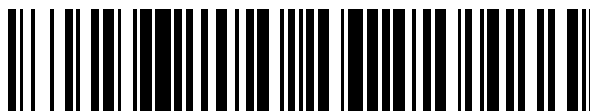


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 425**

51 Int. Cl.:

B01D 24/00 (2006.01)

B01D 24/02 (2006.01)

C02F 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2007 PCT/FR2007/002112**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2008 WO08093017**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2007 E 07872399 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017 EP 2104543**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de filtración de agua, en particular de aguas superficiales**

30 Prioridad:

26.12.2006 FR 0611376

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

27.02.2018

73 Titular/es:

**SUEZ INTERNATIONAL (100.0%)
16 Place de l'Iris - Tour CB 21
92040 Paris la Défense Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**BONNELYE, VÉRONIQUE y
VION, PATRICK**

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

ES 2 656 425 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

Dispositivo y procedimiento de filtración de agua, en particular de aguas superficiales

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de filtración de agua, en particular de aguas superficiales, que incluye un suelo por encima del que se sitúa una primera capa de granos de un primer medio, de densidad elevada y una segunda capa de granos de un segundo medio de densidad más reducida que la de los granos del primer medio, siendo el diámetro promedio de los granos del primer medio inferior al de los granos del segundo medio, comprendiendo el dispositivo además una llegada de agua a filtrar en la parte superior del dispositivo por encima de
10 la segunda capa y una salida de agua filtrada por debajo de la primera capa.

La clarificación de las aguas superficiales, eliminación de la turbidez y de las partículas, puede realizarse por coagulación y filtración sobre medios granulares, por asociación de una coagulación - decantación o flotación seguida de una filtración sobre medios granulares. Si la calidad del agua a tratar es buena, puede suprimirse el
15 tratamiento de decantación o flotación del proceso de tratamiento, y se habla de filtración directa.

Se reconoce que los filtros compuestos de capas de múltiples medios se caracterizan por una capacidad de retención de materia más elevada y una calidad del agua filtrada superior en comparación a la de un filtro que no incluye más que una capa de medios de altura y granulometría equivalentes y lavados por simple puesta en fluidificación. El documento US20060027511, por ejemplo, describe un dispositivo para la filtración de agua que comprende una primera capa de medios finos, una segunda capa de un medio más grueso, y unos medios de inyección previstos a la altura del suelo para inyectar un fluido de limpieza.
20

El empleo de un filtro multimedios que incluye más de dos medios de filtración diferentes, típicamente de tres a cinco medios, tiene como objetivo aproximarse a un filtro ideal en el que la granulometría actuaría inversamente al sentido de la filtración, localizándose los granos más gruesos en la superficie del medio, en contacto con el agua a filtrar, y disminuyendo el tamaño de la granulometría a medida que se purifica el agua filtrada.
25

Los filtros se caracterizan principalmente por su límite de retención, parámetro directamente vinculado a la granulometría de los medios utilizados y a la altura del medio. La elección del filtro, y principalmente de su límite de retención, es función del objetivo de calidad y de la tasa de retención de partículas durante la filtración.
30

En un objetivo de desinfección exhaustiva, o para la alimentación de procesos sensibles al colmatado como las membranas de ósmosis inversa, el tratamiento de las aguas superficiales necesita la implementación de procedimientos de clarificación eficientes. El filtro bicapa, asociado a una coagulación optimizada responde perfectamente a este objetivo. En este caso, se elegirá un medio de granulometría reducida.
35

Esta elección va contra la capacidad de retención de materia en suspensión del filtro, y desemboca en duraciones de los ciclos de filtración incompatibles con un funcionamiento industrial. En este caso, se elige la aplicación de un filtro que implemente varios materiales de diferentes granulometrías.
40

El filtro comprende un soporte, denominado suelo, sobre el que se colocan los medios granulares.

El suelo puede ser de naturaleza porosa, una capa de grava, tuberías equipadas con boquillas, suelo equipado con boquillas, permitiendo esta última solución el reparto de los fluidos de lavado, aire y agua.
45

El lecho filtrante comprende generalmente:

- eventualmente una o varias capas de grava de granulometría gruesa para proteger el suelo poroso y/o las boquillas de un contacto directo con los medios de filtración,
 - una capa de medios de granulometría fina, de densidad elevada, muy frecuentemente de arena o de granate,
 - una capa de medios de granulometría más gruesa, de densidad más reducida, frecuentemente de antracita o de piedra pómez.
- 50

El lavado de un filtro de este tipo se desarrolla generalmente de la siguiente manera:

- después de la parada del ciclo de filtración, se disminuye el nivel de agua por encima del lecho filtrante, generalmente por filtración,
 - se aplica una fase de remoción con aire, siendo introducido el aire por debajo del suelo y repartido por toda la sección del filtro a través del suelo poroso o equipado con boquillas. Esta fase es la parte enérgica del lavado: los granos de medios son sometidos a agitación, hay abrasión de la capa de partículas/grumos retenidos durante la filtración. Durante esta fase, se asiste también a una mezcla de las capas de medios de filtración,
 - una fase de enjuagado solamente con agua, que tiene por objetivo evacuar las partículas anteriormente separadas del agua y retenidas en el filtro, y reclasificar los diferentes medios con el fin de conservar en el filtro su límite de retención y su capacidad de retención.
- 60
65

