en polvo y lodos en

exceso procedentes de dicho reactor de membrana (40).

10. Planta según la reivindicación 9, caracterizada porque dicho material polimérico se selecciona del grupo que comprende perlas de polipropileno, perlas de polipropileno carbonatado, perlas de polipropileno huecas rellenas con minerales, perlas de policarbonato, 5 perlas de poliuretano, perlas de poli(metacrilato de metilo), perlas de poli(tereftalato de butileno), perlas de polioximetileno, perlas de polietileno y perlas de poli(cloruro de vinilo).

10 11. Planta según una cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10, caracterizada porque dicho reactor de membrana (40) comprende:

una zona (48) de precontacto de dicha agua con dicho material adsorbente en polvo a la que conducen dichos medios (1) para transportar agua a tratar, conduciendo dichos medios (3) para inyectar dicho material adsorbente en polvo en dicha zona para la puesta en 15 contacto o a dichos medios (1) para transportar agua a tratar; y

una zona de filtración por membrana (49);  
estando dicha zona de precontacto (48) y dicha zona de filtración (49) físicamente separadas una de otra, comprendiendo dicha planta medios (46) para transportar el contenido de dicha zona de precontacto (48) a dicha zona de filtración (49).

20 12. Planta según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizada porque dichos medios para agitar el contenido de dicho reactor de membrana (40) comprenden al menos una barra de inyección de aire (43) que ha de disponerse dentro de dicho reactor de membrana (40).

25 13. Planta según las reivindicaciones 11 y 12, caracterizada porque dicha barra de inyección de aire (43) ha de disponerse en dicha zona de precontacto (48).

30 14. Planta según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizada porque dichos medios para agitar el contenido de dicho reactor de membrana (40) comprenden dichos medios de recirculación (45, 46) de al menos una parte del contenido de dicho reactor de membrana (40).

35 15. Planta según una de las reivindicaciones 9 a 14, caracterizada porque comprende medios para inyectar ozono (2) en dicha agua a tratar.

