

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 966 134**

51 Int. Cl.:

**C02F 1/28** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.05.2019 PCT/EP2019/063235**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2019 WO19224258**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.05.2019 E 19725361 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2023 EP 3797092**

54 Título: **Método de tratamiento de un fluido por flujo ascendente a través de un lecho de medios adsorbentes**

30 Prioridad:

**22.05.2018 FR 1854254**

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

**18.04.2024**

73 Titular/es:

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

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

72 Inventor/es:

**GAID, ABDELKADER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 966 134 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Método de tratamiento de un fluido por flujo ascendente a través de un lecho de medios adsorbentes

**5 1. Campo de la invención**

La presente invención hace referencia al campo del tratamiento de aguas por flujo ascendente sobre medios adsorbentes en fluidización en un reactor.

10 La presente invención es adecuada para la reducción de sustancias orgánicas, microcontaminantes y/o iones metálicos del agua utilizando carbón activado como medios adsorbentes.

**2. Técnica anterior**

15 Existen varios métodos que utilizan reactores de carbón activado que funcionan en modo de flujo ascendente.

La solicitud de patente FR-A-2874913 describe, en particular, un método de tratamiento de un fluido que utiliza un reactor que funciona con un flujo ascendente en un lecho de carbón activado, garantizando al mismo tiempo una separación gravitacional en la parte superior del reactor entre las partículas de carbón activado y el fluido. Acto  
20 seguido, el fluido tratado se recupera por rebose. La concentración media de carbón activado está comprendida entre 100 y 300 g/l en la altura del lecho expandido y la concentración media de carbón activado es inferior a 2 mg/l en la parte superior de la zona del lecho sedimentado. La granulometría del carbón activado utilizado está comprendida entre 100 y 800 µm y la velocidad de subida del fluido está comprendida entre 2 y 20 m/h, ventajosamente entre 8 y 15 m/h. El tiempo de contacto está comprendido entre 5 y 60 min, ventajosamente entre 8 y 15 min.

25 Además, la solicitud FR-A-3003477 describe, en particular, un método de tratamiento de un fluido que utiliza un reactor compacto de adsorción de carbón activado con un flujo ascendente para la eliminación simultánea de sustancias orgánicas y microcontaminantes. Al igual que en la solicitud de patente anterior, el agua a tratar se admite uniformemente en la parte inferior de la estructura y atraviesa el lecho de carbón activado de abajo hacia arriba. El  
30 reactor funciona a una velocidad suficientemente baja para no provocar una expansión significativa del lecho de carbón activado, lo que garantiza tanto una filtración como una adsorción de las sustancias presentes en el agua. La velocidad de subida del fluido varía entonces entre 10 y 20 m/h y preferiblemente entre 12 y 15 m/h. Se prevé una fase de expansión durante la cual el agua circula a una velocidad suficientemente elevada, entre 15 y 40 m/h, para provocar una expansión significativa del lecho de carbón activado, que a continuación es lavado por el agua. La granulometría  
35 del carbón activado utilizado se sitúa entre 0,3 y 1,5 mm y preferiblemente entre 0,6 y 1,2 mm.

La velocidad mínima de fluidización de un lecho compuesto por partículas sólidas es la velocidad mínima que debe tener un fluido para permitir un ligero movimiento de las partículas se pongan en suspensión. Depende del tamaño y la densidad de las partículas sólidas y de la viscosidad del fluido. Viene dada por la relación (según Wen y Yu):

40

$$V_f = Re_f \cdot \mu / (d_{90} \cdot \rho), \text{ con } Re_f = (33.7^2 + 0.0408 Ar)^{0.5} - 33.7$$

45 y

$$Ar = d_{90}^3 \rho (\rho_s - \rho) g / \mu^2$$

en la que:

50  $Re_f$  es el número de Reynolds para la fluidización;

$Ar$  es el número de Arquímedes;

55  $V_f$  es la velocidad de fluidización (m/s);

$\rho_s$  es la masa volumétrica del medio (g/m<sup>3</sup>);

60  $d_{90}$  es el diámetro del medio al 90% de paso (m) (=  $d_{10} \cdot CU^{1.67}$ ); y  $d_{10}$  es el tamaño efectivo (m) y  $CU$  es el coeficiente de uniformidad;

$\rho$  es la masa volumétrica del fluido (g/m<sup>3</sup>);

65  $\mu$  es la viscosidad del fluido (Pa.s).

La tabla 1 a continuación muestra las velocidades mínimas de fluidización para diferentes granulometrías de carbón activado en un flujo ascendente de agua:

**Tabla 1**

$d_{10}$ ( $\mu\text{m}$ )	100	200	300	400	600	800	1200
$V_f$ (min) (m/h)	0,3	0,5	1,1	2	4,5	7,8	16,2

5 Cuando la velocidad del fluido supera la velocidad mínima de fluidización, el lecho de carbón activado sufre un fenómeno de expansión en el reactor, caracterizado por un índice de expansión. El índice de expansión corresponde al aumento de la altura del lecho cuando el fluido pasa a la velocidad de fluidización en comparación con la altura del lecho en reposo. Para un lecho de partículas dado, la expansión es equivalente a la suspensión de las partículas. La expansión de las partículas varía en función de la velocidad de ascenso. Al aumentar progresivamente esta velocidad, la expansión pasa de un estado de inmovilidad a un estado en el que las partículas quedan suspendidas hasta que alcanzan una altura dos veces superior a la altura inicial (altura en reposo). En este caso, las partículas se vuelven independientes entre sí.

10 La tabla 2 muestra la velocidad de fluidización necesaria para alcanzar un índice de expansión determinado para una granulometría dada de carbón activado:

**Tabla 2**

Índice de expansión	Velocidad de fluidización (m/h)					
	10 %	20%	40%	50%	80%	100%
Granulometría 0,2 mm	0,8	1,1	1,7	2,1	3,3	4,2
Granulometría 0.4 mm	3,0	4,2	6,9	8,4	13,3	16,8
Granulometría 0.6mm	6,7	9,4	15,4	18,7	29,6	37,4
Granulometría 0.8mm	11,7	16,3	26,8	32,5	51,5	65,1
Granulometría 1.2 mm	24,5	34	55,8	67,8	107,3	135,7

20 Las dos solicitudes de patentes del técnica anterior citadas recomiendan un reactor dimensionado para flujos ascendentes que tienen ventajosamente una velocidad comprendida entre 8 m y 15 m/h.