- Se utilizan variantes de este lavado, principalmente el lavado solamente con agua por simple colocación en expansión de los medios: este lavado presenta como principal inconveniente una ineficacia en la separación de los grumos/medios, que conduce rápidamente a la formación de "bolas de lodo" o aglomeraciones de barro y a una acumulación de materia en el filtro en detrimento de la capacidad de retención del medio y de la duración del ciclo de filtración. La calidad del agua filtrada puede quedar afectada por esta acumulación de materia y se asiste a un daño prematuro de las partículas, incluso a un desarrollo de una película biológica, es decir a una película compuesta de microorganismos que se desarrollan en la superficie del filtro, vinculados a la reducida energía utilizada y a la ausencia de abrasión durante el lavado.
- Otra variante consiste en aplicar una fase de lavado que implementa aire y agua, fase que se intercala entre la fase de solo aire y la fase de solo agua anteriormente descritas, y que permite mejorar la eficacia de la remoción y del transporte de material retenido durante la filtración. Esta fase se desarrolla sin embargo sin derrame para evitar la pérdida de medios, salvo si el órgano de recuperación de las aguas sucias de lavado está equipado con un dispositivo específico.
- En todos estos ejemplos, la operación de limpieza del filtro (preferentemente con aire) implica una mezcla importante entre las dos capas de medios. Después de la limpieza, debe poderse efectuar una reclasificación de los dos medios, es decir una reconstitución de las capas correctamente superpuestas, por fluidificación de las dos capas.
- La aplicación de una coagulación sobre filtro, o de una filtración posterior a una primera etapa de clarificación por coagulación, floculación, decantación o flotación, presenta unos límites debido al compromiso necesario en la asociación de dos medios granulares de densidad y de granulometrías diferentes, con el fin de permitir la reclasificación de los dos medios y asegurar de ese modo los dos objetivos requeridos de retención de materia en suspensión y de calidad del agua.
- Según el estado de la técnica, el par granulometría / densidad se elige generalmente de tal manera que la tasa de mezcla buscada durante la fase de limpieza sea equivalente para los dos medios y comprendida en una horquilla del 5 al 30 %, típicamente entre el 10 y el 20 %. La tasa de mezcla es la proporción de la masa filtrante en la que se mezclan los dos medios.
- La tasa de expansión (es decir la tasa de aumento del volumen aparente durante la fase de fluidificación) de los dos materiales debe estar comprendida entre el 10 y el 20 % para asegurar un buen lavado (evacuación de la materia acumulada) y una reclasificación correcta.
- Para tener una gran capacidad de retención de materia en suspensión en el filtro y en consecuencia una frecuencia de lavado razonable, es necesario un material de gran diámetro en la capa superior para almacenar la materia en suspensión sin generar una pérdida de carga elevada.
- Para tener un agua filtrada de la mejor calidad posible, es necesario un material de reducida granulometría en la capa inferior.
- Ahora bien, teniendo en cuenta la densidad de los materiales generalmente disponibles, principalmente la arena y la antracita, y su masa volumétrica, (respectivamente 2,6 y 1,4 kg/l), se hace imposible tener unos materiales de diámetro suficientemente diferente para alcanzar al mismo tiempo estos dos objetivos: la relación de los diámetros es generalmente de 2 o 2,5 para la arena y la antracita. El límite de 2,5 para la relación de los diámetros antracita/arena es comúnmente reconocido. Se puede hacer referencia para ello al documento de CONLEY, W.R y HSIUNG K.Y, "Filter design and application" JAWWA, febrero de 1969, págs. 97-101.
- Esta es una limitación, teniendo en cuenta los diferentes medios granulares utilizados. El filtro bicapa estará por tanto bien adaptado para la retención de materia en suspensión, en detrimento del límite de retención, o bien adaptado para la retención de partículas, en detrimento de la duración de los ciclos de filtración. Esto conduce frecuentemente a la realización de dos etapas de filtro bicapa.
- La invención tiene por objeto sobretodo asociar unos materiales granulares que permitan alcanzar los dos objetivos de calidad de agua filtrada y de retención de materia en suspensión con una duración del ciclo grande.
- Según la invención un dispositivo de filtración de agua, en particular de aguas superficiales, que incluye un suelo por encima del que se sitúan una primera capa de un primer medio que tiene unos granos de diámetro promedio D_a , de densidad elevada y una segunda capa de un segundo medio que tiene unos granos de diámetro promedio D_b , de densidad más reducida que la de los granos del primer medio, siendo D_b superior a D_a , comprendiendo el dispositivo además una llegada de agua a filtrar en la parte superior del dispositivo por encima de la segunda capa y una salida de agua filtrada por debajo de la primera capa, se caracteriza por que:
- la relación de los diámetros promedio de los granos D_b/D_a es tal que entre los granos del segundo medio existen intersticios de dimensión suficiente para permitir, después de la limpieza, un deslizamiento por gravedad de los granos del primer medio a través de la segunda capa,

- el segundo medio tiene una velocidad de fluidificación superior a la del primer medio,
- y se prevén unos medios de inyección de un fluido de limpieza a la altura del suelo para inyectar el fluido con una velocidad tal que el segundo medio se expanda con un valor comprendido entre el 2 % y el 10 %.

