

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 957 697**

51 Int. Cl.:

C02F 1/28 (2013.01)
C02F 1/70 (2013.01)
B01J 20/02 (2006.01)
B01J 20/32 (2006.01)
C02F 1/42 (2013.01)
C02F 101/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2017** **PCT/FR2017/053543**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2018** **WO18109378**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2017** **E 17821987 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2023** **EP 3555004**

54 Título: **Mezcla para tratar agua contaminada con mercurio, dispositivo para tratar agua contaminada con mercurio utilizando dicha mezcla y procedimiento para tratar agua contaminada con mercurio utilizando dicho dispositivo**

30 Prioridad:

13.12.2016 FR 1662354

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.01.2024

73 Titular/es:

SUEZ RR IWS REMEDIATION FRANCE (100.0%)
17 rue du Perigord
69330 Meyzieu, FR

72 Inventor/es:

DEVIC-BASAGET, BORIS;
ROMANO, AMANDINE y
RICHARD, JEAN-YVES

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 957 697 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

Mezcla para tratar agua contaminada con mercurio, dispositivo para tratar agua contaminada con mercurio utilizando dicha mezcla y procedimiento para tratar agua contaminada con mercurio utilizando dicho dispositivo

La presente solicitud se refiere a una mezcla para el tratamiento de agua contaminada con mercurio.

5 También se refiere a un dispositivo para tratar agua contaminada con mercurio utilizando dicha mezcla.

También se refiere a un proceso para tratar agua contaminada con mercurio utilizando un dispositivo de este tipo.

Se entiende aquí por "agua" en sentido amplio, cualquier efluente industrial, cualquier agua procedente de aguas subterráneas, canales, ríos, torrentes, lagos, incluso mares, océanos, etc., naturales o artificiales.

10 De hecho, es posible que el agua, en la naturaleza, esté contaminada por mercurio, aunque en general los impactos del mercurio provienen de actividades industriales como antiguas plantas de electrólisis salina, minería o laboratorios.

Existen dispositivos para el tratamiento de aguas contaminadas por mercurio que utilizan agentes reductores.

15 El principio más utilizado incluye dos etapas. Una etapa de reducción que comprende una etapa de agregar un agente reductor al agua contaminada por mercurio iónico disuelto o mercurio elemental iónico, finamente dividido o coloidal, lo que da como resultado la precipitación del mercurio. Una etapa de extracción en la que el mercurio se extrae mediante filtración o destilación.

Los documentos GB1368966, BE818422 O US3857704 se ocupan del uso del hierro, principalmente en forma de sulfato ferroso o de virutas de hierro o acero, para la descontaminación de aguas mercuriales. En este caso, el hierro se añade directamente al agua en un medio infinitamente mezclado para realizar la etapa de reducción. Esta etapa requiere regulación del pH, lo que complica el proceso.

20 En el documento US5635073 por ejemplo, se introduce una solución de iones ferrosos en un medio acuoso a tratar con un oxidante.

25 También hay patentes que se refieren a la reducción de mercurio mediante un compuesto de azufre como el Na_2S (CN102372377) o hidrosulfito (GB1350703), que permite la formación de sulfuro de mercurio (HgS) insoluble. Una vez insolubilizado el mercurio, se extrae del agua mediante destilación (que se describe, por ejemplo, en los documentos US3857704 O GB1368966) o filtración (BE818422, GB1339261, GB1350703, US4098697, CN102372377).

La recuperación de mercurio insolubilizado en filtros también se describe ampliamente en la literatura. Los medios filtrantes vienen en diferentes formas que van desde la simple filtración física con el uso de arena (CN102372377 por ejemplo) o carbón activado (US6165366) a la destilación que consiste en hacer burbujear un gas inerte en agua para volatilizar el mercurio y luego tratar los vapores mercuriales.

30 Sin embargo, el agua generalmente contiene oxígeno disuelto y otros compuestos (nitratos, sulfatos, etc.) capaces de oxidar el hierro. Dependiendo del tipo de oxidación (Fe(0) a Fe(II) , o Fe(II) a Fe(III)) que provoca el hinchamiento de las partículas de hierro, cuando se utiliza hierro como medio filtrante, se acumulan fragmentos de hierro entre ellos y/o se produce una formación de precipitados de óxidos e hidróxidos de hierro que conducen, en ambos casos, a una rápida obstrucción del hierro.

