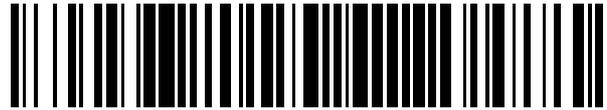


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 917**

51 Int. Cl.:

B01D 24/14 (2006.01)

B01D 24/46 (2006.01)

B01D 35/02 (2006.01)

C02F 1/00 (2006.01)

E03F 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2007 E 07719901 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.10.2014 EP 2114545**

54 Título: **Filtro de arena de baja presión de filtración**

30 Prioridad:

03.01.2007 US 883197 P

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

02.02.2015

73 Titular/es:

**OASIS FILTER LTD. (100.0%)
2525 MACLEOD TRAIL S.W.
CALGARY, AB T2G 5J4, CA**

72 Inventor/es:

MANZ, DAVID H.

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 527 917 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

Filtro de arena de baja presión de filtración

5 **SECTOR DE LA INVENCION**

[0001] Esta invención se refiere a un nuevo filtro de arena de baja presión de filtración.

10 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

10 **[0002]** Los diseños tradicionales o convencionales de filtración de arena son soluciones de tratamiento de agua satisfactorias y efectivas en muchas aplicaciones a gran escala. Sin embargo, las demandas de su funcionamiento preciso para lograr el rendimiento requerido para satisfacer las cada vez más estrictas regulaciones de tratamiento de agua resultan a menudo en capital excesivo y cargas financieras operativas. Las instalaciones de tratamiento de agua que son de manejo complejo, generan un volumen excesivo de aguas residuales o utilizan productos químicos, que pueden ser difíciles de manejar adecuadamente y complican aún más la eliminación de aguas residuales, no son deseables. Las instalaciones de tratamiento de aguas complejas requieren operarios de planta más cualificados, que pueden no estar disponibles o accesibles en muchas circunstancias.

20 **[0003]** La patente US N° 6.123.858, concedida el 26 de septiembre 2000, de David H. Manz, describe un nuevo filtro de arena lento intermitente y un procedimiento de uso del filtro intermitente. Más particularmente, esta invención se refiere a un nuevo filtro de arena lento, que sigue siendo eficaz, incluso cuando se opera de forma intermitente, y que se puede limpiar periódicamente sin perturbar la acción del filtro intermitente. El aparato de filtro de arena lento comprende un recipiente que tiene una porción superior y una porción inferior; una entrada de agua en la porción superior del recipiente, la entrada de agua está conectada a un suministro de agua; un material de filtro que llena al menos la parte inferior del recipiente, teniendo el material de filtro una superficie superior por debajo de la entrada de agua; una capa schmutzdeuke en la superficie superior del material de filtro; una salida de agua en la parte inferior del recipiente por debajo de la superficie superior del material de filtro; y un dispositivo de mantenimiento del nivel de agua en la parte superior que mantiene el agua en la parte superior del contenedor en un nivel de mantenimiento por encima de la superficie superior del material de filtro, siendo el nivel de mantenimiento un equilibrio entre

(1) un nivel de mantenimiento de agua que es suficientemente profundo para que el agua que cae de la entrada de agua en la parte superior del agua en el recipiente no perturbe significativamente la capa schmutzdeuke; y

35 (2) un nivel de mantenimiento de agua que es suficientemente poco profundo para que el oxígeno del aire por encima del nivel de agua pueda difundirse a través del agua y llegar a la capa schmutzdeuke de modo que la capa schmutzdeuke se mantenga en condición de vida, incluso cuando no hay flujo de agua a través de la entrada de agua.

40 **[0004]** Un filtro de agua biológico de arena (BSF) se describe en detalle en un documento titulado "Nuevos horizontes para filtración de arena lenta". El BSF es una tecnología patentada de filtración de agua que surgió a partir de una extensa evaluación y experiencia con filtros tradicionales de arena lentos, de arena rápidos y de arena a presión. El BSF es una variación eficaz, compacta, simple y de bajo coste de filtración lenta que es particularmente útil en los casos en que se necesitan soluciones de tratamiento de calidad que deben presentar un coste mínimo y los inconvenientes de operación manual simple y limpieza son apropiados. Por esta razón, más de 300.000 de BSF, con capacidades que van desde los 20 litros por hora a 120.000 litros por hora se utilizan en más de 70 países. GB 2 388 557 se refiere a un sistema de tratamiento que tiene cuatro capas de material particulado inerte de modo que desde una capa superior a una capa de fondo, el grosor de las partículas decrece mientras aumenta la densidad del material particulado. Las capas forman un filtro o lecho fluidizable soportado sobre una placa de base perforada dentro de una columna que tiene un puerto de entrada conectado a una alimentación bombeada de agua tratada a la que se permite fluir desde la primera capa a la cuarta capa y salir del sistema como agua tratada. El sistema incluye medios para lavar a contracorriente el filtro.

50 **[0005]** WO 02/36234 describe un Sistema de tratamiento de agua apropiado para la eliminación de Cryptosporidium oquistes del agua que incluye un lecho filtrante que comprende cuatro capas de material particulado inerte de modo que desde una capa superior a una capa de fondo, el grosor de las partículas decrece mientras aumenta la densidad del material particulado.

60 **[0006]** Los ejemplos citados de la técnica y las limitaciones relacionadas con estos pretenden ser ilustrativos y no exclusivos. Otras limitaciones de la técnica relacionada se harán evidentes para los expertos en la materia después de una lectura de la memoria descriptiva y un estudio de los dibujos.

RESUMEN DE LA INVENCION

65 **[0007]** Las siguientes formas de realización y aspectos de la misma se describen y se ilustran en conjunción con los sistemas, herramientas y procedimientos que están destinados a ser ejemplos e ilustrativos, no limitativo en el

alcance. En diversas realizaciones, uno o más de los problemas descritos anteriormente se han reducido o eliminado, mientras que otras realizaciones están dirigidas a otras mejoras. La invención se refiere a un filtro de arena de baja presión de filtración que comprende

(a) un lecho de material multi-capa que comprende capas de cuarzita triturada, en el que (i) las dos capas superiores tienen una granulometría eficaz de menos de 0.35 mm y un coeficiente de uniformidad de 2.05 o menos;

(ii) la capa superior tiene una granulometría eficaz de 1/2 o menos de una segunda capa de filtración;

(iii) la capa de drenado más fina (superior) tiene una granulometría eficaz al menos 2 veces la de la capa de filtración inmediatamente superior por encima y un coeficiente de uniformidad de 2 o menos; y

(iv) unas capas de drenado por debajo de la capa de drenado más fina (superior) son suficientemente anchas para impedir el mezclado de las capas;

en el que el material filtrado se recoge en una capa superficial;

(b) un sistema de entrada de agua no tratada;

(c) un sistema de drenaje de salida;

(d) un sistema de recolección y de salida de agua filtrada; y

(e) un sistema de entrada de agua de lavado a contracorriente, de recolección y de salida de sifón, siendo dicha entrada de agua de lavado a contracorriente controlable para introducir agua de lavado a contra-corriente en el filtro para romper la capa superior para volver a poner en suspensión el material filtrado recolectado, en el cual las dos capas superiores del lecho de material se fluidizan cuando el agua de lavado a contra-corriente se introduce a través de la entrada de agua de lavado a contracorriente.

[0008] Además de los aspectos ofrecidos a modo de ejemplo y realizaciones descritos anteriormente, otros aspectos y realizaciones serán evidentes con referencia a los dibujos y mediante el estudio de las siguientes descripciones detalladas.

DIBUJOS

[0009] Los ejemplos de realizaciones se ilustran en las figuras referenciadas de los dibujos. Se pretende que las realizaciones y figuras descritas en este documento han de considerarse ilustrativas en lugar de restrictivas.

La figura 1 ilustra una vista superior del filtro de arena de baja presión de filtración con elementos de sistema y flujo de agua.

La figura 2 ilustra una sección transversal del filtro A' -A de la figura 1.

La figura 3 ilustra un alzado de un sistema de entrada de agua sin tratar.

La figura 4 ilustra un alzado de un sistema de recolección y de salida de agua filtrada (*standpipe*).

La figura 5 ilustra un alzado de una entrada de sistema de agua de lavado a contracorriente.

La figura 6 ilustra un alzado de un sistema de recolección de agua de lavado a contra-corriente colección y desalida de sifón.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0010] En toda la descripción siguiente los detalles específicos se exponen con el fin de proporcionar una comprensión más completa para las personas expertas en la materia. Sin embargo, los elementos bien conocidos puede que no se hayan mostrado o descrito en detalle para evitar oscurecer innecesariamente la descripción. En consecuencia, la descripción y los dibujos han de considerarse con carácter ilustrativo, y no restrictivo.