5 Durante la fase de remoción (con aire) la tasa de mezcla está comprendida entre el 70 % y cerca del 100 %. Según la invención, durante la fase de enjuagado o limpieza, la primera capa de medios A de la que una gran parte se reforma rápidamente se fluidificará completamente mientras que la segunda capa B mezclada con A dará inicio a un comienzo de aclarado correspondiente al inicio de la fluidificación de B, acentuado por el hecho mismo de la mezcla que, reduciendo la porosidad aparente del medio (en más del 50 % para B a 30 % o 40 % en los tramos bajos de la mezcla B+A) reduce la velocidad de fluidificación. En esta fase de enjuagado, hay por tanto fluidificación de una parte de A rápidamente reformada y una fluidificación significativa de la mezcla B+A (expansión del 5 al 15 %) de la zona de mezcla B+A. Esta fluidificación de la mezcla B+A permite una reclasificación parcial (aumento de A y gradiente de concentración de A en B disminuyendo de abajo a arriba desde la zona de mezcla). Al final de la fase de enjuagado en la que granos de A se encuentran aún por encima del lecho filtrante, se realiza la clasificación por gravedad en la que los granos de A pueden volver a descender bajo la acción de la gravedad a través de los intersticios de los tramos superiores de B. Se está entonces, por tanto, delante de un tipo de tri-capa (A, B+A, B). Con una relación D_b / D_a superior a tres corresponde a una velocidad de fluidificación de la segunda capa igual o superior a dos veces la velocidad de fluidificación de la primera capa. En el dispositivo según la invención la relación D_b / D_a está comprendida entre tres y seis. Los granos del primer medio A pueden tener un diámetro promedio inferior o igual a 0,4 mm y una densidad superior a 2,2 g/cm³. Los granos del segundo medio B tiene un diámetro promedio igual o superior a 1,5 mm y una densidad inferior a 1,6 g/cm³.

La relación de la densidad de los granos del primer medio A a la densidad de los granos del segundo medio B es preferentemente inferior a 2.

25 Según una realización preferida, los granos del primer medio A tienen un diámetro promedio de 0,3 mm y una densidad de 2,5 g/cm³ y los granos del segundo medio B tienen un diámetro promedio de 1,5 mm y una densidad de 1,5 g/cm³, es decir una relación de diámetros de 5 y una relación de densidad de 1,66. Durante el lavado, el material del primer medio A, o material inferior, se expande del 10 al 40 % y el material del segundo medio B, o material superior, se expande del 2 al 10 % de tal manera que hay una interpenetración del material inferior en el material superior, y posteriormente la reclasificación parcial por gravedad y creación de ese modo de un filtro tri-capa constituido por el material inferior A, el material superior B y una zona intermedia de mezcla. Esto se hace posible por el hecho de que el material superior se expande, si no, no hay suficiente interpenetración.

35 La invención se refiere igualmente a un procedimiento de limpieza de un dispositivo de ese tipo.

Según la invención, un procedimiento de filtración de agua, en particular de aguas superficiales, implementa un dispositivo de filtración que incluye un suelo por encima del cual se colocan una primera capa de un primer medio que tiene unos granos de diámetro promedio D_a , de densidad elevada y una segunda capa de un segundo medio que tiene unos granos de diámetro promedio D_b , de densidad más reducida que la de los granos del primer medio, siendo D_b superior a D_a , previéndose una llegada de agua a filtrar por encima de la segunda capa y una salida de agua filtrada por debajo de la segunda capa, y se caracteriza por que:

- la relación de los diámetros promedio de los granos D_b/D_a está comprendida entre tres y seis, los granos del segundo medio B tienen un diámetro promedio igual o superior a 1,5 mm y una densidad inferior a 1,6 g/cm³, de manera que entre los granos del segundo medio B existen unos intersticios que tienen unas dimensiones suficientes para permitir por un lado, durante la fase de enjuagado, una mezcla B+A de muy reducida porosidad que realiza una expansión de la mezcla superior a la de B sola y suficiente para asegurar un enjuagado eficaz y una reclasificación aceptable, y por otro lado, después del enjuagado, un deslizamiento por gravedad de los granos del primer medio A a través de la segunda capa B lo que permite obtener una capa superior de B exenta de A,
- el segundo medio tiene una velocidad de fluidificación superior a la del primer medio,
- y se inyecta a través del suelo un fluido de limpieza a una velocidad tal que el segundo medio B se expande con un valor comprendido entre el 2 % y el 10 %.

55 Ventajosamente, se inyecta el fluido a una velocidad igual o superior a la velocidad de fluidificación del segundo medio B lo que garantiza una fluidificación y una reclasificación mínimas de la zona de mezcla B+A y la evacuación de la materia filtrada por encima del lecho filtrante en el que B es muy mayoritario. El fluido inyectado puede ser aire. Se puede inyectar el fluido durante una duración inferior a 30 segundos.