35 Los documentos US2007/017871 y WO2005/061391 se refieren, por ejemplo, a un material de filtro recubierto con óxido u oxihidróxido metálico.

El documento US2007/104949 se refiere, por ejemplo, a un gránulo de vidrio roto que comprende inclusiones de una sustancia activa.

40 Por tanto, los sistemas conocidos por la técnica anterior son complejos y/o insatisfactorios; Los procesos asociados incluyen numerosas etapas sucesivas, también complejas, y tienen como objetivo recuperar el mercurio contenido en el agua.

Por lo tanto, al menos uno de los objetivos de la presente solicitud es resolver, al menos en parte, las desventajas antes mencionadas, conduciendo al mismo tiempo a otras ventajas.

45 Para ello, según un primer aspecto, se propone un dispositivo para el tratamiento de agua contaminada con mercurio, que comprende: un recinto que contiene un reactivo de filtración, una entrada de agua a tratar en el recinto aguas arriba del reactivo de filtración y una salida de agua tratada del recinto aguas abajo del reactivo de filtración, caracterizado porque el reactivo de filtración comprende una mezcla de hierro y un soporte granular químicamente inerte, es decir un soporte de partículas químicamente inerte.

50 El soporte granular químicamente inerte se compone, por ejemplo, de arena y/o grava silíceas, perlas de sílice, vidrio o incluso, dado el caso, determinados materiales plásticos.

En una forma de realización preferida, el soporte granular químicamente inerte se compone de arena, en particular arena de sílice, que también es especialmente económica.

5 Un dispositivo de este tipo permite así combinar la reducción y la retención de mercurio en un único y sencillo dispositivo de filtración, manteniendo al mismo tiempo la eficacia del tratamiento. Un dispositivo de este tipo permite así la filtración directa de agua contaminada por mercurio sobre un reactivo granulado.

Este último, compuesto principalmente por una mezcla de hierro y un soporte granular inerte, por ejemplo y económicamente arena de sílice, permite tanto la reducción de las formas elementales del mercurio como su atrapamiento en el filtro.

10 Las aguas mercuriales pasan a través de la mezcla permeable y las formas solubles del mercurio se reducen e insolubilizan al contacto con el hierro.

El mercurio reducido queda atrapado en la mezcla que poco a poco se va cargando de mercurio hasta la saturación y eliminación, es decir simplemente es posible al menos cambiar la mezcla cuando está saturada.

En tal dispositivo, el soporte granular garantiza, cuando la proporción de hierro en la mezcla es limitada, una distancia entre cada grano de hierro, limitando el contacto directo hierro/hierro y, en consecuencia, la obstrucción del reactivo.

15 La granulometría del soporte granular se elige en función de la del hierro utilizado para respetar las leyes de no segregación del hierro por gravedad y/o por retrolavado.

20 En un ejemplo de realización, para contribuir mejor a evitar la segregación o separación por gravedad del hierro en el soporte inerte, se aplica una relación $N = D_{15}/d_{85}$ - correspondiendo D_{15} al diámetro que pasa del soporte granular al 15% en masa y d_{85} al diámetro que pasa del hierro al 85% en masa es igual o inferior a 11; o incluso preferiblemente, N está entre aproximadamente 3 y aproximadamente 5. Así, el hierro no puede separarse de la mezcla por efecto de erosión o por gravedad cualquiera que sea el caudal de filtración que pasa a través del reactivo de filtración.

El hierro se utiliza por su poder reductor. Este agente reductor puede ser hierro o una aleación que contenga hierro, como acero (no inoxidable) o hierro fundido.

25 En otras palabras, "hierro" designa aquí hierro de valencia nula, es decir metálico, que tiene un fuerte poder reductor, y no, por ejemplo, óxidos, hidróxidos u oxihidróxidos de hierro.

Como reductor, la reactividad del hierro es directamente proporcional a su superficie desarrollada.