Para la solicitud de patente FR-A-2874913, la granulometría del carbón activado recomendada está comprendida entre 0,1 y 0,8 mm y se recomienda una velocidad máxima de 15 m/h. A esta velocidad, todos los finos con un diámetro inferior a 0,3 mm tienen entonces un índice de expansión superior al 100 % y acaban en la salida con el fluido tratado.

30 Para la solicitud de patente FR-A-3003477, la granulometría recomendada está comprendida entre 0,6 y 1,2 mm y se recomienda una velocidad máxima de 15 m/h en la fase de filtración/adsorción. A esta velocidad, para una granulometría media de 0,8 mm, la dilatación del lecho es sólo del 15 %. A esta velocidad, es posible evitar una fuga de partículas. Sin embargo, las partículas con un diámetro de 1,2 mm no se fluidizan, lo que provoca una expansión muy baja del lecho de carbón activado durante el funcionamiento. En cambio, la etapa de lavado se realiza a una velocidad máxima de 40 m/h. A una velocidad tal, los finos con un diámetro igual o inferior a 0,6 mm se expanden más del 100 % y acaban en la salida con el fluido tratado.

35 De este modo, los métodos de la técnica anterior requieren un mayor control de la velocidad del fluido ascendente que permita encontrar el compromiso menos malo, para un rango de granulometría de carbón activado dado, entre por una parte una expansión suficiente del lecho de carbón activado, particularmente de las partículas de granulometría más grandes, y por otra parte una fuga limitada de las partículas de granulometría más pequeña.

40 Como se ha descrito anteriormente, para las gamas de granulometría del carbón activado utilizadas habitualmente, es prácticamente imposible, con los métodos de la técnica anterior, favorecer una sin que ello vaya en detrimento de la otra.

45 Con el fin de utilizar toda la masa de carbón activado presente en el reactor, el lecho de carbón activado se debe fluidificar generalmente a un índice de expansión que, en teoría, puede oscilar entre el 10 y el 100 %. Por debajo del 10 %, es posible que la superficie específica del medio no se utilice plenamente para la adsorción.

50 Las fugas de carbón activado también son especialmente perjudiciales, ya que generan costes adicionales, sobre todo en términos de reinyección de nuevo carbón activado para compensar esta pérdida. Además, provoca una sobrecarga innecesaria de sustancias en suspensión (MES) en el fluido tratado, que deben ser absorbidos por filtros ubicados aguas abajo del método de tratamiento de flujo ascendente, que por tanto tiende a obstruirse más rápidamente.

Con el fin de paliar la fuga de partículas del lecho fluidizado manteniendo al mismo tiempo una velocidad de flujo ascendente suficientemente alta, los usuarios de métodos como los de la técnica anterior pueden inyectar un polímero con el fin de formar un flóculo de carbón activado.

5 Esto representa una etapa adicional y un mayor coste en la implementación del método.

### 3. Objetivos de la invención

10 La invención tiene por objetivo superar al menos algunos de los inconvenientes de la técnica anterior.

15 En particular, el objetivo de la invención es ofrecer un método en una instalación destinada al tratamiento de un fluido por flujo ascendente a través de un lecho de medios adsorbentes que permita una buena fluidificación del lecho de medios adsorbentes limitando en gran medida, o incluso impidiendo, cualquier pérdida de medios adsorbentes.

20 Otro objetivo de la invención es ofrecer, al menos de acuerdo con ciertas formas de realización, un método en una instalación que permita limitar las pérdidas de fluido.

Otro objetivo de la invención es ofrecer, al menos de acuerdo con ciertas formas de realización, un método en una instalación que sea más eficiente y más compacta que las instalaciones de la técnica anterior.

Otro objetivo de la invención es ofrecer métodos para hacer funcionar la instalación de acuerdo con la invención.

Otro objetivo de la invención es, al menos de acuerdo con ciertas formas de realización, ofrecer un método para reducir de forma óptima el consumo de medios adsorbentes.

Otro objetivo de la invención es, al menos de acuerdo con ciertas formas de realización, ofrecer un método que no requiera la adición de polímeros de lastre.

### 4. Presentación de la invención

La invención hace referencia a un método de tratamiento de un fluido haciendo pasar un flujo ascendente de dicho fluido a través de un lecho de partículas de medios adsorbentes de acuerdo con la reivindicación 1.

El método comprende proporcionar un reactor para contener el lecho de partículas de medios adsorbentes, comprendiendo el reactor:

- un medio de inyección y distribución del fluido a tratar, situado en la parte inferior, para formar el flujo ascendente del fluido dentro del reactor y permitir la fluidización y expansión del lecho de partículas de medios adsorbentes;
- un medio de desviación del fluido, dispuesto en la parte superior, para reducir la velocidad del flujo ascendente del fluido y que permite formar una zona de reposo del fluido;
- un medio de recuperación del fluido tratado, dispuesto aguas abajo de la zona de reposo; y,
- opcionalmente: un medio de inyección de partículas de medios adsorbentes, un medio de extracción de partículas de medios adsorbentes y un medio de recirculación del fluido tratado.

El concepto inventivo de la presente invención se basa en particular en la presencia del medio de desviación del fluido dispuestos en la parte superior del reactor. En efecto, el medio de desviación permite reducir la velocidad del flujo de fluido ascendente y crear de este modo una zona de reposo. Una zona de reposo se define como una zona en la que la velocidad del flujo ascendente se reduce considerablemente. Las partículas de los medios adsorbentes, en particular las de menor tamaño, chocan contra el medio de desviación y, como consecuencia de la menor velocidad del flujo ascendente en los medios de desviación, caen hacia el fondo del reactor. De este modo, la zona aguas abajo queda prácticamente libre de partículas de medios adsorbentes y se puede recuperar un fluido tratado libre de partículas de medios adsorbentes en suspensión.

El medio de desviación permite utilizar velocidades de flujo de fluido ascendente superiores a las utilizadas generalmente en las instalaciones de la técnica anterior, al tiempo que reducen en gran medida o incluso evitan cualquier fuga de partículas de medios adsorbentes. De este modo, esto permite obtener una instalación más compacta. Además, el medio de desviación permite evitar la utilización de polímeros de lastre incluso a velocidades de flujo de fluido ascendente relativamente altas.