[0011] Es necesario revisar las características importantes de tecnologías de filtración de arena de uso común con el fin de apreciar las ventajas importantes del filtro de arena de baja presión de filtración (LHPF), tal como se describe y reivindica en la presente solicitud.

Filtros de Arena rápidos y de Presión

[0012] Ambos filtros de agua de arena rápidos y a presión (a menudo llamados filtros multi-medios cuando los medios del lecho del filtro se componen de más de un tipo de material o de dos o más de los materiales tales como cuarcita, antracita o arena granate) son de uso general como filtros de pulido en las plantas de tratamiento de agua.

Los filtros rápidos de arena se han venido utilizando durante más de cien años. Los filtros de arena rápidos y de presión se utilizan normalmente como parte de los sistemas municipales de tratamiento de agua convencionales en los que el tratamiento previo se proporciona mediante la adición de coagulantes al agua, lo que permite la formación de témpanos de coagulantes que capturan las partículas muy pequeñas (incluyendo quistes de parásitos y ooquistes) y algunos compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos. El agua que contiene los témpanos se envía entonces a clarificadores o balsas de decantación donde se asientan fuera del agua. El "agua clarificada" se envía entonces a los filtros de arena rápidos (que son de control relativamente simple) o a filtros de arena de presión (que son de control más complejo) para el pulido final antes de la desinfección

[0013] No es común o práctico utilizar cualquiera de los filtros de arena rápidos o a presión para la eliminación de pequeñas cantidades de hierro o manganeso oxidado ya que los témpanos que contienen estos metales son a menudo demasiado pequeños para ser capturados de manera eficiente. Se utilizan comúnmente otros tipos de

medios de filtro, con una afinidad para la adsorción de hierro y manganeso, tales como una zeolita natural conocida como arena verde. Estos medios tienen que ser regenerados químicamente y se producen cantidades significativas de aguas residuales con cargas químicas en el proceso.

5 **[0014]** Los filtros de arena rápidos son filtros de arena que funcionan por gravedad; es decir, la superficie del agua sin tratar no está presurizada para proporcionar la fuerza necesaria para hacer que el agua se mueva a través del filtro. La fuerza de filtrado requerida se proporciona mediante una profundidad de agua sobre los medios de filtro durante el funcionamiento, a menudo un metro o más. Durante la operación, un filtro de arena rápido se asemeja a una piscina. Los filtros de arena rápidos normalmente tienen una tienen lechos profundos multicapa y de medios de
10 múltiples materiales, la mayoría de los cuales hace de interfaz con un sistema de drenaje muy extenso y, a menudo masivo que también sirven como entrada y distribución de grandes volúmenes de agua tratada utilizados en el proceso de lavado. Los filtros de arena rápidos tienden a ser de estructura muy grande.

15 **[0015]** Los filtros de arena a presión están totalmente contenidos en un recipiente cerrado especialmente diseñado para resistir las fuerzas resultantes de la operación a baja presión. Los filtros de arena a presión son muy compactos en comparación con los filtros de arena rápidos. De manera similar a un filtro de arena rápido, un filtro de presión contiene varias capas de medios de diferentes tamaños y materiales. Los filtros de presión normalmente utilizan un sistema de drenaje / lavado muy compacto. Cuando no se llenan con medios, los filtros de arena a presión son relativamente ligeros de peso y se transportan fácilmente. Los medios se añaden una vez que los filtros se despliegan y la tubería necesaria se fija. Los filtros de presión de gran capacidad pueden ser de varios metros de
20 diámetro.

[0016] Tanto los filtros de arena rápidos como los presión fuerzan el agua a través del filtro. El material particulado es capturado en rangos estrechos del lecho filtrante, dependiendo de su diseño, hasta que ya no hay lugares dentro
25 de los medios para el atrapamiento de partículas. En este momento, el agua, que todavía contiene el material en partículas sucio, es forzada completamente a través del filtro y el filtro presenta lo que se conoce como fenómenos de "ruptura ". La ruptura se detecta por un aumento en la turbidez del agua filtrada (el agua tratada se monitoriza continuamente utilizando medidores de turbidez y alarmas en línea). Antes de que se produzca o se detecte el inicio de la ruptura, los filtros de arena rápidos y de presión se limpian utilizando un proceso de lavado a contracorriente muy violento. Unas purgas de aire y agua y, a menudo rastrillos mecánicos pueden ser utilizados para ayudar en el
30 proceso de limpieza. El proceso de lavado a contracorriente del agua se continúa hasta que las aguas residuales producidas se vuelven claras. El filtro se vuelve a poner en producción y funciona con agua de producción enviada a rechazo hasta que el agua producida exhibe una turbidez suficientemente baja. En ese momento, el agua producida se envía al almacenamiento de agua tratada. El volumen de aguas residuales producidas por los filtros de arena
35 rápidos y de presión durante el proceso de lavado a contracorriente es grande. Durante un lavado los medios en el lecho filtrante se estratifican en capas con el material más fino y ligero concentrado en la parte superior. Si el proceso de lavado, o el pre-tratamiento que se utiliza antes de la filtración, no se llevan a cabo con cuidado los medios de filtro pueden ser dañados (formación de bolas de barro, cortocircuitos, escape de granulados, etc.). Si se utilizan coagulantes y otros productos químicos de desarrollo de témpanos o de mejora de la captura, las aguas residuales generadas durante la limpieza pueden presentar un problema de eliminación..
40

[0017] Las características mínimas de las camas de medios, tanto para filtros de arena rápidos y de presión están especificados por la American Water Works Association. No obstante, sigue habiendo una gran oportunidad para los
45 diseños personalizados. El diseño final de la mayoría de los sistemas de filtros de arena rápidos significativos, y con menor frecuencia, los sistemas de filtros de presión se evalúan y se confirman mediante un representante de la planta piloto del diseño final y del entorno de funcionamiento.

Filtros de Arena Lentos Tradicionales y Filtros de Agua de BioArena

50 **[0018]** Los Filtros de Arena Lentos Tradicionales (SSF) y más recientemente los Filtros de Agua de BioArena (BSF) (una variación importante del filtro de arena lento) son conocidos por su capacidad para eliminar partículas muy pequeñas inorgánicas y orgánicas, vivas y de materiales muertos en agua. Las sustancias inorgánicas incluyen toda la variedad de material en suspensión incluyendo arena, limo, materiales coloidales floculados y hierro y manganeso oxidados y sustancias absorbidas por estos (como el arsénico). Las sustancias orgánicas incluyen patógenos en
55 forma de parásitos, bacterias y virus. El filtro se hace funcionar de tal manera que en el filtro se desarrolla una capa biológica o schmutzdecke en la superficie del lecho de medios. Las características de eliminación del schmutzdecke se conocen desde hace más de ciento cincuenta años. El estándar de rendimiento del filtro de arena lento y del BSF se atribuye directamente a su tasa de carga superficial baja, aproximadamente un décimo o menos de la de los filtros de arena rápidos y de presión, en combinación con los cabezales operativos bajos y el material de grano fino
60 en la superficie del lecho. En consecuencia, los filtros de arena lentos tienen áreas superficiales diez o más veces mayores que las de los filtros de arena rápidos con carga de superficie similar. Los BSF 's pueden tener superficies de cinco a diez veces más grandes que los filtros de arena rápidos con carga similar. La principal limitación de la filtración de arena lenta ha sido la dificultad en la limpieza del lecho del filtro una vez que los poros en su superficie están tapados hasta el punto de que el flujo a través del filtro se reduce a tasas inaceptables. El BSF supera las
65 limitaciones de limpieza de filtros de arena lentos tradicionales mediante la sustitución del procedimiento de eliminación de la capa superficial por la capacidad de en su lugar limpiar esta capa, o en otras palabras, volviendo a

suspender el material capturado en la superficie de los medios usando un flujo inverso suave y mediante agitación de superficie y por decantación del agua por encima de la superficie del medio, que ahora contiene el material capturado, hacia el rechazo. Como los filtros de arena lentos tradicionales son tan difíciles de limpiar su uso no se recomienda para el filtrado de agua con turbidez superior a 20 NTU o agua que contiene hierro y manganeso oxidados. El BSF supera estas limitaciones proporcionando un sistema de limpieza fácil de realizar y simple. Sin embargo, el sistema de limpieza utilizado por el BSF se vuelve más complejo y caro de instalar, ya que los filtros se acercan a la escala utilizada típicamente en pequeñas a grandes aplicaciones municipales.