30 Así, se pueden utilizar diferentes tipos de hierro: el hierro se presenta, por ejemplo, en forma de perdigones, y/o de polvo y/o de virutas, y/o de cualquier otra forma fraccionada que permita la penetración del agua. Cada forma desarrolla una superficie de contacto y una permeabilidad diferentes. El tipo de hierro también se elige de manera que no produzca contaminantes adicionales detrás del reactivo de filtración, en particular contaminación metálica como podría provocar, por ejemplo, el zinc.

35 En una realización preferida, la mezcla comprende entre aproximadamente 1% y aproximadamente 50% en masa de hierro, preferiblemente entre aproximadamente 1% y aproximadamente 25% en masa, o incluso preferiblemente entre aproximadamente 5% y aproximadamente 20% en masa. Estas proporciones permiten limitar la obstrucción de la mezcla (los granos de hierro, al oxidarse, se hinchan y se sueldan). Además, la vida útil de la mezcla depende especialmente de la proporción de hierro: en cierta medida, cuanto más hierro haya, mayor será la vida útil para el mismo tamaño de partícula.

40 Según la invención se añade al menos un aditivo a la mezcla de hierro-soporte granular. Por ejemplo, el reactivo de filtración comprende al menos un aditivo entre 0% y aproximadamente 5% en masa con respecto a la masa total del reactivo de filtración, con el fin de optimizar el tratamiento y/o actuar sobre el alcance del tratamiento en caso de contaminación por mercurio, es decir contaminación mixta o co-contaminación. En el caso de varios aditivos, todos los aditivos representan preferentemente menos de aproximadamente el 5% en masa. En otras palabras, el reactivo de filtración comprende al menos aproximadamente el 95% en peso de la mezcla de hierro-soporte granular.

45 Según la invención, dicho al menos un aditivo comprende azufre elemental, que permite la formación de sulfuro de mercurio (HgS) y permite así estabilizar químicamente el mercurio reducido.

Y/o por ejemplo, el al menos un aditivo comprende al menos una resina de intercambio iónico específica para capturar cierta contaminación metálica tal como cromo hexavalente, un contaminante recurrente del agua subterránea. Una resina de este tipo es, por ejemplo, una resina cuyo grupo funcional es del tipo amonio cuaternario.

50 Y/o, por ejemplo, el al menos un aditivo contiene carbón activado para capturar la contaminación orgánica.

En un ejemplo de implementación, el al menos un aditivo se mezcla con la masa de la mezcla de hierro-soporte granular.

En otro ejemplo de realización, el al menos un aditivo constituye al menos una capa independiente, instalada aguas arriba y/o aguas abajo de la mezcla de hierro-soporte granular.

Según un ejemplo interesante, el reactivo de filtración puede comprender varias capas configuradas para ser atravesadas sucesivamente por el agua a tratar.

- 5 Por ejemplo, si el agua a tratar contiene muchos elementos oxidantes (por ejemplo O_2 , NO_x , SO_4 u otros), la mezcla de hierro-soporte granular que trata el mercurio está precedida preferiblemente por una capa de prefiltración que tiene una permeabilidad al menos diez veces mayor que la de la mezcla de hierro-soporte granular, es decir que tiene un tamaño de partícula superior, por ejemplo que tiene gránulos de hierro de 2 mm mezclados en arena a 1-2 mm, y enriquecidos en hierro con respecto a la mezcla de hierro-soporte granular, de manera que se elimine un máximo de oxígeno, pero con un contenido de hierro restante inferior al 50% en masa. El contenido en hierro de esta capa de prefiltración se sitúa, por ejemplo, entre aproximadamente un 20 % y aproximadamente un 40 % en masa. Esta capa tiene la función, por ejemplo, de consumir la mayor parte de los oxidantes presentes en el agua a tratar y por tanto de proteger la mezcla de hierro-soporte granular, dedicada al mercurio. Esta capa de prefiltración también reduce el riesgo de obstrucción del reactivo de filtración.

- 15 En otras palabras, el reactivo de filtración, por ejemplo, comprende posiblemente una capa de prefiltración aguas arriba de al menos la mezcla de hierro-soporte granular, teniendo la capa de prefiltración una permeabilidad al menos diez veces mayor que la de la mezcla de hierro-soporte granular y/o un contenido de hierro, por ejemplo, entre aproximadamente 20 % y aproximadamente 40 % en masa.