El fluido a tratar puede ser cualquier fluido que contenga contaminantes que puedan ser adsorbidos por unos medios adsorbentes. En particular, el fluido a tratar puede ser agua contaminada con sustancias orgánicas, microcontaminantes y/o iones metálicos.

Las partículas de medios adsorbentes son granos o microgranos de carbón activado.

El lecho de medios adsorbentes tiene preferiblemente entre 0,2 m y 1,20 m de altura.

5 El reactor de acuerdo con la invención puede tener forma cilíndrica o cuadrada. Preferiblemente, el reactor tiene una altura de entre 3 y 10 metros. Muy preferiblemente, el reactor tiene una altura de entre 3 y 6 metros.

10 El medio de inyección y distribución del fluido a tratar permiten inyectar el fluido a tratar en la parte inferior del reactor para formar un flujo ascendente de fluido dentro del reactor y obtener la fluidización y expansión del lecho de partículas de los medios adsorbentes. Ventajosamente, el medio de inyección y distribución de fluido permiten una distribución uniforme del fluido en la parte inferior del reactor. Esto se puede implementar en particular mediante rampas de alimentación distribuidas uniformemente en la parte inferior del reactor.

15 De acuerdo con una primera forma de realización, el medio de desviación del fluido comprenden lamas paralelos entre sí e inclinados un ángulo  $\theta$  con respecto a la vertical.

20 Su inclinación con respecto a la vertical y sus dimensiones se pueden ajustar en función de la gama de granulometría de los medios adsorbentes utilizado. La siguiente relación permite calcular el umbral de corte de los lamas, siendo el umbral de corte la propiedad de una barrera física de detener físicamente todos los elementos cuyo tamaño supere un valor límite.

$$d_p = \sqrt{\frac{18\mu_0[\sin \theta + \frac{l}{s} \cos \theta]}{g(\rho_p - \rho)[1 - (1 - \phi_s)(\sin \theta + \frac{l}{s} \cos \theta)']}}$$

25 en la que:

$d_p$ : diámetro de la partícula (m);

30  $\rho_p$ : masa volumétrica de la partícula (kg/m<sup>3</sup>);

$\mu_0$ : viscosidad del agua (kg/m.s);

$\rho$ : masa volumétrica del agua (kg/m<sup>3</sup>);

35  $\theta$ : ángulo de inclinación de las lamas con respecto a la vertical (grados)

$l$ : longitud de una lama (m)

40  $s$ : superficie de una lama (m<sup>2</sup>)

$\phi_s$ : fracción volumétrica de sólidos

45 Las lamas pueden estar inclinadas con respecto a la vertical un ángulo  $\theta$  comprendido entre 50° y 60°. Ventajosamente, las lamas pueden estar inclinadas con respecto a la vertical un ángulo  $\theta$  próximo a 60°.

50 Las lamas pueden estar separadas una de otra una distancia comprendida entre 25 mm y 100 mm. En particular, las lamas pueden estar separadas una de otra una distancia comprendida 36 y 42 mm. Esta separación es especialmente adecuada para partículas de medios adsorbentes, en particular granos o microgranos de carbón activado, con una granulometría comprendida entre 400 y 1300  $\mu$ m.

La longitud de las lamas es mucho mayor que la separación entre ellas. Puede ser, por ejemplo, del orden de un metro, y en particular igual a un metro.

55 En esta primera forma de realización, las lamas se disponen en contra de todo el flujo ascendente del fluido. La velocidad del agua disminuye dentro de las lamas, lo que permite crear una zona de reposo donde las partículas se pueden decantar. El fluido tratado se puede recuperar por rebose.

60 De acuerdo con una segunda forma de realización de la invención, el medio de recuperación de fluido comprende una canaleta de forma prismática con caras laterales que forman un ángulo  $\alpha$  de 45° a 70° con relación a la horizontal y que están provistas cada una de un primer rebosadero de fluido y de un deflector que actúa de estrechamiento como medio de desviación. En particular, el ángulo  $\alpha$  puede tener un valor próximo a 60°. Una canaleta de este tipo ya ha sido descrita en la solicitud de patente publicada con el número: FR2694209.