[0019] El lecho de material en filtros de arena lentos típicos se compone generalmente de material con un tamaño efectivo, d_{10} , de 0,35 mm o menos, con un coeficiente de uniformidad de 3,0 o menos. Se cree en general que cuanto menor son el d_{10} y el coeficiente de uniformidad, mejores prestaciones tendrá el filtro. También se requiere que los medios filtrantes cumplan los estándares americanos Water Works Associate (AWWA) de dureza y pureza, AWWA - B -100, un requisito que se logra típicamente utilizando cuarcita aplastada y lavada o materiales similares. Es importante que los medios de filtrado no tengan partículas hechas de esquisto o de piedras de barro blandos que son ricos en metales oxidados. La AWWA especifica una profundidad mínima de lecho filtrante, sin incluir los materiales de desagüe inferior, de aproximadamente 0,6 metros, aunque no hay literatura o de investigación de datos que apoyen el uso de un lecho más profundo "mínimo". En filtros de arena lentos tradicionales se han usado lechos de más de 1,0 metros para permitir varias 'limpiezas'. Cada limpieza elimina hasta 5 cm antes de que se requiera una sustitución de lecho o limpieza del lecho filtrante. La profundidad de 0,6 m se ha atribuido históricamente a la profundidad mínima requerida para la desactivación de virus, aunque esto nunca se ha determinado de manera concluyente. Cuando el agua se desinfecta después de la filtración, se consiguen de forma rutinaria matar o desactivar el 100% de virus o bacterias, igual que cuando se utiliza el tratamiento de agua convencional utilizando la coagulación, la clarificación y filtración de arena rápida o a presión. Se requieren adiciones de cloro al agua tratada (o agua que no requiere tratamiento) en toda América del Norte en la medida en que las concentraciones mínimas de cloro residual se detectan en todos los puntos de uso en toda la comunidad a la que se sirve. Es importante señalar que todos los patógenos que no se matan o desactivan fácilmente por cloración, tales como los quistes y ooquistes de *Giardia* y *Cryptosporidium*, deben ser eliminados. Esta tarea se lleva a cabo fácilmente mediante la tecnología de filtración lenta y con cierta dificultad mediante los sistemas de tratamiento mediante arena rápidos o la tecnología de filtración de arena a presión. La filtración en arena lenta no presenta 'ruptura' de agua cruda tratada inadecuadamente. Además, se requieren filtros de arena rápidos y a presión para "producir a residuo", que es la práctica del funcionamiento de los filtros, después de la limpieza, de tal manera que el agua producida se envía a la eliminación o desecho hasta que capturan suficiente material para mejorar su capacidades de filtración de modo que se produce agua de una calidad de la cual se puede asumir con confianza que contiene ooquistes o quistes u organismos patógenos. Los Filtros de arena lentos demuestran su capacidad para eliminar las partículas en suspensión inorgánicas desde el momento en que se colocan de nuevo en funcionamiento, a pesar de que los filtros de arena lentos tradicionales pueden requerir varios días para restablecer su capacidad para eliminar bacterias y virus. Debido a que los medios del BSF se limpian in situ nunca pierden su capacidad para eliminar las bacterias y los virus.

40 Filtro de arena de baja presión de filtración (LHPF)

[0020] El filtro de arena de baja presión de filtración (LHPF) según la invención es una mejora importante y surgió de la necesidad de proporcionar una solución efectiva, físicamente simple, operacionalmente simple y robusto, de bajo coste de tratamiento de agua para su uso en el tratamiento de agua en plantas a pequeña escala en circunstancias en las que el capital y los recursos operativos son limitados. El LHPF combina la capacidad de tratamiento de agua del Filtro de BioArena de agua (BSF) con el procedimiento y la aparente comodidad de limpieza asociada con los filtros de arena rápidos y de presión (El pulido de agua se refiere a la capacidad de un filtro para eliminar partículas muy pequeñas del agua.) El diseño del LHPF elimina la producción de un volumen excesivo de aguas residuales y la necesidad de un amplio pre-tratamiento y el uso de productos químicos.

[0021] El diseño del filtro de arena de baja presión de filtración (LHPF) presenta la misma capacidad de eliminación de partículas que la filtración de arena lenta o la tecnología BSF pero incorpora un sistema único de limpieza in situ tiene la misma simplicidad de diseño y operación que los utilizados en los filtros de arena a presión (sin la necesidad del drenaje inferior y el sistema de lavado a contracorriente masivos característicos de filtros de arena rápidos), y la producción de muy bajos volúmenes de aguas residuales similares a los asociados con la tecnología BSF. A su vez, el LHPF es relativamente simple y barato de diseñar, construir, casa y operar en comparación con la filtración de arena lenta tradicional y la filtración de arena rápida y a presión. La figura 1 ilustra una vista superior del filtro de arena de baja presión de filtración con elementos de sistema y flujo de agua. La tubería de recolección del agua de lavado a contra-corriente, el sistema de drenaje de salida, la pared exterior vertical del filtro, el estanque de difusión, la salida de sifón para el agua de lavado a contra-corriente, las tuberías para el agua no tratada y el agua de lavado a contra-corriente a rechazo, la alimentación de agua tratada a la entrada de agua de del sistema de alimentación de lavado a contracorriente, el agua tratada a almacenamiento y la tubería vertical y el sistema de alimentación de entrada de agua de lavado a contracorriente se indican mediante cajas y líneas gruesas. La figura 2 ilustra una sección transversal del filtro A'-A de la figura 1. El sistema de entrada de agua sin tratar, el exterior vertical de la pared y el suelo del filtro, el sistema de recolección y salida del agua de lavado a contra-corriente, los medios de filtrado comprenden dos capas de filtración superiores y las tres capas de fondo de drenado inferior, y el sistema de

drenaje de salida se indican mediante cajas y líneas gruesas. La figura 3 ilustra un alzado de un sistema de entrada de agua sin tratar. El tubo de entrada, el estanque de difusión, la válvula con flotador, la válvula de control de entrada de agua sin tratar, la tubería for el suministro de agua sin tratar y la pared vertical exterior y el suelo del filtro se indican mediante cajas y líneas gruesas. La figura 4 ilustra un alzado de un sistema de recolección y de salida de agua filtrada (tubería vertical). La tubería vertical incluye la parte entera del sistema de salida del agua filtrada conectada a the underdrain a la parte alta de la conexión en T, la válvula de liberación de aire/vacío, la válvula de ajuste del caudal de agua filtrada, la válvula de aislamiento del agua de lavado a contracorriente, la válvula de control del agua filtrada, la tubería para el agua filtrada a almacenamiento, la conexión en T a la entrada del sistema de agua de lavado a contracorriente, la tubería para el sistema de recolección de agua filtrada/ drenada inferiormente, y la pared exterior vertical y el del filtro se indican mediante cajas y líneas gruesas. La figura 5 ilustra un alzado de un sistema de entrada de agua de lavado a contracorriente. La pared exterior vertical y el suelo del filtro, la tubería para el drenaje inferior, la conexión ala tubería vertical y la tubería para la alimentación de agua tratada utilizada para el retro-lavado se indican mediante cajas y líneas gruesas. La figura 6 ilustra un alzado de un sistema de recolección de agua de lavado a contra-corriente y se salida de sifón. La salida de sifón, la válvula de control de flujo de agua de rechazo, la válvula de operación de agua de rechazo, la tubería para el tratamiento de rechazo y la pared exterior vertical y el suelo del filtro se indican mediante cajas y líneas gruesas.

Características de diseño

[0022] El diseño del LHPF incorpora todos los beneficios de tratamiento y estructurales asociados a los filtros de agua de BioArena con la sencillez y la comodidad de limpieza asociadas con filtros de arena a presión.

[0023] El LHPF utiliza un lecho de filtro único que tiene características de filtración que son iguales o mejores que el BSF, pero que eliminan el rascador de superficie utilizado en la BSF para romper la superficie del lecho de medio durante la limpieza. El LHPF también incorpora un sistema de drenaje y lavado a contracorriente similar al utilizado en los filtros de presión.