- 20 También se propone, según otro aspecto, una mezcla para el tratamiento de aguas contaminadas con mercurio que comprende hierro y un soporte granular químicamente inerte; que comprende, por ejemplo, arena y/o grava silíceas, perlas de sílice, vidrio o incluso, dado el caso, determinados materiales plásticos, preferentemente arena.

Tal mezcla incluye por ejemplo todas o parte de las características descritas anteriormente, independientemente del dispositivo.

- 25 En particular, se propone utilizar una mezcla de este tipo que comprende hierro y un soporte granular químicamente inerte para tratar agua contaminada con mercurio.

En particular, dicha mezcla se utiliza ventajosamente en un dispositivo como el descrito anteriormente.

También se propone, según otro aspecto más, un procedimiento para tratar aguas contaminadas con mercurio mediante un dispositivo que comprende todas o parte de las características descritas anteriormente, que comprende:

- Una etapa de introducir un volumen de agua en el recinto del dispositivo a través de la entrada de agua del dispositivo;
- 30 - Una etapa de tránsito del volumen de agua en contacto con el reactivo de filtración, durante un tiempo de residencia igual o inferior a dos horas, por ejemplo entre aproximadamente cinco minutos y aproximadamente veinte minutos;
- Una etapa de precipitación de mercurio, con hierro de la mezcla de hierro-soporte granular del reactivo de filtración, que comprende una etapa de reducción de mercurio y una etapa de formación de microgotas de mercurio;
- Una etapa de formación de sulfuro mercúrico (HgS) por reacción de mercurio reducido y azufre elemental; y
- 35 - Una etapa de extraer el volumen de agua del dispositivo a través de la salida de agua del dispositivo.

El procedimiento presenta así ventajas similares a las descritas en relación con el dispositivo.

- 40 La invención, según un ejemplo de realización, se comprenderá bien y sus ventajas aparecerán mejor con la lectura de la descripción detallada que sigue, dada a título meramente informativo y de ningún modo limitativo, con referencia a la Figura 1 que presenta una sección transversal esquemática de un dispositivo según un ejemplo de realización de la invención.

El dispositivo comprende principalmente un recinto 1.

Un recinto o tanque de este tipo tiene típicamente una forma generalmente cilíndrica. Generalmente está fabricado en acero inoxidable o polietileno de alta densidad. El recinto incluye a menudo, por ejemplo, una trampilla de acceso que permite acceder al recinto y/o, por ejemplo, llenarlo y/o vaciarlo con reactivo de filtración.

- 45 Se trata, por ejemplo, de un depósito con una capacidad de unos pocos metros cúbicos, por ejemplo 1 m^3 a varios metros cúbicos.

El dispositivo comprende una entrada 3 de agua a tratar en el recinto 1, por ejemplo en forma de un canal que atraviesa una pared del recinto 1 en un lado del recinto, y una salida 4 de agua tratada fuera del recinto, por ejemplo, en forma de un canal que atraviesa la pared del recinto 1 en el otro lado del recinto.

Aquí la salida 4 está opuesta a la entrada 3 a lo largo de un eje D del recinto que se extiende generalmente verticalmente.

En particular, la entrada 3 está aquí formada en la parte inferior del recinto 1 y la salida 4 está formada en la parte superior del recinto 1 de manera que el agua ingresa por una base del recinto 1 y luego lo cruza verticalmente hasta la salida 4, en un flujo ascendente.

El recinto 1 también está equipado aquí con una rejilla 2.

La rejilla 2 está dispuesta, por ejemplo, entre la entrada 3 y la salida 4, aquí hacia la base del recinto, es decir, en la presente realización, más cerca de la entrada 3 que de la salida 4.

Además, está dispuesta en una sección del recinto 1 a través de su eje D. En otras palabras, la rejilla está dispuesta para ser atravesada por el flujo de agua que pasa a través del recinto entre la entrada 3 y la salida 4. La rejilla 2 favorece así una mejor homogeneidad de la distribución del agua en toda una sección del recinto.

El dispositivo comprende además, en el recinto, un reactivo de filtración 5, 6, 7.

El reactivo de filtración se encuentra en la rejilla 2.