60 El fluido de enjuagado es agua filtrada inyectada durante un tiempo generalmente inferior a 10 minutos.

Aparecen en la descripción otras características y ventajas de la invención seguidas de un modo de realización con referencia a los dibujos adjuntos pero que no tiene ningún carácter limitativo. En estos dibujos:

65 La Fig. 1 es una vista en sección de un filtro bicapa según la invención,

ES 2 656 425 T3

La Fig. 2 es un detalle ampliado de la Fig. 1,

La Fig. 3 es un detalle de la Fig. 1 a una escala mayor que la Fig. 2, y

La Fig. 4 es un gráfico que representa:

- 5 - por un lado, una curva C_m de variación del porcentaje de mezcla en volumen de los dos medios durante la operación de limpieza, teniendo en ordenadas el porcentaje de mezcla y en abscisas la velocidad del agua de enjuagado. En el inicio después de la fase de remoción, la mezcla C_m está generalmente comprendida entre el 70 % y cerca del 100 %. En el gráfico, este es el punto antes de la fase de enjuagado/reclasificación por tanto a velocidad = 0.
- 10 - por otro lado, dos curvas de expansión C_a , C_b correspondientes a los dos medios A y B, teniendo en ordenadas el porcentaje de expansión en volumen aparente y en abscisas la velocidad del agua de lavado o de enjuagado.

15 Con el fin de poder obtener un agua de muy alta calidad y grandes duraciones de ciclo, la invención asocia una primera capa de granos de un primer medio natural de reducida granulometría y de densidad elevada, a una segunda capa de granos de un segundo medio natural de granulometría mayor y de densidad más reducida, no siendo similares las velocidades de fluidificación de los dos medios para una altura de expansión de cada medio del 5 al 30 % típicamente del 10 al 20 %.

20 Para ello se utilizan dos materiales A y B de densidades diferentes con unos granos de diámetros promedio D_a , D_b tales que $D_b / D_a \geq 3$. D_b / D_a está típicamente comprendido entre 3 y 6. Las velocidades de fluidificación y de sedimentación de A son más reducidas que las de B.

25 En la zona B+A, la porosidad disminuye (para la antracita la porosidad o zona de hueco entre granos está comprendida entre el 50 y el 55 % y para la zona de mezcla pasa por debajo del 40 %), y por tanto por las leyes de Kozeny-Carman la velocidad mínima de fluidificación disminuye o también para una velocidad de fluidificación dada, la velocidad de expansión aumenta.

30 Se puede hablar también de las sobrevelocidades realizadas en esta zona de mezcla que completan la limpieza y el desplazamiento de los materiales filtrados del filtro.

35 Las obras de ingeniería civil necesarias no incluyen diferencias notables con las del estado de la técnica. La estructura del filtro de la invención se ilustra en la Fig. 1. Se utiliza una cubeta 1 que incluye en su parte baja un suelo 2 provisto de orificios 3 y de medios de inyección 1.

Sobre el suelo 2 se dispone una capa 4 de grava de gruesa granulometría para proteger el suelo y las boquillas de un contacto directo con los medios de filtración.

40 Se dispone por encima de la capa 4 una primera capa 5 del medio A de diámetro promedio D_a . Se dispone por encima de la capa 5 una segunda capa 6 de un medio B de diámetro promedio D_b superior a D_a . La disposición de las capas es visible más particularmente en el detalle ilustrado de la Fig. 2.

45 Se prevé una llegada 7 de agua a tratar en la parte alta por encima de la segunda capa 6. Se prevé una salida 8 de agua tratada en la parte baja, por debajo del suelo 2 y de la primera capa 5.

Se prevé una canalización 9 de recepción de los desechos y grumos por encima de la capa 6.

50 La altura de la canalización 9, con relación a la capa 6 en reposo, se calcula para permitir la evacuación de los desechos sin pérdida de los materiales A y B.

Durante una limpieza/enjuagado, realizada por una corriente de fluido, generalmente del agua de lavado, inyectada de abajo hacia arriba por los medios de inyección 1, la velocidad de la corriente inyectada se elige próxima a (es decir igual o ligeramente superior a) la velocidad de fluidificación de la segunda capa B.

55 Sobre la base de los conocimientos técnicos anteriores, un experto en la materia no aceptaría dichas condiciones porque debería conducir a la mezcla de los materiales de las capas o al menos a la no reclasificación y a la desestructuración del filtro después del lavado con el paso de la capa fina A por encima de B. El objetivo no se alcanzaría entonces, la capacidad del filtro se convertiría entonces en muy reducida.

60 El resultado efectivo es sorprendente y contradice este primer análisis debido a condiciones operativas, pero sobre todo debido a la gran diferencia entre los diámetros de los materiales. Se constata el proceso expuesto a continuación.

65 La velocidad de lavado se define por un par A/B. Las curvas C_a y C_b visibles en la Fig. 4 ilustran el porcentaje de expansión de los medios A y B en función de la velocidad de inyección del agua de lavado.