[0024] El flujo de agua filtrada en el LHPF se controla mediante un sistema de salida de 'tipo vertedero ' (columna de subida de salida) conectado directamente al sistema de desagüe inferior del filtro. Este concepto es similar al utilizado con los filtros de arena lentos tradicionales y el BSF. El uso del tubo vertical de salida asegura que el lecho de filtro no puede ser deshidratado; un hecho que permitiría la entrada de aire en el lecho del medio y el riesgo de unión del aire que sólo podría resolverse mediante el inicio de un ciclo de lavado. Se establece el caudal máximo del filtro (a menudo especificado por las autoridades reguladoras) durante la puesta en marcha del filtro por la disposición y el ajuste de una válvula de regulación de caudal de agua filtrada, que no se utiliza durante las operaciones de filtro. Durante el funcionamiento normal el flujo de agua en el filtro y la profundidad máxima de agua sobre el lecho de filtro se establecen mediante válvulas de flotador mecánicas conectadas a las tuberías de entrada de agua sin tratar en el propio filtro. El flujo de agua en el filtro no puede exceder al de su producción. La combinación de la cabeza máxima admisible sobre el lecho de filtro y la tasa de flujo restringida elimina el riesgo de compactación de la capa superior del lecho de medios. El poder erosivo del agua del sistema de entrada de agua sin tratar se elimina haciendo pasar el agua de las válvulas de flotador controlada mecánicas a estanques perforados (denominados estanques de difusor) situados a corta distancia por encima de la profundidad mínima de agua en el filtro. Esto asegura que la superficie de los medios no puede ser perturbada (lo cual es muy importante para los filtros de arena lentos). La tasa de flujo de agua filtrada, el diseño del lecho filtrante y la pérdida de carga hidráulica a través del lecho filtrante aseguran que el filtro satisfaga las expectativas de tratamiento de agua consistentes con las de los filtros de arena lentos que realizan la misma función de tratamiento.

[0025] El sistema de salida está conectado a la alimentación de agua tratada utilizada para lavado a contracorriente. Una vez que se determina que la producción del filtro es inaceptablemente baja, (tal vez determinada por el examen de los vasos de agua que permiten la observación de la profundidad del agua en la cabeza del filtro y la salida), la producción de filtro se aísla y se deja que el agua de lavado a contracorriente entre en el sistema de drenaje inferior. Una válvula de control de vacío que está conectada a la parte alta de la columna de subida de salida garantiza que el filtro produce agua tratada con la salida a presión atmosférica y lavados bajo presión de la bomba de lavado a contracorriente completa.

[0026] En una realización, el lecho de material utilizado en el LHPF puede constar de al menos cinco capas (dependiendo de la escala de filtro) de cuarcita triturada de diferentes tamaños (sílice) satisfaciendo cada una las características de los materiales necesarios para filtros de arena lentos, rápidos o de presión como se indica por la American Water Works Association (AWWA). Las tres capas superiores usan granulometrías escalonadas uniformes (tamaños efectivos de 0.15mm, 0.35mm y 1.0mm respectivamente). La capa superior proporciona la mayor parte de la acción de filtrado. Las dos capas inferiores del lecho de material (1/8 a 1/2 pulgadas y 1/2 a 1 1/2 pulgadas, respectivamente) permiten el flujo uniforme vertical, hacia abajo y hacia arriba, a través de las capas de filtrado, mientras que la filtración está en curso y la distribución uniforme del agua a través de toda la parte inferior del lecho del filtro durante un lavado a contracorriente. El uso de cuarcita triturada, en lugar de partículas redondeadas de cuarcita, reduce la magnitud de las tasas de flujo de retrolavado necesarias para fluidizar las dos capas superiores. La profundidad máxima de funcionamiento se selecciona de tal manera que la cabeza hidráulica máxima producida a través del lecho de filtro no resulta en compactación del lecho filtrante.

[0027] Otros tamaños de los medios de comunicación pueden funcionar. Los temas críticos son que las dos capas superiores deben tener un tamaño efectivo de menos de 0,35 mm y el coeficiente de uniformidad debe ser de 2,05 o menos. La capa superior debe tener un tamaño efectivo de 1/2 o menos que la segunda capa de filtrado. La capa de drenado más fina (superior) debe tener un tamaño eficaz de al menos 2 veces el de la capa de filtración inmediatamente superior por encima y un coeficiente de uniformidad de 2 o menos. Unas capas de drenado por debajo de la capa de drenado más superior debe ser suficientemente grande para impedir el mezclado de las capas. La clave de la invención es el tamaño de las dos capas superiores de modo que sean las únicas capas que se fluidifican. Debido a que ambas capas están compuestas de partículas de muy diferentes tamaños y con coeficientes muy bajos de homogeneidad, se asentarán en lechos exactamente de la misma manera después de cada lavado. La velocidad de flujo de lavado a contracorriente se controla de modo que sólo estas dos capas se fluidizan. La fluidificación que se produce es mucho más vigorosa que la simple agitación mecánica. El volumen de lavado a contracorriente está limitado por la profundidad máxima de agua en el filtro durante la limpieza. Este volumen se calcula cuidadosamente para ajustarse a los criterios convencionales en el campo de diseño de filtración de arena rápida.

[0028] El lavado a contra-corriente del LHPF sólo se ha diseñado para romper la capa superficial (donde se recoge prácticamente todo el material) y resuspender el material capturado. Esto es similar a un BSF, pero a diferencia del LHPF, el proceso de lavado a contracorriente utilizado por los filtros de arena rápidos y filtros de arena a presión, no sólo fluidiza el lecho, sino que también permite desengrasar y purgar el material capturado desde bien dentro de del propio lecho filtrante. El lavado a contracorriente de un filtro de arena rápido o de arena de presión debe ser lo suficientemente largo para asegurar que todas las partículas capturadas se han vaciado desde el interior de los medios. Se podrá utilizar la agitación mecánica de la superficie si no se considera suficiente el aclarado normal.

[0029] Como se infirió anteriormente, el LHPF utiliza un sistema de drenaje inferior y un procedimiento de lavado a contracorriente que se asemeja mucho al procedimiento utilizado en los filtros de arena de presión, pero no es tan extenso. La razón de esto es que los filtros de arena rápidos deben utilizar velocidades de flujo de agua de retrolavado relativamente grandes a baja cabeza para fluidificar un lecho de medio más profundo compuesto de partículas más grandes. En comparación, el LHPF sólo debe fluidificar las dos capas superiores durante un corto período de tiempo para eliminar y suspender material particulado capturado en el agua de lavado a contracorriente con eficacia. Cuando se detiene el flujo de lavado a contracorriente, las dos capas superiores fluidizadas en la LHPF se colapsan verticalmente en capas asemejándose al lecho filtrante original. Esto es porque cada capa tiene un tamaño efectivo muy diferente y las dos capas se componen de partículas con granulometría de manera uniforme. El resto del agua de lavado se 'aprieta' y hacia arriba de los medios de filtro y el lecho del medio limpiado se asienta.

[0030] El diseño del sistema de drenaje inferior que se utiliza en un LHPF es fundamentalmente diferente de aquel utilizado en un sistema de BSF. En el BSF, se utiliza un flujo inverso muy suave (una especie de flujo de lavado de baja velocidad a contracorriente) que no fluidiza el lecho de filtro. Camas medios utilizados en los filtros de arena lentos no están destinados a ser fluidizado. El flujo inverso utilizado en el BSF se destina a eliminar los gases que han sido capturados dentro de los medios de filtro y proporcionar suficiente agua en la superficie de los medios para facilitar la suspensión de material particulado capturado (lograda por la agitación de la superficie de la capa de medios). Entonces se retira la suspensión entonces y el filtro está listo para el funcionamiento.

[0031] El agua residual producida durante el proceso de lavado se elimina mediante el uso de tubos perforados ubicados a lo largo y adosados a las paredes interiores del filtro. Los agujeros en el tubo están orientados ligeramente hacia abajo para evitar la captura de cualquiera de los medios fluidizados. Se encuentran a unos diez centímetros o menos por encima de la superficie de los medios (la totalidad del agua no se elimina). Las perforaciones en el sistema de tuberías de desagüe inferior deben ser lo suficientemente pequeñas para evitar que cualquiera de las partículas en la capa más inferior de drenaje inferior entren en el sistema. Los tubos perforados están unidos a un sistema de aliviadero sifón que también actúa como un sistema de rebosadero de emergencia. La velocidad de flujo a través de este sistema está controlado por una válvula de control de flujo de aguas residuales dedicada que no es mayor que la capacidad de enviar el agua residual a rechazo. Una segunda válvula de operación de aguas residuales se utiliza para impedir de forma alternativa que salga caudal del filtro hasta que el lavado a contra-corriente se haya completado y que entonces se abre para facilitar el proceso de evacuación del sifón. La misma válvula se queda abierta después de haberse completado el retrolavado para proporcionar protección de emergencia contra el desbordamiento. El sistema de recolección de aguas residuales y el sistema de salida del sifón y procedimiento de control son únicos. Mientras que los aliviaderos de sifón no son nuevos per se, los aliviaderos de sifón controlados y operados en la forma incluidas en el diseño del LHPF sí lo son.

[0032] Es aconsejable dividir la totalidad de la planta de filtración en segmentos iguales que pueden limpiarse de forma independiente y con éxito utilizando bombas de distribución de capacidad inferior y que producen caudales y volúmenes de aguas residuales que pueden ser evacuados y eliminados de forma económica.