Así, aquí, el reactivo de filtración se coloca entre la rejilla 2 y la salida 4, de modo que el agua a tratar ingresa al recinto a través de la entrada 3, pasa a través de la rejilla 2, el reactivo de filtración 5, 6, 7, luego, una vez procesado, sale del recinto por la salida 4.

La entrada 3 de agua a tratar en el recinto está aguas arriba del reactivo de filtración 5, 6, 7 y la salida 4 de agua tratada al exterior del recinto está aguas abajo del reactivo de filtración.

En el presente ejemplo de realización el reactivo de filtración presenta varias capas, en particular tres capas. Cuando se utiliza el dispositivo, el agua pasa así sucesivamente a través de las diferentes capas de reactivo de filtración, en particular aquí una primera capa 5, una segunda capa 6 y finalmente una tercera capa 7, en este orden.

En este caso, la primera capa 5 del reactivo de filtración es, por ejemplo, una capa de prefiltración. Una capa de este tipo está configurada, por ejemplo, para eliminar el oxígeno disuelto en agua.

La segunda capa 6 del reactivo de filtración comprende, por ejemplo, una mezcla de hierro y arena configurada para reducir y acumular el mercurio que contamina el agua a tratar.

La tercera y aquí última capa 7 del reactivo de filtración es, por ejemplo, una capa de postfiltración que comprende, por ejemplo, gránulos de carbón activado.

Los espesores y volúmenes de cada una de las capas se calculan, por ejemplo, en función de un tiempo de residencia necesario y/o deseado.

Un ejemplo del uso de una mezcla de hierro-arena para un dispositivo para tratar agua contaminada con mercurio se estudió en el laboratorio y se describe a continuación.

Tabla 1: Características de la prueba

Configuración	Unidad	Valores
Relación hierro/arena	m/m	10/90
Tamaño de las partículas de hierro	μm	80-140
Tamaño del grano de arena	mm	0-4
Carga de volumen	$\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^3$	6,0
Tiempo de residencia	mín.	10

El porcentaje de hierro en la mezcla de hierro y arena es del 10% en masa (la unidad m/m en la Tabla 1 significa masa/masa). El tamaño de partícula del hierro está entre 80 μm y 140 μm y el de la arena de sílice entre 0 mm y 4 mm. La carga volumétrica representa una relación entre el caudal de agua en m^3/hora y el volumen de reactivo de filtración en m^3 .

Se utilizó agua contaminada por mercurio metálico (Hg^0 , SUEZ CHEMICALS) y/o mercurio iónico (Hg^{2+}).

En particular, 5 litros (cinco litros) de agua a tratar fueron dopados con mercurio en forma metálica Hg^0 y HgCl_2 iónico bivalente de la siguiente manera.

Se colocaron unas cuantas gotas de mercurio en los 5 litros de agua. El conjunto se colocó sobre una mesa giratoria durante cuatro (4) horas. Después de mezclar, la concentración de mercurio en el agua es de 15 µg/L.

Luego, la concentración de mercurio se ajustó a 30 µg/L añadiendo HgCl₂ (adición de 80 µL de una solución de 1 g/L de HgCl₂).

- 5 Se llevaron a cabo varias pruebas con una concentración de mercurio total en agua entre aproximadamente 10 µg/L y aproximadamente 400 µg/L, como se resume en la siguiente tabla.

Tabla 2: Resultados de la prueba

<i>Concentración de entrada de mercurio (Hg⁰ y/o Hg²⁺) en el agua a tratar</i>	<i>Concentración de salida de mercurio (Hg⁰ y/o Hg²⁺) en agua tratada</i>	<i>Reducción</i>
µg/L	µg/L	%
11,0	<1	100
13,5	<1	100
29,7	<1	100
30,5	<1	100
155	<1	100
176	7,6	96
198	12,8	94
361	3,1	99
389	11,8	97

- 10 El agua contaminada con mercurio se bombea mediante una bomba peristáltica y luego pasa a través de la mezcla de hierro y arena al 10% colocada en un cartucho filtrante de 10 ml con un impulso de 5. El mercurio se mide en la entrada y en la salida (por ejemplo mediante SAA - espectrometría de absorción atómica - (analizador Hg3000, SMT)).

El caudal de la bomba peristáltica se establece en 1 ml/min.