- La curva C_m representa el porcentaje en volumen de la zona en la que se mezclan A y B durante la operación de lavado, en función de la velocidad de inyección del agua de lavado. El % de C_m a la velocidad = 0, corresponde al estado de la mezcla al final de la fase de remoción con el aire (entre el 70 y cerca del 100 %). Durante la operación de lavado, la reclasificación se realiza más o menos en función de la velocidad del agua de lavado. Se elige una
- 5 velocidad de lavado en una zona enmarcada por unas líneas de puntos, correspondientes al mínimo de C_m , lo que corresponde igualmente al inicio de C_b , es decir al inicio de la fluidificación del segundo medio B, mientras que el primer medio A ya está fluidificado.
- El mínimo de C_m , aún relativamente elevado, de aproximadamente el 50 % (entre el 30 y el 60 % según los casos)
- 10 podría conducir a no utilizar un par A/B de ese tipo.
- Pero, gracias al descenso por gravedad de los granos del medio A a través de la segunda capa B después del lavado, se forma una capa del medio B exenta de A en la parte alta del filtro.
- 15 Es por tanto posible una reclasificación según la invención, con una reestructuración del filtro en tres capas: A, mezcla B+A, B.
- Para la limpieza, se utilizan unas boquillas para inyectar agua filtrada a través del suelo 2 a una velocidad igual o superior a la velocidad de fluidificación del medio B.
- 20 El material A parcialmente y muy rápidamente reformado, se fluidifica el primero y alcanza una expansión del 50 al 80 %.
- La zona de mezcla B+A se expandirá con un valor comprendido entre la expansión de A y la expansión de B, generalmente comprendida entre el 5 y el 15 %. Esta expansión resulta suficiente para el lavado y una reclasificación parcial.
- 25 El material B se acumula en la superficie. Comienza su fluidificación, su tasa de expansión es bastante reducida (del 2 % al 10 %) pero suficiente para asegurar un descompactación que permita la evacuación de los materiales retenidos durante la filtración. Hacia el final de lavado, se puede constatar que una capa de material A recubre toda la superficie del lecho.
- 30 La eliminación total de A en el tramo superior de B se realiza por gravedad durante la parada del lavado.
- 35 Los dos materiales A y B tienen unas densidades diferentes y unos diámetros de granos preferentemente tales que $D_b / D_a > 4$. Las velocidades de fluidificación y de sedimentación de A son más reducidas que las de B.
- Se podría por tanto esperar que la reclasificación sea imposible.
- 40 La experiencia ha demostrado que este no es el caso contrariamente a lo que pudiera suponer el experto en la materia.
- Durante el lavado, aparece rápidamente una capa de material A porque se forma un "seudo-líquido" de densidad bastante grande con el material A que tiene tendencia a hacer de "flotador" de los elementos o granos del medio B más ligeros que se presentan en la interfaz (modelo de T.R. Camp comentado por Cleasby: J.L. Cleasby "Intermixing of dual media and multimedia granular filters" - JAWWA, abril de 1975, págs. 195-203.)
- 45 La mezcla B+A creada por la remoción tiene una porosidad global muy reducida debido a la relación D_b / D_a elevada que permite al material A alojarse en los grandes intersticios del material B. Debido a su reducida porosidad, la velocidad de fluidificación de la mezcla es muy reducida. En consecuencia, la expansión de la mezcla B+A es mayor (en algunos tantos por ciento) que la de B a la misma velocidad de lavado. Esta expansión es suficiente para realizar un buen enjuagado. Se observa una importante reclasificación en los tramos superiores, y parcial en las zonas bajas de la mezcla. Este fenómeno inesperado puede explicarse por el modelo de pseudo-líquido (ver más arriba) de gran densidad formada por A que en la interfaz hace flotar los elementos del medio B y absorbe los elementos de medio
- 50 A. Una velocidad de fluidificación mayor conduce como lo indica la curva de la Fig. 4 a volver a mezclar los medios favoreciendo los fenómenos de fluidificación y de arrastre en detrimento del fenómeno del pseudo-líquido.
- Durante la detención de lavado, el lecho desciende y cuando el material B ha finalizado de decantarse, los granos están en contacto entre sí. Los granos de A que se encuentran aún por encima y en el tramo superior del material B descienden por gravedad en los intersticios situados entre los granos de B hasta su relleno. El diámetro equivalente promedio de los intersticios es de dos a seis veces mayor que el de los granos de A. Hay por tanto una clasificación por gravedad en la fase de detención que permite tener una capa B superior exenta de elementos del
- 60 medio A.
- 65 Se encuentra entonces ante un tipo de tri-capas más particularmente visible en la Fig. 2.

Si se parte de un filtro bicapa cuya primera capa A representa el 45 % de la altura total y la segunda capa B representa el 55 % de la altura total, se puede constatar la clasificación siguiente después del lavado:

- 5 - una capa inferior 5 de material A que representa del 30 al 40 % de la altura total,
- una capa superior 6 de material B que representa del 10 al 30 % de la altura total,
- una zona intermedia 10 de una mezcla A/B, que representa del 30 al 60 % de la altura total, con un gradiente de concentración de A en B, de A fuertemente concentrado en la parte baja hasta A débilmente concentrado en la parte alta.

10 Ejemplo 1

Para un primer ejemplo de realización, el medio A está constituido por arena cuyos granos tienen un diámetro promedio (tamaño efectivo) de 0,3 mm, y de velocidad mínima de fluidificación de 5 m/h. El segundo medio B está constituido por antracita cuyos granos tienen un diámetro promedio (tamaño efectivo) de 1,5 mm y de velocidad mínima de fluidificación de 35 m/h. La velocidad de enjuagado con el agua a aplicar es de 35 m/h a 20 °C.

Ejemplo 2

20 Para un segundo ejemplo de realización, el medio A está constituido por arena de tamaño efectivo de 0,3 mm y de velocidad mínima de fluidificación de 5 m/h. El segundo medio B está constituido por piedra pómez de tamaño efectivo de 1,7 mm y de velocidad mínima de fluidificación de 30 m/h. La velocidad de enjuagado con el agua a aplicar es de 30 m/h a 20 °C.