Comparación de los Filtros de Arena

[0033] Todas las formas de filtración de arena lenta son muy eficaces en la eliminación de partículas muy pequeñas, incluyendo parásitos, bacterias y virus, y hierro y manganeso oxidados del agua sin el uso de pre-tratamiento asociado con el tratamiento de agua convencional. La tecnología de filtración en arena lenta tradicional no se considera práctica si el agua no tratada tiene una alta turbidez o contiene hierro o manganeso oxidados. El BSF supera esta limitación mediante la incorporación de un sistema de limpieza in situ que elimina la necesidad de raspado del filtro o eliminación de medios superficie. Sin embargo, la viabilidad del sistema mecánico utilizado por el BSF como parte de su sistema de limpieza in situ se limita a los sistemas de tratamiento de agua de menor capacidad a menudo muy por debajo de las demandas de las comunidades, incluso pequeñas. La filtración de arena lenta tradicional no produce aguas residuales y el BSF produce muy pocas en comparación con los volúmenes producidos por los filtros de arena rápidos y de presión. Los BSF s no pierden su capacidad para tratar el agua después de la limpieza. Los filtros de arena lentos tradicionales recuperan su capacidad de eliminar bacterias y virus al cabo de unos días y los filtros de arena rápidos y de presión deben producir residuos hasta que el agua que producen exhibe una turbidez suficientemente baja (para garantizar la eliminación de quiste parásito y de ooquistes). Los filtros de arena lentos y los BSF 's son muy simples de operar en comparación con los filtros de arena rápidos y de presión. Los filtros de arena lentos son mucho más grandes (al menos 10 veces el área superficial para la misma capacidad) que los filtros de arena rápidos o de presión. Los filtros de arena lentos tradicionales tienen el doble de superficie que los BSF 's.

[0034] La siguiente tabla compara la eficacia, las características físicas y operativas y los costes asociados con filtros lentos de arena tradicionales (TSSF), el Filtro de Agua de Bioarena (BSF), los filtros rápidos de arena, los filtros de arena a presión y los LHPF.

Tabla 1.0 Comparación de filtros de arena

Característica	Filtro de Arena Lento Tradicional (TSSF)	Filtro de BioArena de agua(BSF)	Filtro de arena rápido (RSF)	Filtro de Arena de Presión (PSF)	Filtro de Arena de Pulido de Cabeza (LHPF) de baja operación
eficacia de eliminación:					
Patógenos					
Parásitos	Muy eficaz	Muy eficaz	Posible	Posible	Muy eficaz
Bacterias	Muy eficaz	Muy eficaz	Muy eficaz	Muy eficaz	Muy eficaz
Virus	Muy eficaz	Muy eficaz	No eficaz	No eficaz	Muy eficaz
Particulado					
Silt	Muy eficaz y práctico para baja turbidez	Muy eficaz y práctico para todas las turbideces. Pre-tratamiento puede ser útil.	Eficaz como parte de sistemas de tratamiento convencionales. (Estos incluyen el uso de coagulantes y clarificación antes de la filtración.)	Eficaz como parte de sistemas de tratamiento convencionales. (Estos incluyen el uso de coagulantes y clarificación antes de la filtración.)	Muy eficaz y práctico para todas las turbideces.
Barro					
Orgánico					
Oxidado					
Hierro	Eficaz pero generalmente no práctico.	Muy eficaz y práctico.	No suficientemente práctico o normalmente usado.	No suficientemente práctico o normalmente usado.	Muy eficaz y práctico.
Manganeso					
Arsénico	No utilizado porque el pretratamiento no es práctico	Muy eficaz y práctico con pre-tratamiento requerido.	No suficientemente práctico o normalmente usado	No suficientemente práctico o normalmente usado	Muy eficaz y práctico con pre-tratamiento requerido
Fluoruro	No utilizado porque el pretratamiento no es práctico	Muy eficaz y práctico con pre-tratamiento requerido	No suficientemente práctico o normalmente usado	No suficientemente práctico o normalmente usado	Muy eficaz y práctico con pre-tratamiento requerido
Orgánicos disueltos	No utilizado porque el	Muy eficaz y práctico con pre-	Muy eficaz y práctico con pre-	Muy eficaz y práctico con pre-	Muy eficaz y práctico con pre-

ES 2 527 917 T3

	pretratamiento no es práctico	tratamiento requerido	tratamiento requerido	tratamiento requerido	tratamiento requerido
<u>Oportunidad de ruptura</u>	No posible.	No posible.	Normal. Utilizado para indicar necesidad de limpieza.	Normal. Utilizado para indicar necesidad de limpieza.	No posible.
<u>Cuestiones estructurales</u>					
Superficie relativa	Muy grande.	Grande.	Pequeña.	Muy Pequeña.	Grande.
Altura relativa	Profunda.	Poco profunda	Muy profunda.	Poco profunda.	Poco profunda.
Requisitos de tuberías	Mínimos.	Mínimos.	Extensivos.	Extensivos.	Mínimos.
Complejidad de Ingeniería y Construcción	Mínima.	Mínima.	Compleja.	Mínima.	Mínima.
<u>Ref. Rango práctico de Capacidad de Producción</u>	Escala de comunidad.	Doméstico a pequeña comunidad. (Aunque se puede utilizar en comunidades a gran escala.)	Escala de comunidad. (No es práctico a pequeñas escalas.)	Pequeña comunidad. (No es práctico a grandes escalas.)	Doméstico a Escala de comunidad.
<u>Rel. Volumen de Producción de aguas residuales</u>	Ninguno.	Cantidades muy bajas	Cantidades muy altas	Cantidades muy altas	Cantidades muy bajas
<u>Complejidad operativa</u>	Muy simple.	Simple.	Compleja.	Relativamente compleja.	Simple.
<u>Coste de construcción relativo</u>	Bajo	Muy Bajo	Alto	Relativamente alto (en general viene como Componentes ensamblados o plantes en paquete)	Muy bajo
Necesidad de cobertura en invierno	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<u>Coste de funcionamiento y limpieza relativo</u>					
Mano de obra-Cualificación requerida para hacer funcionar el filtro a largo plazo	Baja	Baja	Alta	Alta	Baja
Mano de obra	Baja pero puede ser elevada si el agua tiene una alta conc. De sólidos en suspensión (No conveniente limpiarlo)	Baja	Baja	Baja	Muy Baja

ES 2 527 917 T3

Procedimiento de limpieza	Rascado manual	Limpieza manual o automática de superficie de filtro	Lavado con agua a vigoroso normalmente automático iniciado con filtración a rechazo	Lavado con agua a vigoroso normalmente automático iniciado con filtración a rechazo	Lavado limitado para limpiar la superficie del filtro que se puede iniciar manualmente o automáticamente
Filtro para requisitos de rechazo	No requerido (sólidos en suspensión y parásitos eliminados sin formación de biocapa)	No requerido (sólidos en suspensión y parásitos eliminados sin formación de biocapa)	Acondicionado apropiadamente	Acondicionado apropiadamente	No requerido (sólidos en suspensión y parásitos eliminados sin formación de biocapa)
Productos químicos en agua de rechazo	Ninguno, puesto que el pre-tratamiento no es práctico.	Ninguno, si el pre-tratamiento no se usa. A menudo el pre-tratamiento no es necesario para prestaciones del filtro adecuadas.	Presente porque el pre-tratamiento que emplea coagulantes se requiere para lograr prestaciones del sistema.	Típicamente presente porque el pre-tratamiento que emplea coagulantes se requiere para lograr prestaciones del sistema.	Ninguno, si el pre-tratamiento no se usa. A menudo el pre-tratamiento no es necesario para prestaciones del filtro adecuadas.
Generación de aguas residuales	Casi ninguna.	Muy baja.	Muy alta.	Muy alta.	Muy baja
Energía (bombas, etc.)	Muy baja	Muy baja	Alta.	Muy alta.	Baja.
Coste general de operación/mantenimiento	Baja.	Muy baja	Alta.	Alta.	Baja.