- 5 El deflector de la canaleta puede consistir en una placa lisa. También puede adoptar la forma de una rejilla, cuyo tamaño de malla se adapte a las dimensiones de las partículas de los medios adsorbentes. Ventajosamente, puede consistir en un apilamiento de placas o un perfil que forme un conducto en forma de panal. La orientación del deflector es variable. De acuerdo con una forma de realización ventajosa, se coloca a lo largo de una dirección paralela con respecto al primer rebosadero de agua.
- 10 De acuerdo con una forma de realización ventajosa, el extremo inferior del primer rebosadero de fluido está provisto de una compuerta flexible y móvil que garantiza una acción de clapeta.
- 15 Además, de acuerdo con otra forma de realización ventajosa, los bordes superiores de la canaleta se pliegan hacia atrás para formar un segundo rebosadero a través del cual se puede recuperar el fluido tratado, libre de partículas de medios adsorbentes.
- 20 En esta segunda forma de realización, una parte del flujo de fluido rebosa por encima del primer rebosadero de la canaleta y se ralentiza por el estrechamiento, creando de este modo una zona de reposo local. Las partículas de medios adsorbentes tienden a caer por gravedad, mientras que el fluido tratado, completamente libre de partículas de medios adsorbentes, se acumula y se puede recuperar.
- 25 El reactor de acuerdo con la presente invención también puede incluir un medio de recirculación del fluido tratado. Este medio de recirculación permite devolver al menos una parte del fluido tratado con el fluido a tratar y, por tanto, reducir la concentración de sustancias contaminantes en el fluido a tratar.
- 30 El reactor de acuerdo con la presente invención también puede comprender un medio de extracción de partículas de medios adsorbentes y un medio de inyección de partículas de medios adsorbentes, lo que permite, respectivamente, extraer una parte del lecho fluidizado de partículas de medios adsorbentes del reactor y añadir partículas de medios adsorbentes nuevas o regeneradas al reactor. Así pues, es posible renovar el lecho de partículas de medios adsorbentes retirando las partículas de medios adsorbentes que están saturadas, al menos parcialmente, por sustancias contaminantes adsorbidas en él e inyectando partículas de medios adsorbentes nuevas o regeneradas.
- 35 La instalación también puede incluir una unidad para separar las partículas de medios adsorbentes extraídas del reactor mediante filtración sólido/líquido. Esto permite separar las partículas de medios adsorbentes de una fase líquida filtrando la parte del lecho fluidizado extraída con los medios de extracción de partículas de medios adsorbentes del reactor para, por una parte, descargar las partículas de medios adsorbentes saturadas, al menos en parte, con el fin de garantizar su tratamiento, regeneración o descarga y, por otra parte, recuperar una fase líquida que puede recircularse con el fluido a tratar. La unidad de filtración puede ser, por ejemplo, una cubeta filtrante o cualquier otro dispositivo equivalente que permita la concentración de las partículas de medios adsorbentes por filtración.
- 40 Por último, la instalación también puede incluir una unidad de análisis que permita medir la capacidad de adsorción de las muestras del lecho fluidizado. En el caso del carbón activado, la unidad de análisis puede medir, en particular, el índice de yodo del carbón activado.
- 45 La presente invención hace referencia a un método de tratamiento de un fluido a tratar en una instalación como la descrita anteriormente.
- 50 El método comprende un suministro de partículas de medios adsorbentes que forman un lecho de partículas de medios adsorbentes en el reactor. El método también comprende la inyección continua del líquido que se tratará en dichos medios de inyección fluida con el fin de formar un flujo ascendente del fluido, teniendo una velocidad que permita la fluidización del lecho de partículas de los medios y su expansión. Finalmente, el método comprende la recuperación continua de un fluido tratado a nivel de los medios de recuperación fluida tratada.
- 55 De este modo, el método de acuerdo con la invención permite tratar de forma continua un fluido a tratar limitando o incluso eliminando las fugas de partículas de medios adsorbentes. Además, se pueden utilizar velocidades de flujo ascendente relativamente altas con el fin de obtener un índice de expansión del lecho fluidizado de partículas de medios adsorbentes lo suficientemente elevada para obtener un tratamiento eficaz del lecho de partículas de medios adsorbentes sin tener que preocuparse por las fugas de partículas de medios adsorbentes.
- 60 El método de acuerdo con la invención es particularmente adecuado para el tratamiento terciario de aguas residuales o para la producción de agua potable, y en particular de sustancias contaminantes tales como sustancias orgánicas, microcontaminantes y/o iones metálicos.
- 65 Ventajosamente, la velocidad del flujo ascendente se ajusta con objeto de formar una zona de expansión del lecho de partículas de medios adsorbentes y una zona de transición interpuesta entre la zona de expansión y el medio de desviación, siendo la concentración de partículas de medios adsorbentes menos densa en la zona de transición que

en la zona de expansión. La zona de transición intercalada entre la zona de expansión del lecho de medios adsorbentes y el medio de desviación comprende sólo las partículas más finas de medios adsorbentes. Son sólo estas partículas más finas las que se detienen a nivel del medio de desviación. En particular, la velocidad del flujo de fluido ascendente se puede ajustar para obtener un índice de expansión medio del lecho de partículas de medios adsorbentes comprendido entre el 10 y el 90 %. Por índice de expansión medio se entiende el índice de expansión calculado para una partícula de los medios adsorbentes de tamaño medio. En particular, el índice de expansión medio puede ser cercano al 60 %.

De acuerdo con formas de realización particulares, la duración permitida para la reacción de adsorción se puede ajustar para estar comprendido entre 5 y 20 minutos.

La concentración de partículas de medios adsorbentes en el reactor está comprendida entre 1 g/l y 300 g/l. Preferiblemente, la concentración de partículas de medios adsorbentes está comprendida entre 1 g/l y 100 g/l. En formas de realización particulares, el agua tratada se recircula al menos parcialmente en el reactor. Esto permite reducir la concentración inicial de sustancias contaminantes y, por lo tanto, reducir la dosis necesaria de partículas de medios adsorbentes. De acuerdo con una forma de realización ventajosa, el método comprende además extraer, de forma continua o secuencial, una parte del lecho de partículas de medios adsorbentes del reactor e inyectar partículas de medios adsorbentes nuevas o regeneradas para mantener una concentración constante de partículas de medios adsorbentes en dicho reactor. Esto permite sustituir las partículas de medios adsorbentes saturadas de contaminantes, al menos en parte, por partículas de medios adsorbentes nuevas o regeneradas. Preferiblemente, el método comprende además una separación sólido/líquido del lecho extraído de partículas de medios adsorbentes para concentrar las partículas de medios adsorbentes y recuperar una fase líquida. Esta fase líquida se puede reinyectar en el reactor. Esto permite limitar las pérdidas de fluido dentro del método. Las partículas de medios adsorbentes concentradas se pueden rechazar o, alternativamente, regenerar. En una forma de realización particularmente ventajosa, el método puede incluir también la toma de una muestra del lecho de partículas de medios adsorbentes en dicho reactor y el análisis del índice de saturación de sustancias contaminantes en las partículas de dicha muestra: llevándose a cabo la extracción de parte del lecho de partículas de medios adsorbentes en dicho reactor de forma secuencial cuando el índice de saturación supera un valor umbral. Una forma de realización de este tipo permite reducir notablemente el consumo de partículas de medios adsorbentes. Por ejemplo, cuando los medios adsorbentes son carbón activado, el índice de saturación de partículas se puede controlar mediante el índice de yodo (que indica por el contrario la capacidad de adsorción del carbón). En particular, esta medida del índice de yodo se puede efectuar de acuerdo con la norma internacional ASTM n.º D4607. Se puede elegir ventajosamente un valor del índice de yodo inferior a 300 mg/g para iniciar la renovación de las partículas de los medios adsorbentes.

Las partículas de los medios adsorbentes son granos o microgranos de carbón activado. Estas partículas se calibran con una granulometría comprendida entre 400 y 1300 µm, preferiblemente entre 600 y 1300 µm, más preferiblemente entre 600 y 1000 µm. De acuerdo con la invención, la velocidad del flujo de fluido ascendente, particularmente en el caso en que el fluido sea agua a tratar, es de 20 m/h a 40 m/h. Dichas velocidades permiten una expansión suficiente del lecho fluidizado de partículas de medios adsorbentes para garantizar un tratamiento óptimo sin provocar fugas de partículas.