En producción, los resultados son también sorprendentes.

25

Ejemplo 3

30 Con el fin de ilustrar los beneficios obtenidos por la invención en términos de eficacia de filtración y de productividad, se ha realizado un estudio comparativo en filtración directa de agua de mar, después de la coagulación con una sal de hierro. La tabla a continuación recapitula los resultados de este estudio.

| Filtro | Materiales | | Duración del ciclo de filtración (h) | Calidad del agua filtrada (promedio en un ciclo de filtración) | | |
|---------------|------------|------------|--------------------------------------|--|---|----------------------|
| | Antracita | Arena | | Turbidez (NTU) | Índice de densidad de sedimentos (ASTM 4189-95) | Partículas > 2 µm/ml |
| 1 | TE 1,5 mm | TE 0,75 mm | 32 | 0,25 | 5,2 | 148 |
| 2 (invención) | TE 1,5 mm | TE 0,3 mm | 31,5 | 0,072 | 2,5 | 25 |
| 3 | TE 0,75 mm | TE 0,3 mm | 5 | 0,086 | 3,1 | 45 |

35 El filtro 1 equipado con el medio antracita de 1,5 y arena de 0,75 tienen una duración elevada del ciclo de filtración, pero la calidad del agua filtrada se degrada y es incompatible con una alimentación de membrana de ósmosis inversa.

El filtro 3 equipado con medios de granulometría más reducida posee una calidad del agua mejorada, pero la duración del ciclo de filtración es muy corta e incompatible con un funcionamiento industrial.

40 Solamente el filtro 2, con los materiales seleccionados según la invención, permite alcanzar los objetivos de calidad mientras mantiene una duración del ciclo de filtración elevada, generalmente superior a 24 h en las aplicaciones tradicionales.

45 La eficacia del lavado se demuestra mediante un seguimiento en varios ciclos de filtración de la pérdida de carga del medio filtrante después del lavado. La pérdida de carga después del lavado permanece estable con el transcurso del tiempo en varios ciclos, lo que permite confirmar la eficacia del lavado del medio.

50 La calidad del agua filtrada es compatible con los niveles de exigencias elevadas de los procedimientos de desalado y esto en una única etapa de filtración.

Esta invención incluye numerosas ventajas. Permite principalmente una retención elevada de materia en suspensión, garantizando duraciones de ciclos de filtración largas y una disminución de las pérdidas de agua de lavado y de la energía consumida.

55 La invención permite igualmente unos límites de retención muy bajos que permiten garantizar una excelente eliminación de partículas y grumos, y esto con una única etapa de filtración. Esto contrasta con los hábitos actuales en los que la obtención de una eficacia de ese tipo se realiza en general mediante la utilización de dos etapas de

filtración, reteniendo la primera el máximo de materia en suspensión.

5 La invención permite además un lavado eficaz con velocidades de agua más reducidas que las generalmente empleadas para la puesta en expansión del 10 al 30 % de todos los materiales, lo que conduce a unos equipos de lavado de tamaño, y por tanto de coste de inversión, más reducido.