[0035] Se pueden hacer las siguientes observaciones:

- 5 1. TSSF, BSF y de LHPF son todos muy eficaces en la eliminación de patógenos.
2. Todos los tipos de filtros de arena lentos son muy eficaces en la eliminación de material en partículas inorgánico u orgánico con o sin pre-tratamiento. El TSSF es limitado, sin embargo, ya que se requiere un esfuerzo significativo para limpiarlo.
- 10 3. Los TSSF, BSF y LHPF no exhibirán fenómenos de ruptura. Por lo tanto, es imposible que estos filtros produzcan agua sin tratar. A diferencia de los filtros de arena rápidos y a presión, los TSSF, BSF y LHPF siguen mejorando su capacidad para tratar el agua hasta que el material capturado detiene por completo el flujo de agua a través de ellos. Los TSSF, BSF y LHPF se limpian cuando su capacidad se reduce a niveles inaceptablemente bajos (50% de la producción máxima es normal).
- 15 4. Los TSSF, BSF y de LHPF son todos muy eficaces en la eliminación de hierro y manganeso oxidado aunque el TSSF no es práctico debido al importante esfuerzo requerido para limpiarlo.
- 20 5. Excepto por tener un área superficial relativamente más grande, el LHPF y el BSF son estructuralmente compactos y de construcción sencilla. Por lo tanto sus costes de construcción son muy bajos.
6. Los TSSF, BSF, los filtros de arena rápidos (RSF) y LHPF son todos apropiados para el uso en aplicaciones a gran escala.
- 25 7. El BSF, el filtro de arena a presión (PSF) y el LHPF son particularmente apropiados para su uso en aplicaciones a pequeña escala.
8. El TSSF casi no produce aguas residuales. El BSF y el LHPF producen sólo pequeñas cantidades de agua residual. El RSF y el PSF producen grandes cantidades de aguas residuales.
- 30 9. El TSSF es fácil de manejar, pero requiere un esfuerzo significativo para limpiar.
10. La BSF y el LHPF son fáciles de usar y de limpiar.

ES 2 527 917 T3

11. El RSF y PSF son complejas para operar con eficacia, pero son relativamente fáciles de limpiar.
12. El nivel de habilidad que requiere el operario para operar con éxito los TSSF, BSF y LHPF es relativamente bajo.
5 El nivel de habilidad requerido para operar con éxito el RSF y el PSF es bastante alto.
13. Los costes generales relativos de operación y mantenimiento de los TSSF, BSF y LHPF es bajo o muy bajo en comparación con los costes de operación y mantenimiento del RSF y del PSF.
- 10 Mientras que un número de aspectos ejemplares y realizaciones se han discutido anteriormente, los expertos en la materia reconocerán ciertas modificaciones, permutaciones, adiciones y sub-combinaciones de los mismos. Por lo tanto, se pretende que las siguientes reivindicaciones adjuntas presentadas en adelante se interpreten como incluyendo todas estas modificaciones, permutaciones, adiciones y sub-combinaciones como están en su verdadero espíritu y alcance.
- 15

REIVINDICACIONES

1. Filtro de arena de baja presión de filtración que comprende:

- 5 (a) un lecho de material multi-capa que comprende capas de cuarzita triturada, en el que
 (i) las dos capas superiores tienen una granulometría eficaz de menos de 0.35 mm y un coeficiente de
 uniformidad de 2.05 o menos;
 (ii) la capa superior tiene una granulometría eficaz de 1/2 o menos de una segunda capa de filtración;
 (iii) la capa de drenado más fina (superior) tiene una granulometría eficaz al menos 2 veces la de la capa de
 10 filtración inmediatamente superior por encima y un coeficiente de uniformidad de 2 o menos; y
 (iv) unas capas de drenado por debajo de la capa de drenado más fina (superior) son suficientemente
 anchas para impedir el mezclado de las capas;
 en el que el material filtrado se recoge en una capa superficial;
 (b) un sistema de entrada de agua no tratada;
 15 (c) un sistema de drenaje de salida;
 (d) un sistema de recolección y de salida de agua filtrada; y
 (e) un sistema de entrada de agua de lavado a contracorriente, de recolección y de salida de sifón, siendo dicha
 entrada de agua de lavado a contracorriente controlable para introducir agua de lavado a contra-corriente en el filtro
 para romper la capa superior para volver a poner en suspensión el material filtrado recolectado, en el cual las dos
 20 capas superiores del lecho de material se fluidizan cuando el agua de lavado a contra-corriente se introduce a través
 de la entrada de agua de lavado a contracorriente.

2. Un filtro según la reivindicación 1 en el que el sistema de drenaje de salida comprende una pluralidad de tuberías.

25 3. Un filtro según la reivindicación 1 que incluye un recipiente difusor perforado dispuesto por encima del lecho de material.

4. Un filtro según la reivindicación 1 que incluye una columna de subida de salida conectada al sistema de drenaje de salida.

30 5. Un filtro según la reivindicación 1 en el que el caudal de agua tratada que sale del filtro está controlado por una válvula de ajuste del caudal de agua filtrada.

35 6. Un filtro según la reivindicación 1 en el que la profundidad del agua sobre el lecho de material de filtración está controlado por una válvula con flotador.

7. Un filtro según la reivindicación 1 en el que el sistema de salida está conectado a una alimentación de agua tratada utilizada para lavado a contra-corriente.

40 8. Un filtro según la reivindicación 4 que incluye una válvula de control de vacío conectada a la columna de subida de salida.

45 9. Un filtro según la reivindicación 1 en el que el lecho de material comprende al menos cinco capas de cuarzita triturada, teniendo las tres capas superiores de arriba a abajo granulometrías escalonadas de 0.15 mm, 0.35 mm y 1.0 mm respectivamente, y teniendo las capas inferiores de arriba a abajo granulometrías escalonadas de 3.175 a 12.7 mm y 12.7 to 38.1 mm respectivamente.

10. Un procedimiento de funcionamiento de un filtro de arena de baja presión de filtración que consiste en:

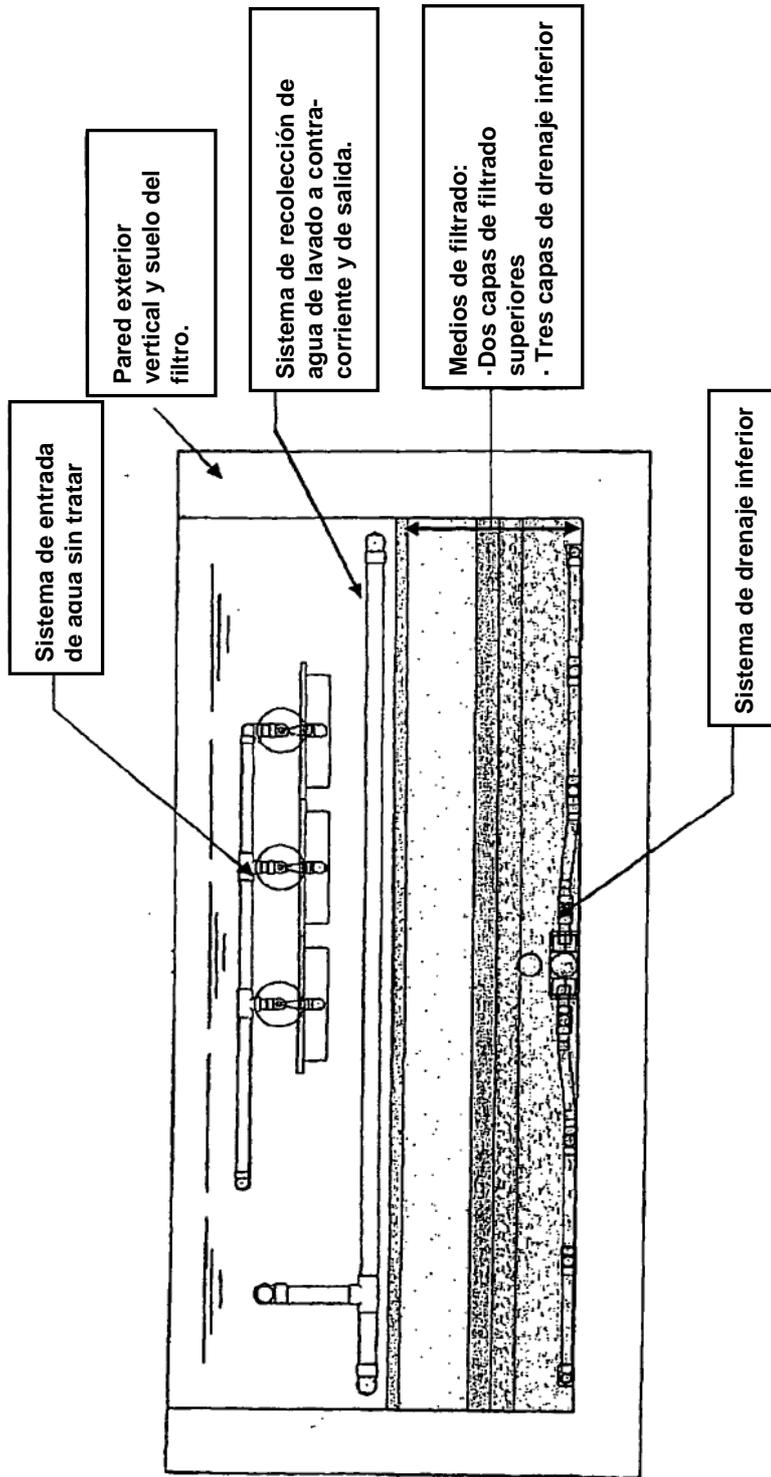
- 50 (a) un lecho de material multi-capa que comprende capas de cuarzita triturada, en el que
 (i) las dos capas superiores tienen una granulometría eficaz de menos de 0.35 mm y un coeficiente de
 uniformidad de 2.05 o menos;
 (ii) la capa superior tiene una granulometría eficaz de 1/2 o menos de la segunda capa de filtración;
 (iii) la capa de drenado más fina (superior) tiene una granulometría eficaz al menos 2 veces la de la capa de
 55 filtración inmediatamente superior por encima y un coeficiente de uniformidad de 2 o menos; y
 (iv) unas capas de drenado por debajo de la capa de drenado más fina (superior) son suficientemente
 anchas para impedir el mezclado de las capas;
 en el que el material filtrado se recoge en una capa superficial;
 (b) un sistema de entrada de agua no tratada;
 60 (c) un sistema de drenaje de salida;
 (d) un sistema de recolección y de salida de agua filtrada; y
 (e) un sistema de entrada de agua de lavado a contracorriente, de recolección y de salida de sifón, comprendiendo dicho procedimiento:
 (f) hacer pasar agua sin tratar a través del sistema de entrada y hacia abajo a través del lecho de material multi-
 65 capa:
 (g) determinar cuando la producción del filtro es inaceptablemente baja; y