## 5. Lista de figuras

La invención, así como sus diversas ventajas, se comprenderán más fácilmente a partir de la siguiente descripción de dos formas de realización particulares dadas con referencia a los dibujos, en las que:

- la figura 1 es una vista esquemática de una instalación en la que el reactor de flujo ascendente consta de lamas inclinadas y paralelas;
- la figura 2 muestra las lamas inclinadas del reactor de la instalación de acuerdo con la figura 1;
- la figura 3 es una vista esquemática de un reactor de flujo ascendente que comprende canaletas provistas de deflectores; y,
- la figura 4 muestra una canaleta del reactor de la instalación de acuerdo con la figura 3.

## 6. Descripción detallada de una forma de realización

La figura 1 muestra una instalación 1 para el tratamiento terciario de aguas residuales o la producción de agua potable. La instalación 1 comprende un reactor 2 que contiene un lecho de partículas de carbón activado 13.

Las partículas de carbón activado 13 tienen una granulometría calibrada comprendida entre 600 y 1300 µm y, en general, comprenden una proporción estrictamente inferior al 5 % de partículas de tamaño inferior a 400 µm. La concentración de partículas de carbón activado 13 se puede ajustar entre 1 g/l y 100 g/l de acuerdo con el tipo de agua que se vaya a tratar.

El reactor 2 tal como el representado tiene una forma cilíndrica. La altura de este tipo de reactor está comprendida generalmente entre 3 y 10 metros. Se utiliza una canalización de alimentación de agua (10) que permite suministrar el agua a tratar, que se inyecta en el reactor 2. El agua a tratar se inyecta a través de rampas de alimentación dispuestas en la parte inferior del reactor 2, lo que permite una distribución uniforme del agua 15 en el reactor. Esto permite formar un flujo ascendente 90 de agua 15 dentro del reactor 2. El flujo ascendente 90 de agua tiene una velocidad tal que provoca la fluidización y expansión del lecho de partículas de carbón activado 13;

Haciendo referencia adicional a la figura 2, en la parte superior del reactor 2 se dispone un conjunto 20 de lamas 21 inclinadas con respecto a la vertical un ángulo  $\theta$  cercano a  $60^\circ$  y separadas entre sí una distancia comprendida entre 36 y 42 mm. Las lamas tienen una longitud aproximada de un metro. El conjunto 20 de lamas 21 permite desviar el flujo ascendente 90 y reduce de este modo considerablemente la velocidad del flujo incidente, formando de este modo una zona de reposo 27. Las partículas 13 que llegan al nivel de las lamas 21 se depositan sobre éstas y se deslizan hacia abajo, tendiendo por tanto a retroceder hacia el fondo del reactor por efecto de la gravedad. En la zona 28 situada por encima de dicho conjunto 20 de lamas 21, el agua 15 ya no contiene partículas 13.

La velocidad del flujo ascendente 90 de agua se calcula de forma que no supere un índice de expansión del lecho del 60 % para una granulometría de 0,8 mm. Esto permite formar una zona de expansión 25 del lecho fluidizado en la que se encuentra la gran mayoría de las partículas 13 del lecho fluidizado. Esto permite también formar una zona de transición 26 de al menos 1 metro a 1,5 metros de altura por debajo del conjunto 20 de lamas 21 en la que las partículas 13 sólo se concentran ligeramente. En este caso, sólo las partículas más finas ( $< 0,4$  mm) que tendrían una expansión del 100 % o más serán detenidas por el conjunto 20 de lamas 21.

El reactor 2 funciona continuamente a velocidades de flujo ascendente 90 de agua generalmente entre 20 y 40 m/h. Estas velocidades de flujo no son alcanzables con los reactores de la técnica anterior sin provocar fugas importantes de carbón activado. La velocidad de flujo ascendente 90 también se puede ajustar en función de la duración deseada de la reacción de adsorción. Esta duración puede estar comprendido entre 5 min y 20 min.

El agua tratada se recupera por rebose en una canalización 30. Al menos una parte del agua tratada se recircula en el reactor 2 a través de una canalización 35, lo que permite mezclar esta parte de agua tratada recirculada con el agua que se va a tratar. Esto permite, en particular, reducir el consumo de carbón activado. En efecto, por ejemplo, la recirculación del 50% del caudal de agua con una COD de 2 mg/l permite que el agua bruta que se va a tratar con una CDO de 6 mg/l y el agua que se va a tratar después de la mezcla con una CDO de 4,66 mg/l. De este modo, la recirculación permite reducir la dosificación de carbón activado necesaria.

Las muestras del lecho fluidizado de partículas de carbón activado 13 se toman regularmente por medio de una salida 40 dispuesta en el centro del reactor 2.

El índice de yodo de estas muestras se evalúa en una unidad de análisis (no mostrada). El carbón activado nuevo tiene un valor de yodo variable, generalmente entre 900 y 1200 mg/g. Cuanto más saturado esté el carbón activado de sustancias adsorbidas, menos eficaz será en el tratamiento del agua y menos disminuirá su índice de yodo. Una medida de índice de yodo superior a 300 mg/g significa que el lecho fluidizado de carbón activado se puede mantener en el reactor. Por el contrario, un índice de yodo inferior o igual a 300 mg/g significa que el lecho fluidizado de carbón activado se debe renovar, al menos en parte. Para ello, una salida 41, situada preferiblemente en la parte inferior, permite extraer del reactor 2 al menos una parte del lecho fluidizado mediante un equipo de extracción mecánico o hidráulico. Al mismo tiempo, para que la concentración de partículas de carbón activado 13 se mantenga constante dentro del reactor 2, se deben introducir en el reactor 2 partículas de carbón activado nuevo o regenerado en un punto de inyección de carbón activado 12. Este proceso secuencial de análisis periódico del índice de yodo de las muestras del lecho fluidizado y de extracción del lecho fluidizado, al menos en parte, cuando el índice de yodo es inferior o igual a 300 mg/g permite reducir el consumo de partículas de carbón activado entre un 20 y un 40 %, en comparación con los métodos en los que las partículas de carbón activado se sustituyen periódicamente sin tener en cuenta su mayor o menor grado de saturación.