10 En particular, la invención puede permitir una alimentación de membranas de ósmosis inversa con una única etapa de filtro bicapa. Al menos dos etapas de filtro bicapa eran habitualmente necesarias para alimentar directamente las membranas de ósmosis inversa, según el estado de la técnica. La multiplicación de las etapas de filtro bicapa o de dispositivos que tengan la misma función aumenta el coste de inversión y las necesidades de espacio para la instalación.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de filtración de agua, en particular de aguas superficiales, que incluye un suelo (2) por encima del cual se sitúan una primera capa (5) de un primer medio (A) que tiene unos granos de diámetro promedio D_a , de densidad elevada y una segunda capa (6) de un segundo medio (B) que tiene unos granos de diámetro promedio D_b , de densidad más reducida que la de los granos del primer medio (A), siendo D_b superior a D_a , comprendiendo el dispositivo además una llegada de agua a filtrar (7) en la parte superior del dispositivo por encima de la segunda capa (6) y una salida de agua filtrada (8) por debajo de la primera capa (5), **caracterizado por que:**
- la relación de los diámetros promedio de los granos D_b/D_a está comprendida entre tres y seis,
 - los granos del segundo medio B tienen un diámetro promedio igual o superior a 1,5 mm y una densidad inferior a 1,6 g/cm³,
 - de manera que entre los granos del segundo medio (B) existen unos intersticios que tienen unas dimensiones suficientes para permitir, después de la limpieza, un deslizamiento por gravedad de los granos del primer medio (A) a través de la segunda capa,
 - el segundo medio (B) tiene una velocidad de fluidificación superior a la del primer medio (A),
 - y se prevén unos medios de inyección (I) de un fluido de limpieza a la altura del suelo (2) para inyectar el fluido con una velocidad tal que el segundo medio (B) se expanda con un valor comprendido entre el 2 % y el 10 %.
2. Dispositivo de filtración de agua según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los granos del primer medio A tienen un diámetro promedio inferior a 0,4 mm y una densidad superior a 2,2 g/cm³.
3. Dispositivo de filtración de agua según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la relación de la densidad de los granos del primer medio A a la densidad de los granos del segundo medio B es inferior a 2.
4. Dispositivo de filtración de agua según la reivindicación 3, **caracterizado por que** los granos del primer medio A tienen un diámetro promedio de 0,3 mm y una densidad de 2,5 g/cm³ y los granos del segundo medio B tienen un diámetro promedio de 1,5 mm y una densidad de 1,5 g/cm³.
5. Dispositivo de filtración de agua según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la velocidad de fluidificación de la segunda capa es igual o superior a dos veces la velocidad de fluidificación de la primera capa.
6. Procedimiento de filtración de agua, en particular de aguas superficiales, que utiliza un dispositivo de filtración que incluye un suelo por encima del cual se colocan una primera capa de un primer medio A que tiene unos granos de diámetro promedio D_a , de densidad elevada y una segunda capa de un segundo medio B que tiene unos granos de diámetro promedio D_b , de densidad más reducida que la de los granos del primer medio, siendo D_b superior a D_a , previéndose una llegada de agua a filtrar por encima de la segunda capa y una salida de agua filtrada por debajo de la primera capa, permitiendo este procedimiento realizar el enjuagado de dicho dispositivo de filtración, **caracterizado por que:**
- la relación de los diámetros promedio de los granos D_b/D_a está comprendida entre tres y seis,
 - los granos del segundo medio B tienen un diámetro promedio igual o superior a 1,5 mm y una densidad inferior a 1,6 g/cm³,
 - de manera que entre los granos del segundo medio B existen intersticios que tienen dimensiones suficientes para permitir por un lado, durante la fase de enjuagado, una mezcla B+A de porosidad muy reducida que realiza una expansión de la mezcla superior a la de B solo y suficiente para garantizar un enjuagado eficaz y una reclasificación aceptable, y por otro lado, después del enjuagado, un deslizamiento por gravedad de los granos del primer medio A a través de la segunda capa B lo que permite obtener una capa superior de B exenta de A,
 - el segundo medio tiene una velocidad de fluidificación superior a la del primer medio,
 - y se inyecta a través del suelo un fluido de limpieza a una velocidad tal que el segundo medio (B) se expande con un valor comprendido entre el 2 % y el 10 %, permitiendo la inyección del fluido de limpieza realizar el enjuagado de dicho dispositivo.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado por que** se inyecta el fluido a una velocidad igual a la velocidad de fluidificación del segundo medio (B).
8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, **caracterizado por que** el fluido inyectado es agua.
9. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, **caracterizado por que** el fluido inyectado es aire.
10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado por que** se inyecta el fluido durante una duración inferior a 30 segundos.