(h) después de haberse determinado que la producción del filtro es inaceptablemente baja, lavar a contracorriente haciendo pasar agua tratada hacia arriba a través de la entrada de agua de lavado a contracorriente con un caudal suficiente para romper la capa superior para volver a poner en suspensión el material filtrado recolectado, en el cual las dos capas superiores del lecho de material se fluidizan.

5 **11.** Un procedimiento según la reivindicación 10 en el que el volumen del agua de lavado a contra-corriente está limitado por la profundidad máxima del agua en el filtro cuando se limpia.

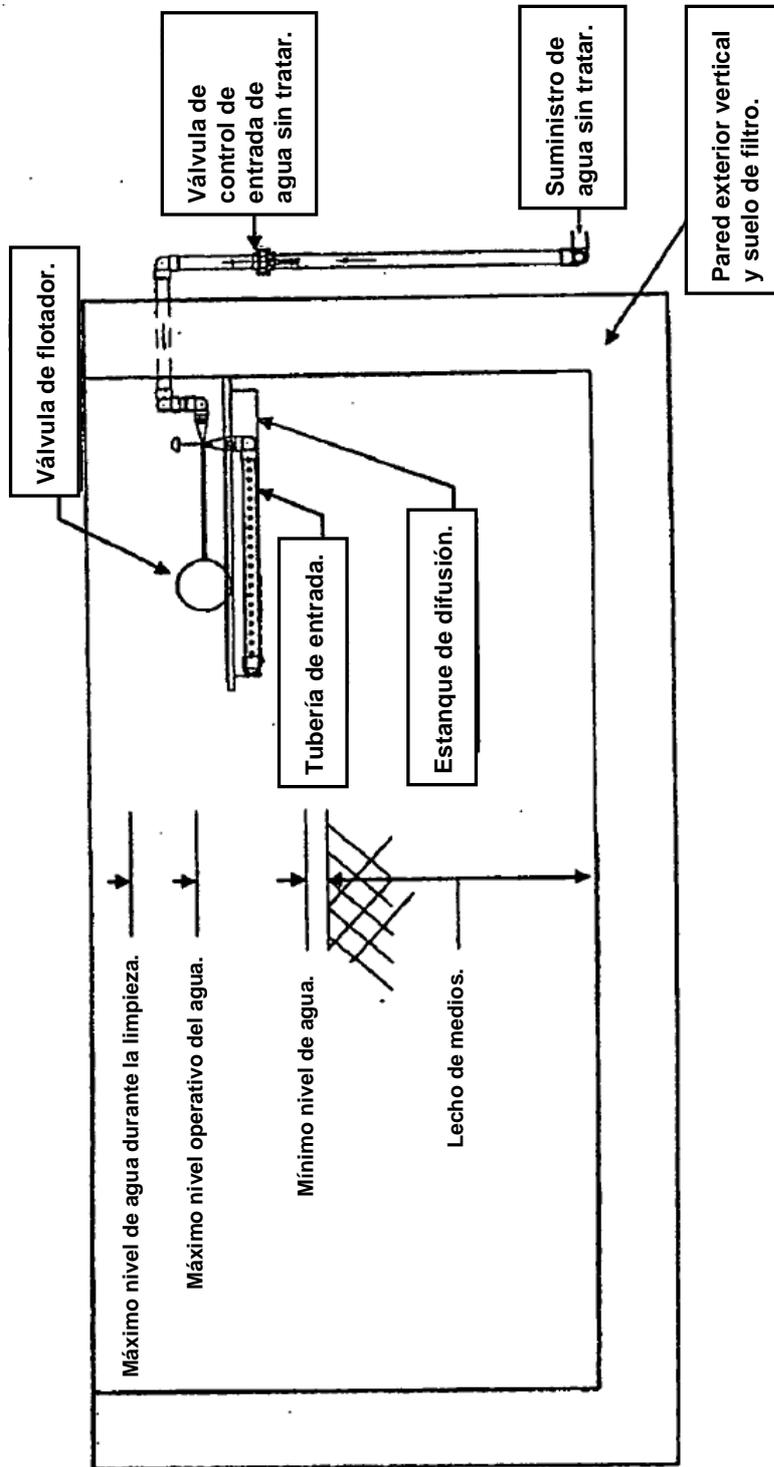
10 **12.** Un procedimiento según la reivindicación 10 en el que el lecho de material comprende al menos cinco capas de cuarzita triturada, teniendo las tres capas superiores granulometrías escalonadas de 0.15 mm, 0.35 mm y 1.0 mm respectivamente, y teniendo las capas inferiores tamaños de 3.175 a 12.7 mm y 12.7 a 38.1 mm respectivamente.

15 **13.** Un procedimiento según la reivindicación 10 en el que las aguas usadas producidas durante el lavado a contracorriente se elimina mediante un sistema de tuberías perforadas conectadas a un sistema de derrame por sifón, en el que el caudal está controlado por una válvula específica de regulación de las aguas usadas y que no es mayor que la capacidad para enviar las aguas usadas al rechazo, en el que una válvula de explotación de las aguas usadas se utiliza para impedir de forma alternativa que salga caudal del filtro hasta que el lavado a contra-corriente se haya completado y que entonces se abre para facilitar un proceso de evacuación del sifón, y en el que la válvula de explotación de las aguas usadas se deja abierta de que el lavado a contracorriente se haya completado para
20 proporcionar una protección de urgencia contra los desbordamientos.



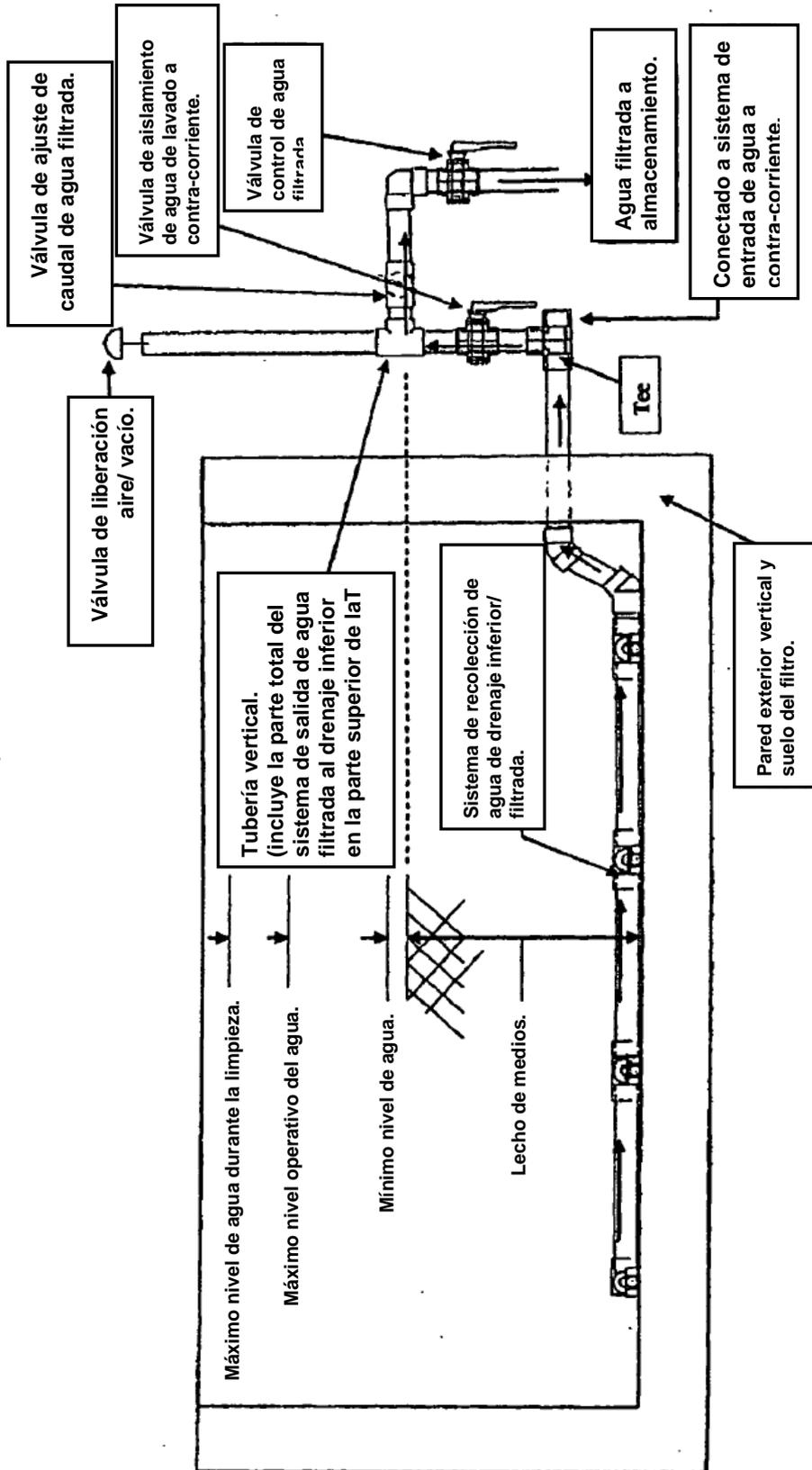
Sección transversal de filtro A-A' mostrado en figura de vista superior de LHPF.