Inicialmente, a través del cartucho circulaba agua contaminada a aproximadamente 30 µg/L y luego agua más concentrada a 400 µg/L.

- 15 El agua contaminada con alrededor de 30 µg/L de mercurio se trata en su totalidad tras pasar por la mezcla.

La concentración residual en la salida del cartucho es mucho menor que 1,0 µg/L. La reducción se considera del 100% a esta concentración.

- 20 Para concentraciones más altas, por ejemplo del orden de 200 µg/L, la concentración residual máxima medida es aproximadamente 12,8 µg/L. La reducción es, por tanto, superior al 93,5%, para un tiempo de estancia de sólo 10 minutos.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para tratar aguas contaminadas con mercurio que comprende: un recinto (1) que contiene un reactivo de filtración (5, 6, 7), una entrada (3) de agua a tratar en el recinto (1) aguas arriba del reactivo de filtración (5, 6, 7) y una salida (4) de agua tratada del recinto (1) aguas abajo del reactivo de filtración (5, 6, 7), comprendiendo el reactivo de filtración (5, 6, 7) una mezcla (6) de hierro y un soporte granular químicamente inerte, donde el hierro se utiliza por su poder reductor y es hierro metálico o una aleación que contiene hierro, caracterizado porque el reactivo de filtración comprende además al menos un aditivo, comprendiendo el al menos un aditivo azufre elemental.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque una relación $N = D_{15}/d_{85}$, correspondiendo D_{15} al diámetro que pasa del soporte granular al 15% en masa y d_{85} al diámetro que pasa del hierro al 85% en masa, es igual o inferior a 11, preferiblemente está entre aproximadamente 3 y aproximadamente 5.
3. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque el hierro se presenta en forma de perdigones, polvo y/o virutas, o cualquier otra forma fraccionada que permita la penetración del agua.
4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el soporte granular químicamente inerte comprende arena y/o grava silíceas, perlas de sílice, vidrio o incluso materiales plásticos.
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la mezcla (6) comprende entre aproximadamente 1% y aproximadamente 50% en masa de hierro, preferiblemente entre aproximadamente 1% y aproximadamente 25% en masa, o incluso preferiblemente entre aproximadamente 5% y aproximadamente 20% en masa.
6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque el al menos un aditivo comprende al menos una resina de intercambio iónico específica.
7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque el al menos un aditivo comprende carbón activado.
8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el al menos un aditivo se mezcla con la masa de la mezcla de hierro-soporte granular.
9. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque dicho al menos un aditivo constituye al menos una capa independiente, instalada aguas arriba y/o aguas abajo de la mezcla de hierro-soporte granular (6).
10. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque el reactivo de filtración (5, 6, 7) comprende varias capas configuradas para ser atravesadas sucesivamente por el agua a tratar.
11. Dispositivo según la reivindicación 10, caracterizado porque el reactivo de filtración (5, 6, 7) comprende una capa de prefiltración (5) aguas arriba de al menos la mezcla de hierro-soporte granular (6), teniendo la capa de prefiltración (5) una permeabilidad al menos diez veces mayor a la de la mezcla de hierro-soporte granular (6) y/o un contenido de hierro de entre aproximadamente un 20% y aproximadamente un 40% en masa.
12. Uso de una mezcla (6) que comprende hierro y un soporte granular químicamente inerte en un reactivo de filtración para el tratamiento de agua contaminada con mercurio, donde el hierro se utiliza por su poder reductor y es hierro metálico o una aleación que contiene hierro, y el reactivo de filtración que comprende además al menos un aditivo, comprendiendo el al menos un aditivo azufre elemental.
13. Procedimiento para tratar aguas contaminadas con mercurio mediante un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende:
 - Una etapa de introducir un volumen de agua en el recinto (1) del dispositivo a través de la entrada de agua (3) del dispositivo;
 - Una etapa de tránsito del volumen de agua en contacto con el reactivo de filtración (5, 6, 7), por un tiempo de residencia igual o inferior a dos horas;
 - Una etapa de precipitación de mercurio, con el hierro procedente de la mezcla de hierro-soporte granular (6) del reactivo de filtración (5, 6, 7), que comprende una etapa de reducción de mercurio y una etapa de formación de microgotas de mercurio;
 - Una etapa de formación de sulfuro de mercurio (HgS) por reacción de mercurio reducido y azufre elemental; y
 - Una etapa de extracción del volumen de agua del dispositivo a través de la salida de agua (4) del dispositivo.