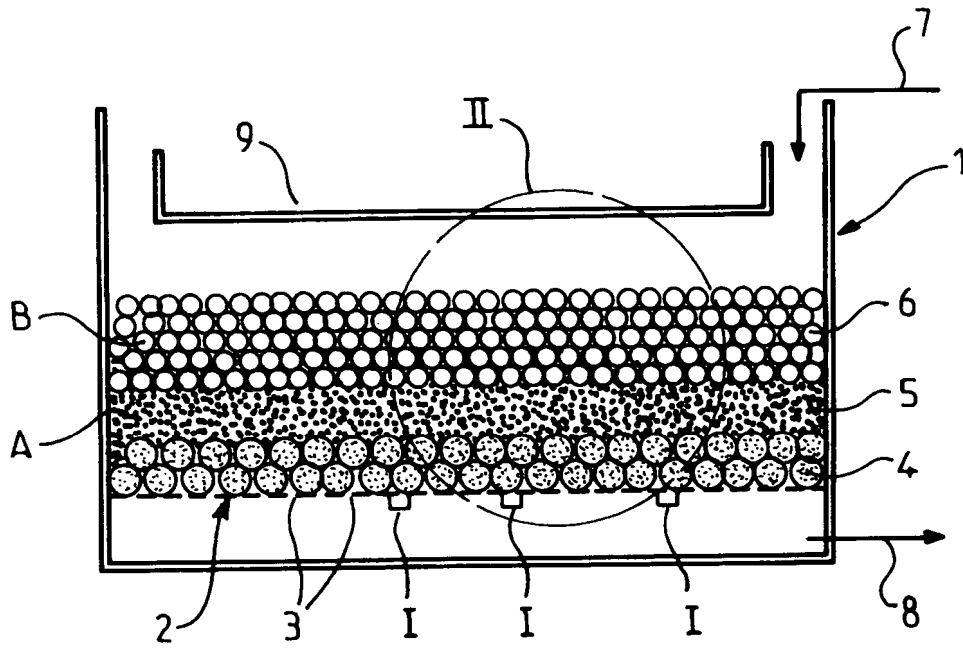


FIG. 1

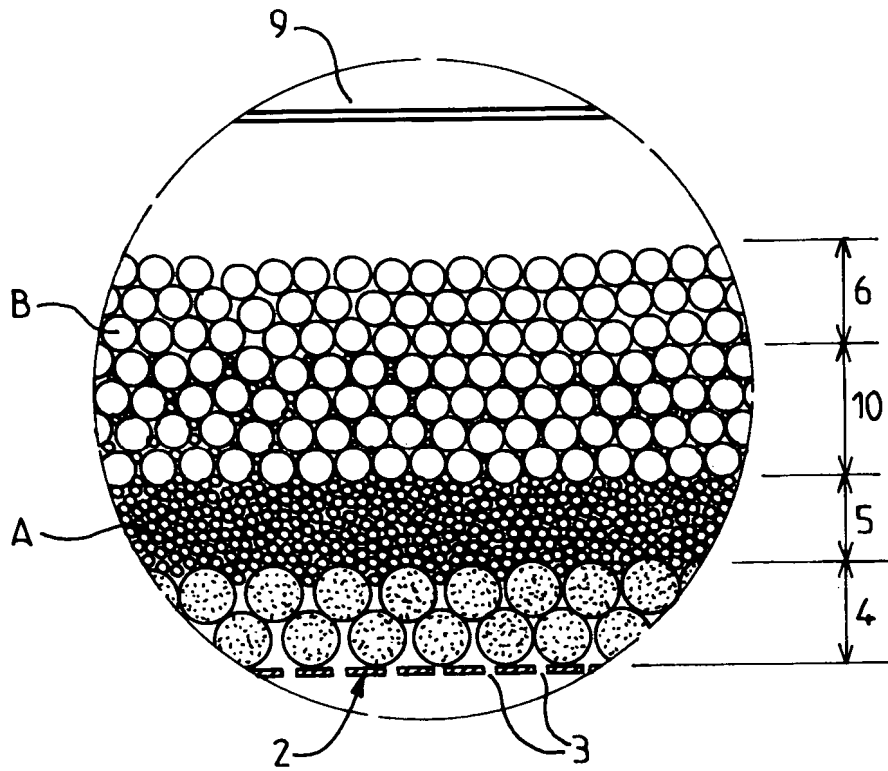


FIG. 2

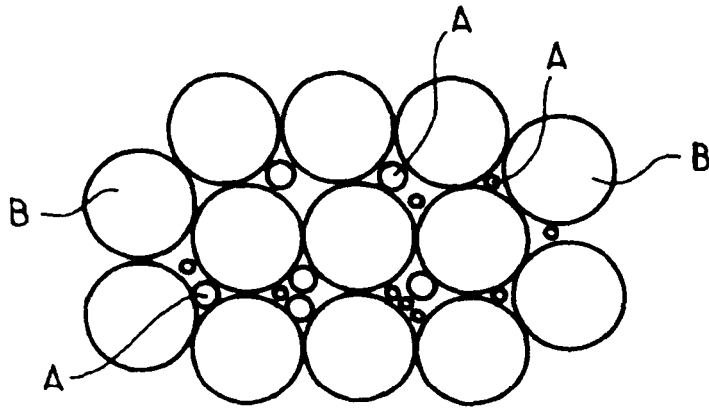


FIG. 3

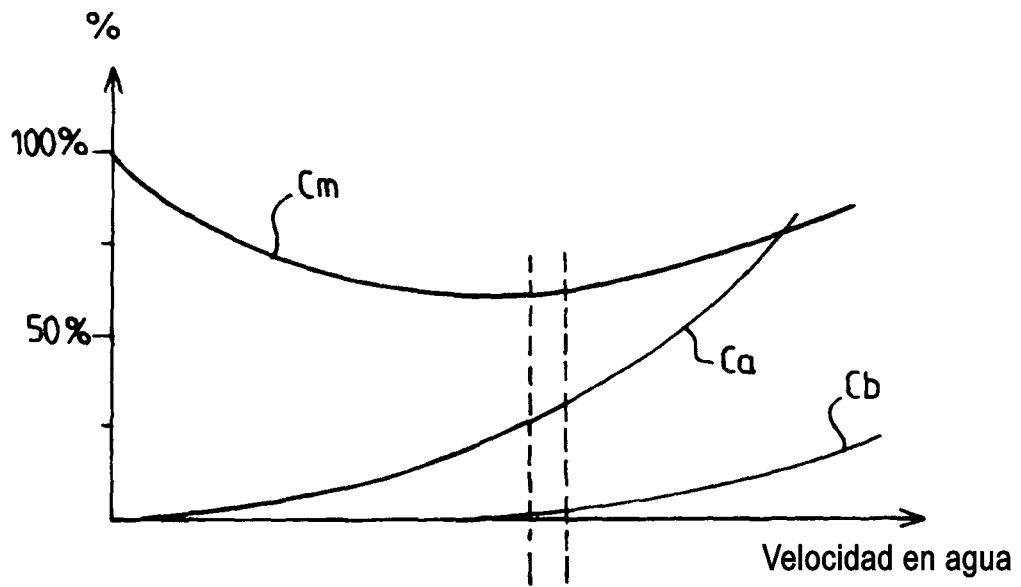


FIG. 4

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citadas por el solicitante es, únicamente, para conveniencia del lector. No forma parte del documento de patente europea. Si bien se ha tenido gran cuidado al compilar las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP declina toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- **US 20060027511 A [0003]**

10

Literatura no patente citada en la descripción

- **CONLEY, W.R ; HSIUNG K.Y.** Filter design and application. *JAWWA*, Février 1969, 97-101 **[0020]**
- **J.L. CLEASBY.** Intermixing of dual media and multi-média granular filters. *JAWWA*, Avril 1975, 195-203 **[0058]**