Fig2



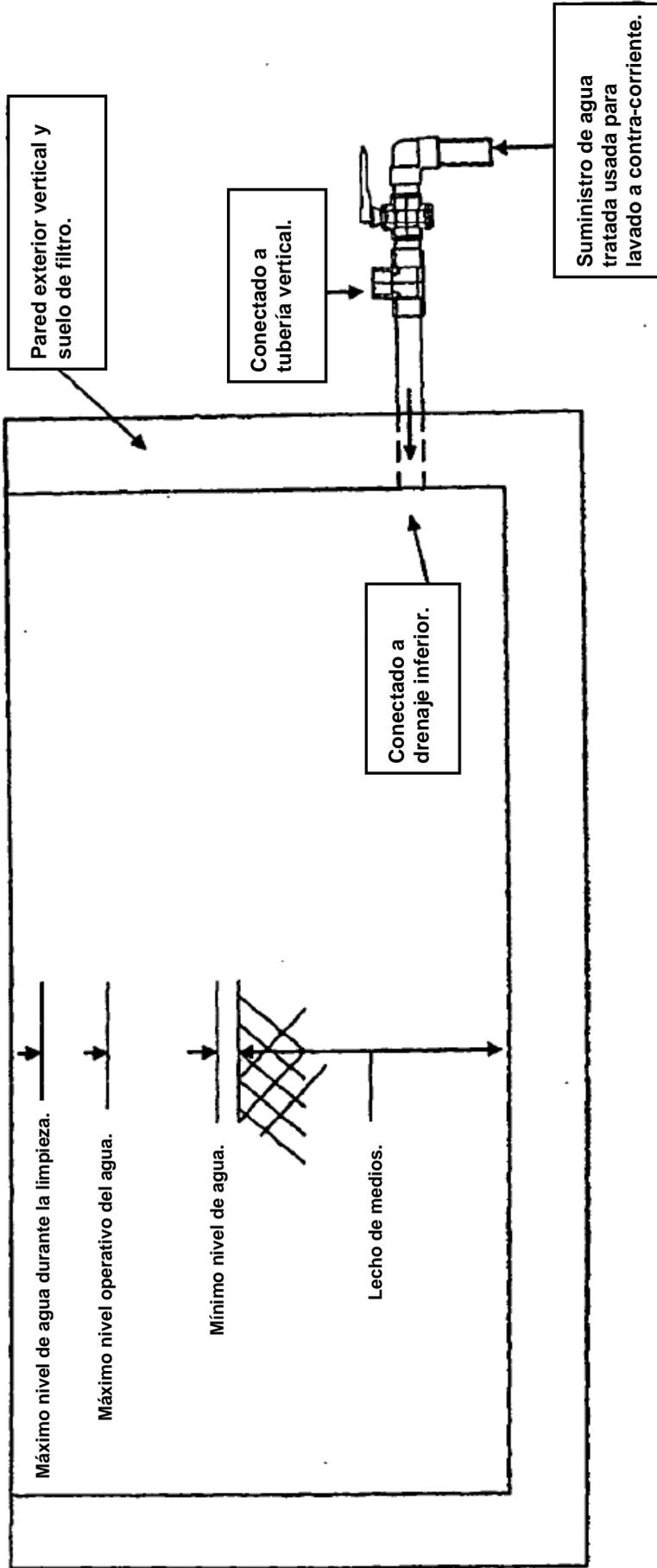
Sistema de entrada de agua sin tratar.

Fig 3



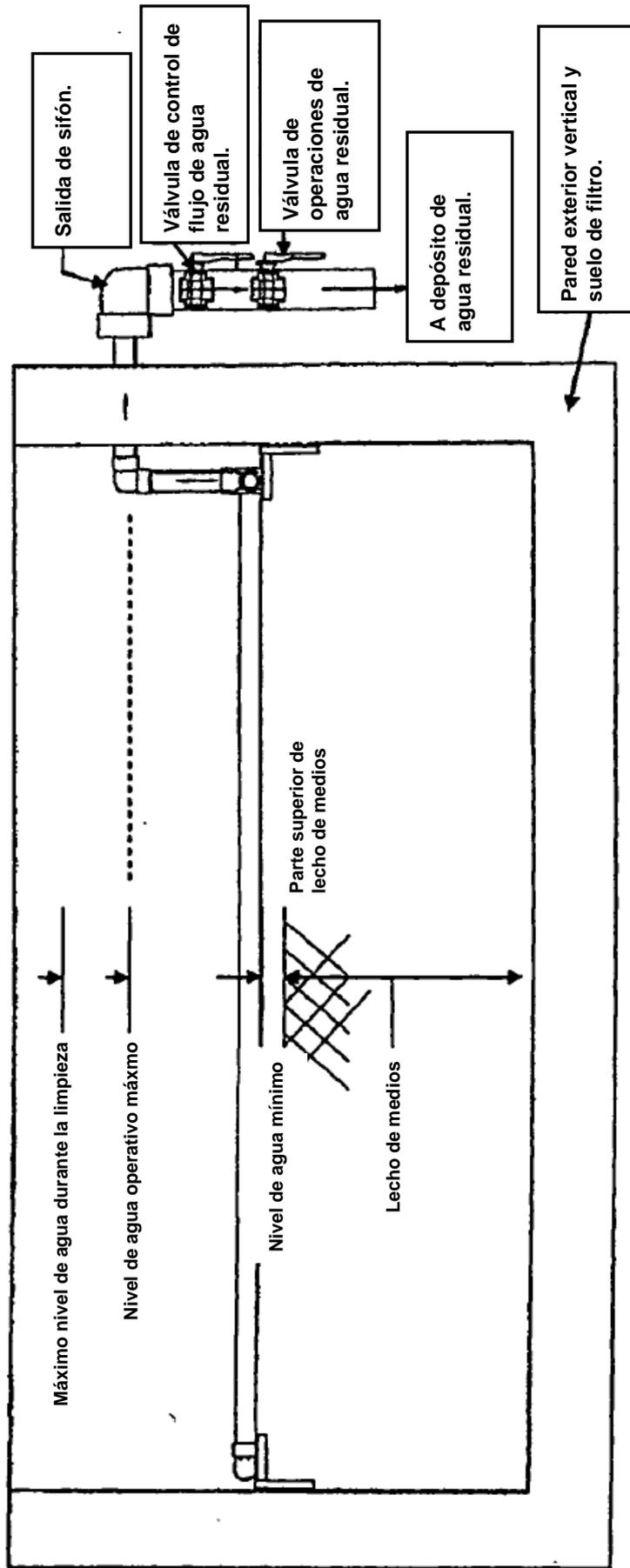
Sistema de recolección y salida de agua filtrada. (tubería vertical)

Fig 4



Sistema de entrada de agua de lavado a contra-corriente.

Fig 5



Sistema de recolección de agua de lavado a contra-corriente y sistema de salida de sifón

Fig 6