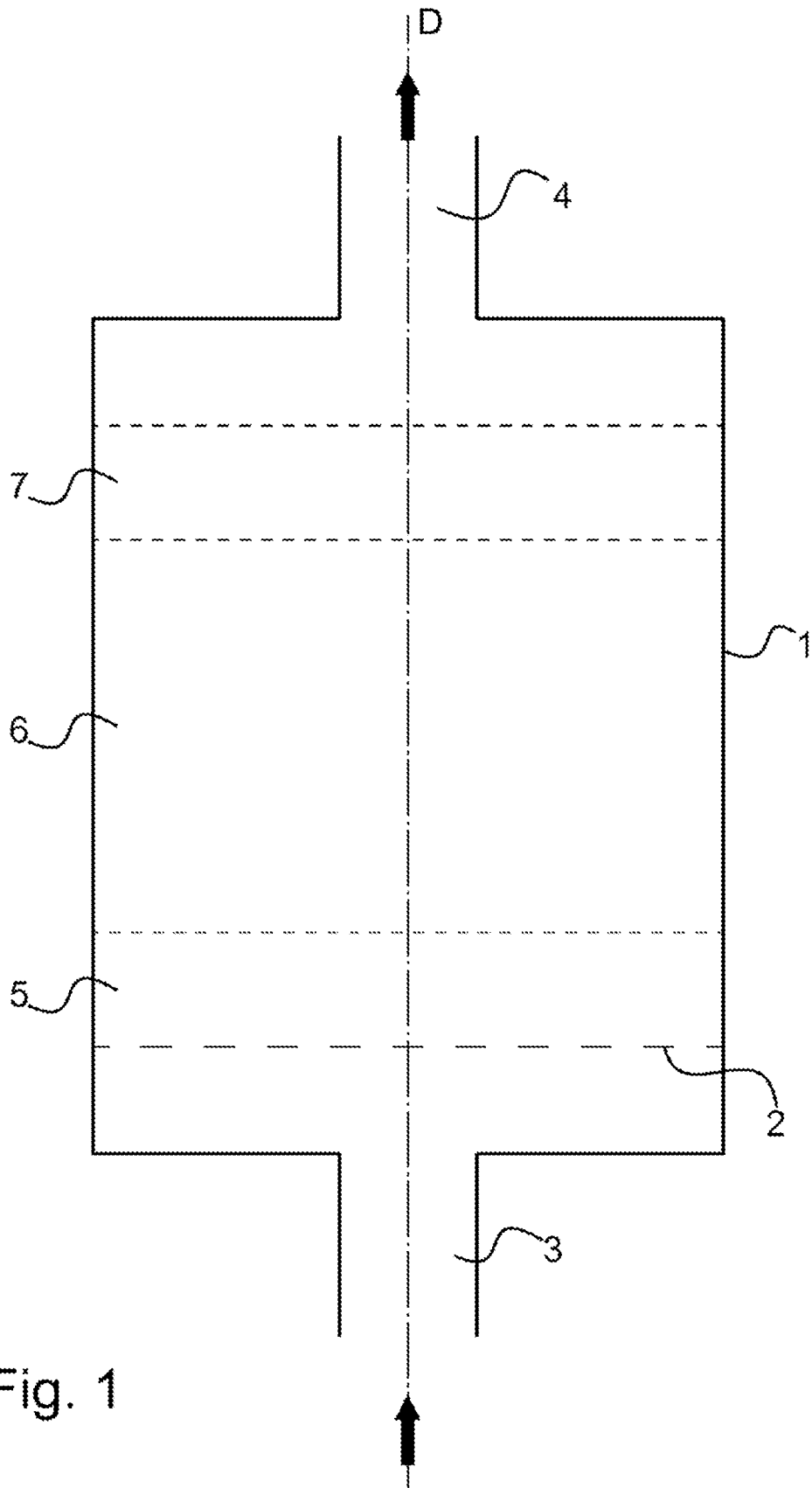


Fig. 1