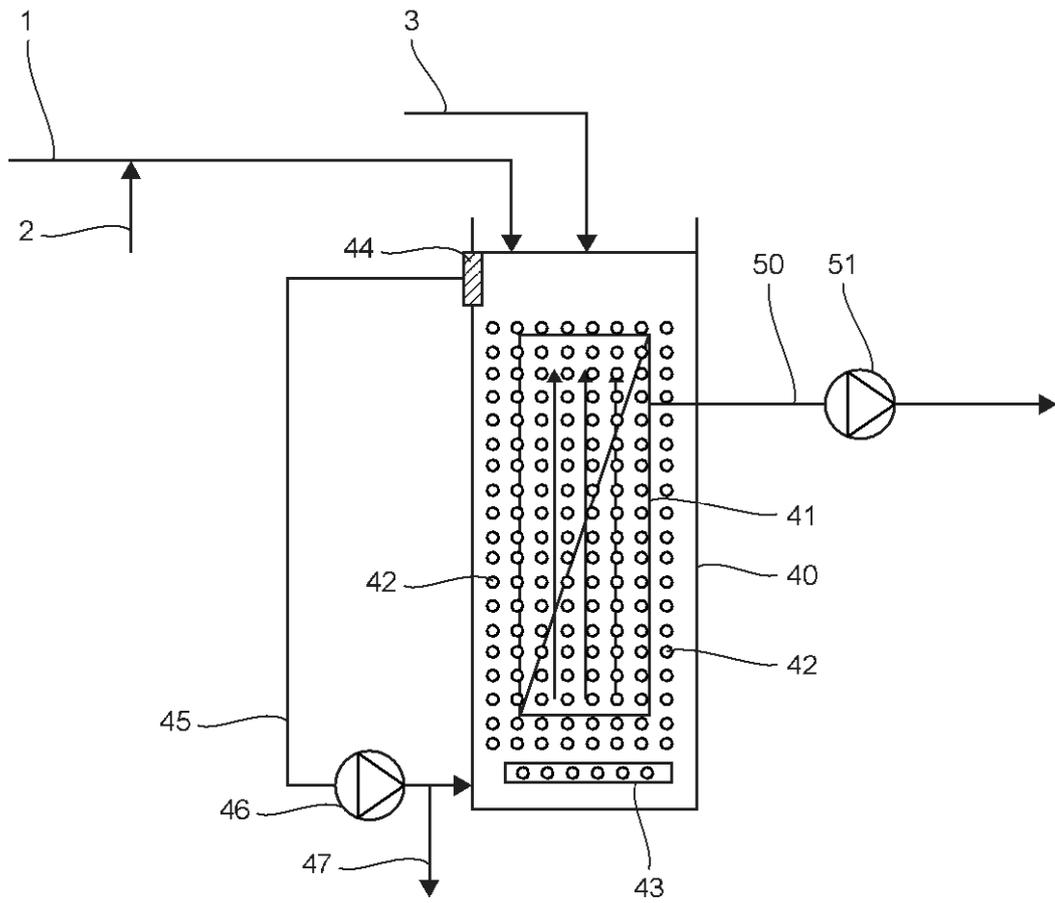


Fig. 1

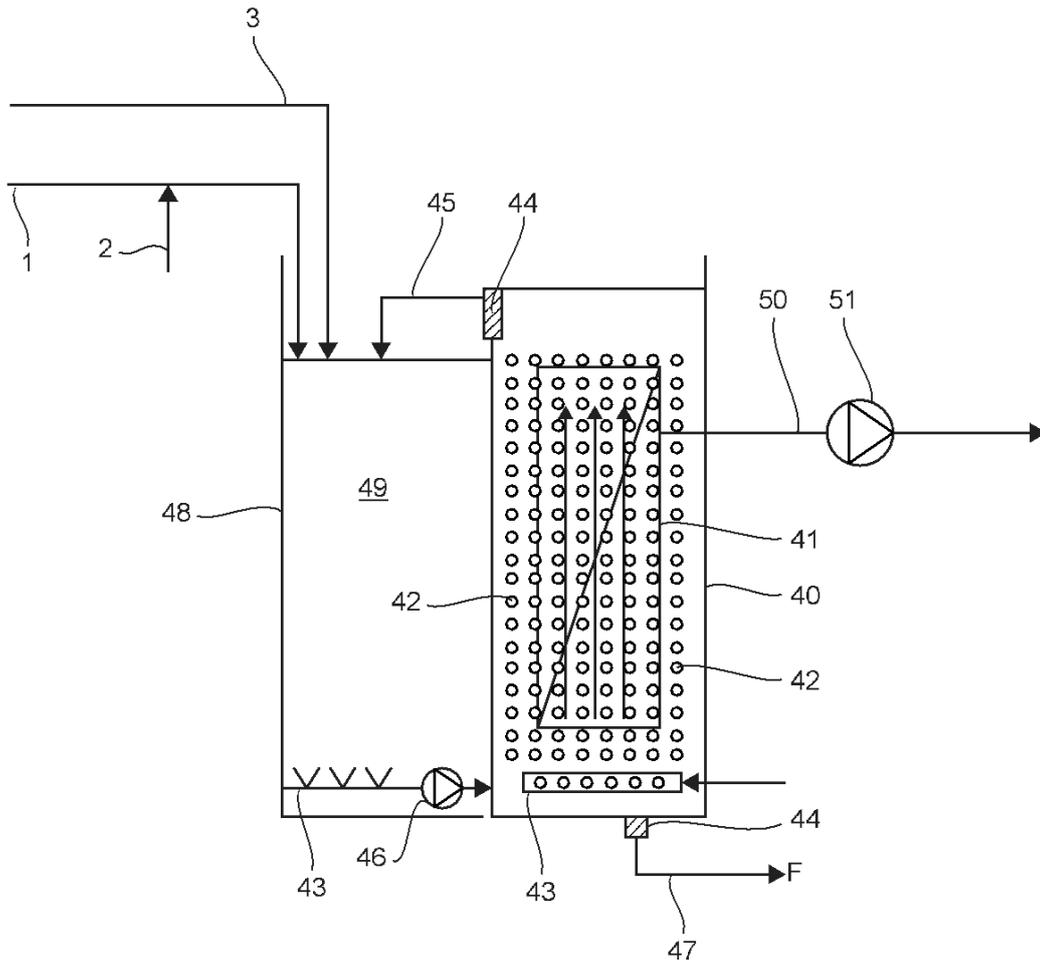


Fig. 2

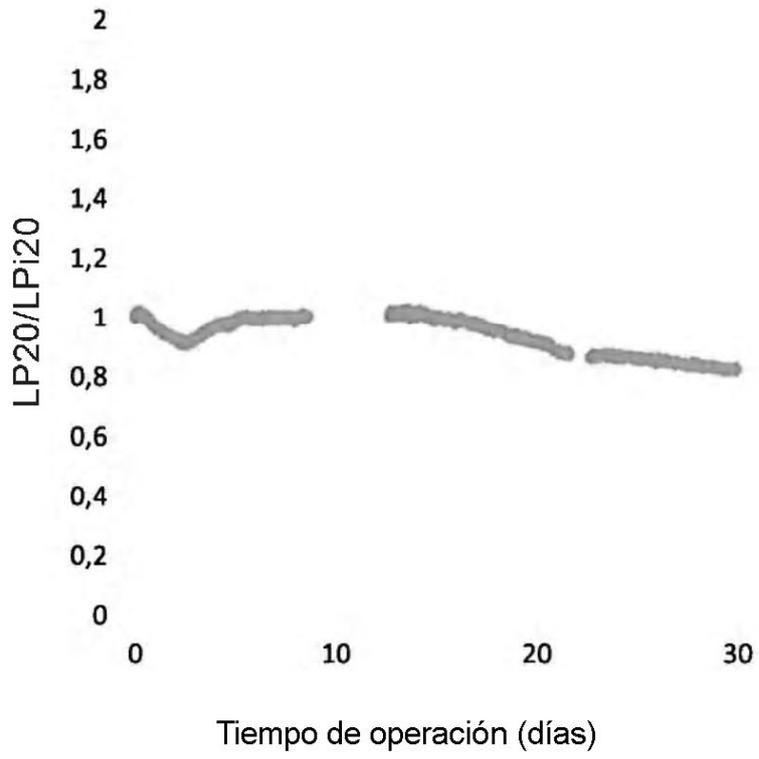


Fig. 3