Acto seguido, la parte del lecho fluidizado extraída en la salida 41 se filtra en una cubeta filtrante 3, o equivalente (por ejemplo, un tamiz filtrante). La fase líquida recuperada, denominada goteo, puede entonces recircularse al reactor 2 a través de una canalización 11, lo que permite mezclarla con el agua a tratar. En consecuencia, las pérdidas de agua de acuerdo con el método de tratamiento son muy bajas y permanecen inferiores al 1 %. Un concentrado de partículas de carbón activado se puede descargar por medio de una salida 42 para su rechazo o regeneración.

La figura 3 muestra un reactor 2' con un medio de desviación alternativo al conjunto 20 de lamas 21 y un medio de recogida y evacuación de agua alternativo por canaleta. Un reactor 2' de este tipo puede formar parte de una instalación como la descrita anteriormente y ser utilizado en un método tal como el descrito anteriormente, utilizando los mismos parámetros. La descripción que sigue se centra en los elementos que diferencian el reactor 2' del reactor 2 descrito anteriormente.

Una canalización de alimentación de agua 10' permite suministrar agua para el tratamiento, que se inyecta en el reactor 2'. El agua a tratar se inyecta a través de rampas de alimentación dispuestas en la parte inferior del reactor 2', lo que

5 permite una distribución uniforme del agua 15' en el reactor 2'. Esto permite formar un flujo ascendente 90' de agua 15' dentro del reactor 2'. El flujo ascendente 90' de agua provoca la fluidización y expansión del lecho de partículas de carbón activado 13'. Las canaletas 200 están equipadas con deflectores. Estos deflectores están separados 50-200 mm con respecto a las caras laterales de las canaletas. Actúan como estrechamientos e impiden que las partículas en suspensión salgan con el agua tratada. Las partículas se reinyectan dentro del reactor.

10 Con referencia a la figura 4, una canaleta 200 situada en la parte superior del reactor juega el papel de medio de desviación y permite recuperar el agua tratada prácticamente libre de partículas 15' en una canalización 30'. La canaleta 200 tiene forma de prisma poliédrico, cuyas caras laterales (204, 204') forman un ángulo  $\alpha$  de 45 a 70 grados con respecto a la horizontal. Preferiblemente, las caras laterales forman un ángulo de 60 grados con respecto a la horizontal. Las caras laterales de la canaleta están provistas cada una de un primer rebosadero de agua (205, 205') orientado hacia un deflector (206, 206') que forma un estrechamiento.

15 Los bordes superiores (207, 207') de la canaleta (200) se pliegan ventajosamente en un ángulo variable para formar un segundo rebosadero (208, 208'). El primer rebosadero de agua (205) se orienta preferiblemente a lo largo de una dirección ortogonal con respecto a las caras laterales de la canaleta (200). Debido a su configuración prismática, la canaleta se construye de manera simétrica alrededor del eje central XX' y, por tanto, está formado por dos semicanaletas G, G' En el resto de la descripción, nos limitaremos a describir la trayectoria del agua en la semicanaleta G, simbolizada por pequeñas flechas en la figura 4. El flujo ascendente 90' del agua arrastra las partículas más finas 13' en dirección al primer rebosadero de agua 205. Tras alcanzar el umbral del primer rebosadero 205, el agua fluye corriente abajo. Las turbulencias del agua se limitan entonces por medio del deflector 206 que forma un estrechamiento en la trayectoria del flujo. Preferiblemente y tal como se muestra, el deflector consiste en una placa lisa. También puede adoptar la forma de una rejilla, cuyo tamaño de malla se adapta a las dimensiones de los granos de carbón activado que se deban retener. Ventajosamente, puede consistir en un apilamiento de placas o un perfil que forme un conducto en forma de panal. La orientación del deflector 206 es variable. Ventajosamente, se coloca a lo largo de una dirección paralela con respecto al primer rebosadero de agua 205. El flujo de agua que incide en el estrechamiento es frenado y canalizado hacia una zona de reposo 209 delimitada por la cara lateral inclinada 204 de la canaleta. Acto seguido, el agua se acumula en esta zona y sigue una trayectoria ascendente hasta alcanzar el umbral del segundo rebosadero 208. De este modo, el agua libre de partículas 13' se puede recuperar aguas abajo del segundo rebosadero 208. Las partículas de carbón activado 13', arrastradas por el flujo de agua, también se recogen en la zona de reposo 209 y, debido a la inclinación de esta última, se deslizan a lo largo de la cara lateral 204 de la canaleta hasta el extremo inferior del primer rebosadero 205. Como se puede ver en la figura 4, el extremo inferior del primer rebosadero 205 puede estar equipado con una compuerta móvil 210, que juega el papel de clapeta. Las partículas 13', por su propio peso, levantan la compuerta y vuelven a la masa del lecho fluidizado.

20  
25  
30  
35

**REIVINDICACIONES**

1. Método de tratamiento de un fluido que comprende:

- 5 - el suministro en un reactor (2, 2') de partículas de medios adsorbentes (13, 13') consistentes en granos o microgranos de carbón activado calibrado con una granulometría comprendida entre 400  $\mu\text{m}$  y 1300  $\mu\text{m}$ , estando comprendida la concentración de partículas de medios adsorbentes en dicho reactor entre 1 g/l y 300 g/l;
- 10 - la inyección continua de agua a tratar en un medio (10, 10') de inyección y distribución de fluido a tratar en la parte inferior de dicho reactor para formar un flujo ascendente (90, 90') de fluido con una velocidad comprendida entre 20 y 40 m/h y fluidificar el lecho de partículas de medios adsorbentes formando una zona de expansión (25) del lecho de partículas de medios adsorbentes y una zona de transición (26) menos densa en partículas de medios adsorbentes que dicha zona de expansión,
- 15 - la reducción de la velocidad de dicho flujo ascendente de fluido y la formación de una zona de reposo de fluido (27, 209) por medios (20, 200) de desviación de fluido previstos en la parte superior del reactor,
- la recuperación continua de agua tratada en unos medios (30, 30') de recuperación de fluido tratados dispuestos aguas abajo de dicha zona de reposo (27, 209), estando la zona de transición interpuesta entre la zona de expansión y los medios de desviación.

20 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el índice de expansión medio del lecho de partículas de medios adsorbentes está comprendido entre el 10 % y el 90 %.

3. Método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el índice de expansión medio del lecho de partículas de medios adsorbentes es de alrededor del 60 %.

25 4. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la concentración de partículas de medios adsorbentes en dicho reactor está comprendida entre 1 g/l y 100 g/l.

5. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el fluido tratado se recircula, al menos en parte, en dicho reactor.

30 6. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 que comprende, además:

- una extracción, de manera continua o secuencial, de una parte del lecho de partículas de medios adsorbentes de dicho reactor; y,
- 35 - una inyección de partículas de medios adsorbentes, nuevas o regeneradas de tal manera que se mantenga una concentración constante de partículas de medios adsorbentes en dicho reactor.

7. Método de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende:

- 40 - una separación sólido/líquido de la parte extraída del lecho de partículas de medios adsorbentes que permita recuperar una fase líquida; y,
- una inyección de la fase líquida en dicho reactor.

45 8. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, que comprende, además:

- una toma de una muestra del lecho de partículas del medio en dicho reactor; y,
- un análisis del índice de saturación de sustancias contaminantes en las partículas de los medios adsorbentes de dicha muestra;

50 llevándose a cabo la extracción de una parte del lecho de partículas de medios adsorbentes de dicho reactor cuando el índice de saturación supere un valor umbral.

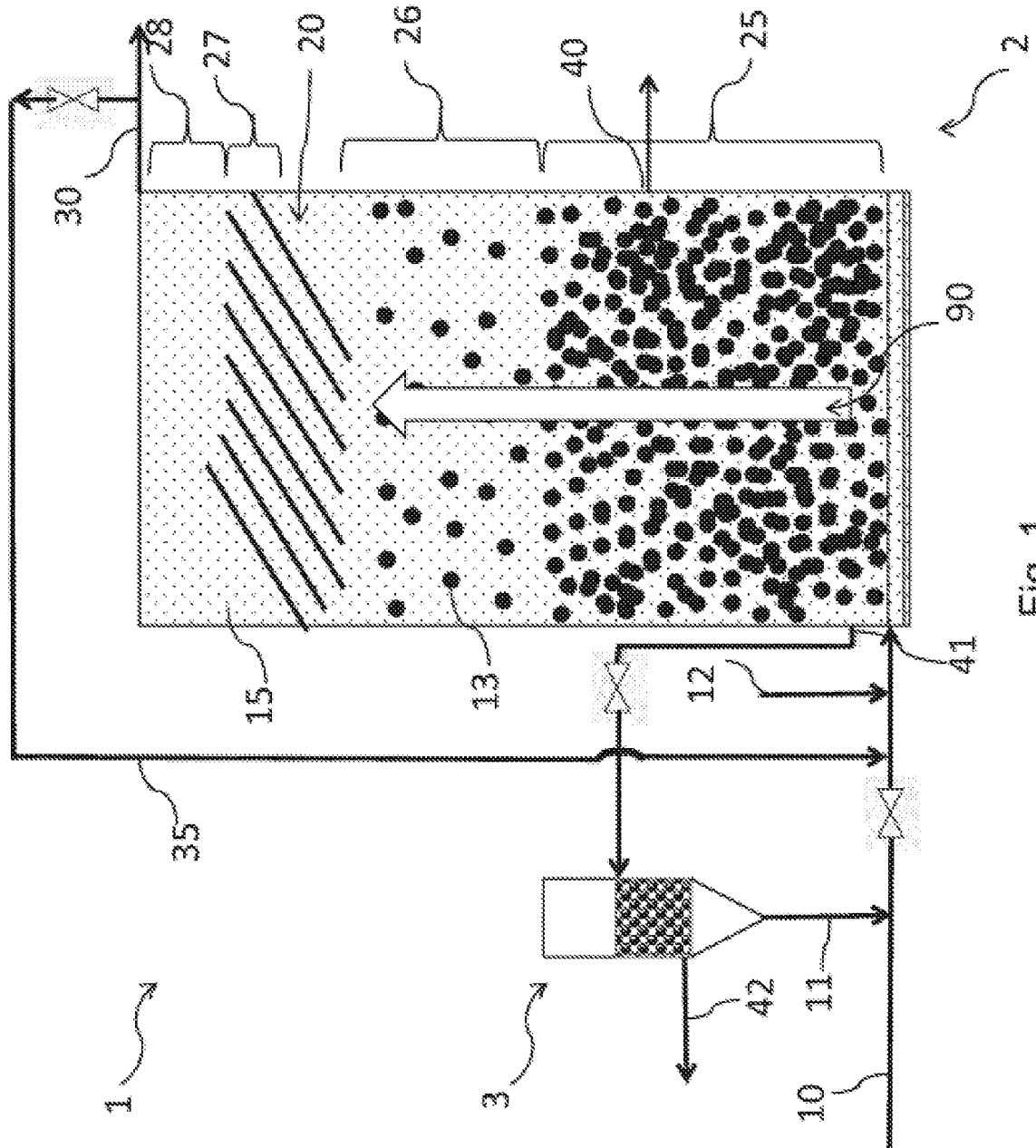


Fig. 1

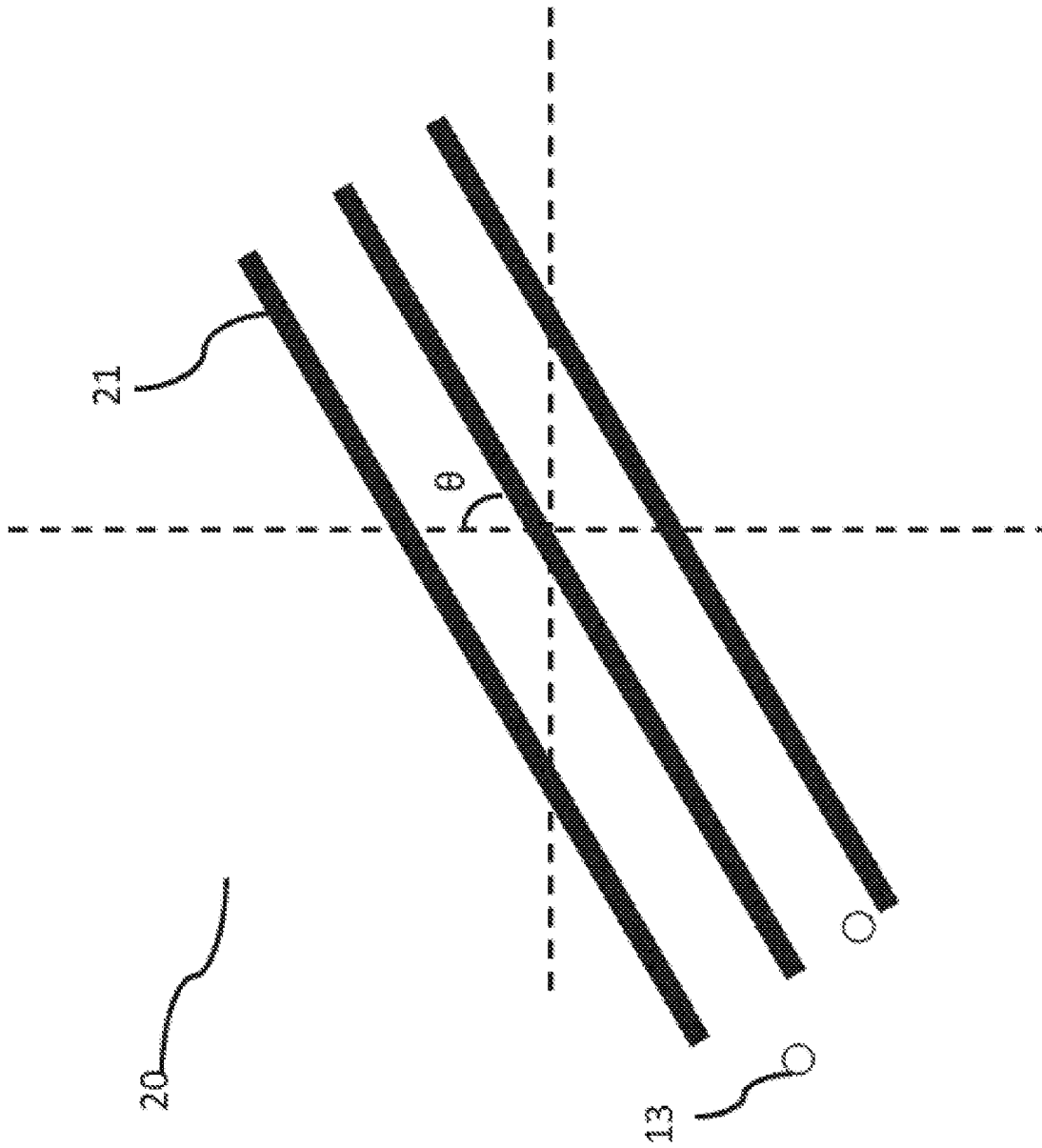


Fig. 2

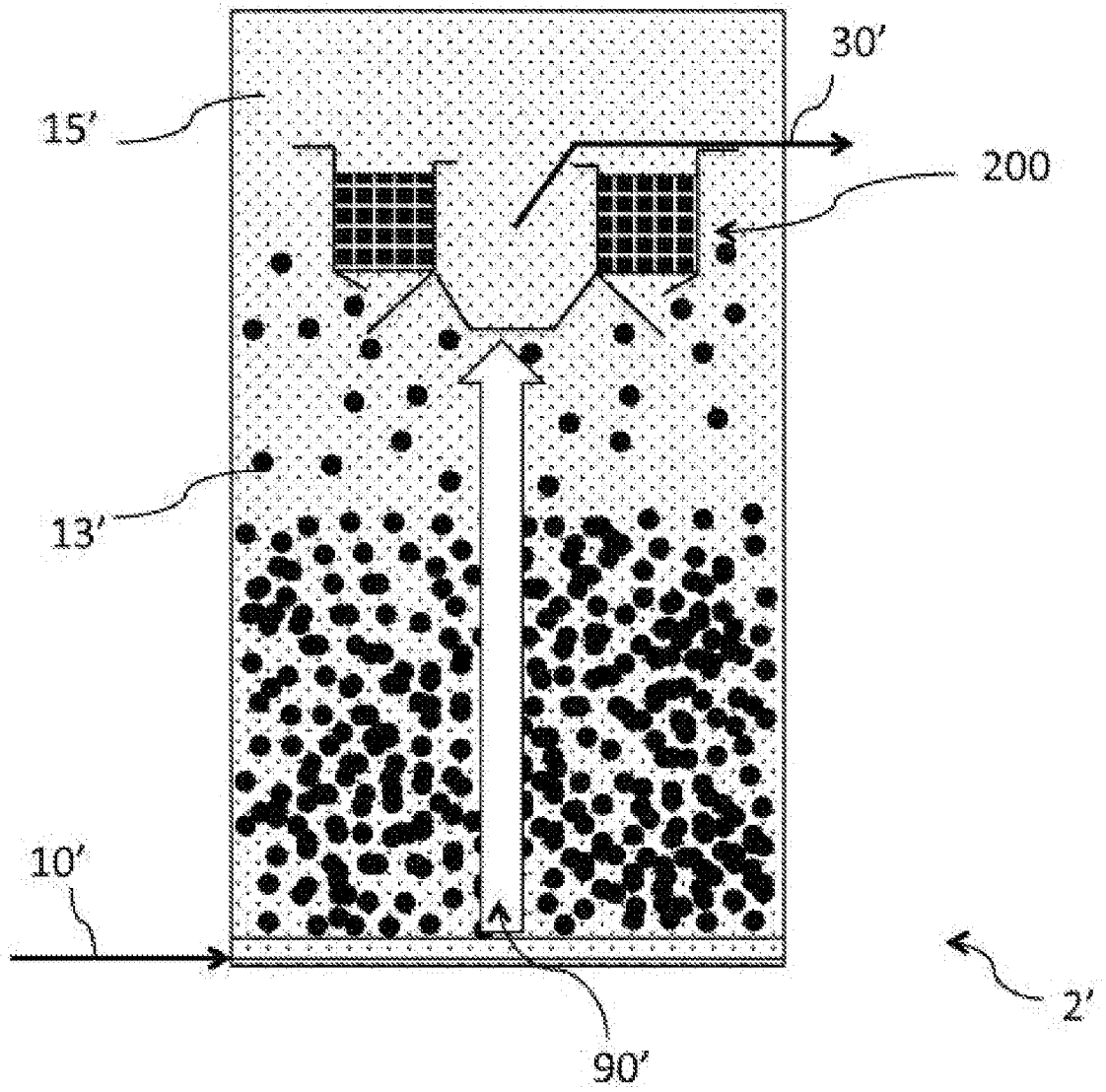


FIGURA 3

