

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 747**

51 Int. Cl.:

**B01D 63/02** (2006.01)

**B01D 63/04** (2006.01)

**C02F 1/44** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2009 E 09817304 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2012 EP 2346595**

54 Título: **Módulo de filtración de membranas capilares**

30 Prioridad:

**03.10.2008 EP 08165837**

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

**12.04.2013**

73 Titular/es:

**VLAAMSE INSTELLING VOOR TECHNOLOGISCH  
ONDERZOEK (VITO) (100.0%)**

**Boeretang 200  
2400 Mol, BE**

72 Inventor/es:

**DOYEN, WIM;  
MOLENBERGHS, BART y  
MELIN, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 400 747 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**

Módulo de filtración de membranas capilares.

5 La presente invención se refiere a unos módulos de membranas capilares de filtración exterior-interior para el tratamiento de aguas o el tratamiento de otros líquidos turbios.

10 Los módulos de filtración de membranas capilares se suelen utilizar para el tratamiento del agua. Normalmente, dichos módulos de filtración se sumergen en un líquido sin tratar (p.ej. agua residual) para su tratamiento, y se establece un sentido de filtración de fuera hacia dentro (de fuera hacia dentro) mediante la aplicación de una presión diferencial transmembrana a los capilares huecos. En el interior (luz) de las membranas capilares, se impone una presión inferior.

15 De este modo, se obtiene un permeado en la luz de los capilares, mientras que el agua residual se evapora, dejando un lodo que se adhiere al exterior de los capilares. Ello provoca un retraso en la subsiguiente retirada de agua filtrada de un nuevo suministro de agua residual. Una solución para retirar la suciedad acumulada en la superficie exterior de los capilares es la depuración con aire (mediante la introducción de burbujas de aire en la superficie exterior de los capilares) y/o lavado a contracorriente y/o impulso de retorno.

20 Dichas burbujas de aire se utilizan además como un medio para hacer circular las aguas residuales por encima de las membranas capilares, manteniendo asimismo una mezcla uniforme de suciedad en las aguas residuales, para optimizar la eficiencia de filtración. Cuando se elevan, las burbujas de aire se llevan el líquido sin tratar, generando de este modo una circulación forzada de dicho líquido sin tratar (lodo). Como resultado, se consigue una distribución satisfactoria de líquido sin tratar en todo el módulo.

25 La utilización eficiente de las burbujas de aire requiere que dichas burbujas presenten un acceso óptimo a las membranas capilares. La solicitud de patente WO 2008/012221 da a conocer un módulo de filtración de membranas capilares que comprende una pluralidad de conjuntos de membranas planos de orientación vertical (o cortinas de membranas capilares), unidas a un colector de colector en la parte inferior. Cada grupo plano de membranas está unido a un colector superior individual. Dicho módulo de membranas capilares vertical permite una mejor circulación de burbujas de aire y aguas residuales entre las membranas capilares, y existe una menor susceptibilidad al atrapamiento de suciedad, lo que permite una limpieza eficiente de las membranas capilares mediante una depuración con aire.

35 Sin embargo, en dichas configuraciones verticales, en las que las membranas capilares se encuentran fijadas por ambos extremos (p.ej. por un colector inferior y superior), y donde se utilizan burbujas de aire, la velocidad de circulación de la mezcla de lodo/aire puede ser muy elevada, especialmente en el extremo superior. Como consecuencia, la turbulencia necesaria que se da en dichos lugares puede ser tan extensa que cause un perjudicial desgaste prematuro del material y, por tanto, una vida del material limitada.

40 No se pretende reducir la velocidad de circulación aumentando el espacio entre conjuntos de membranas adyacentes, ya que ello disminuiría el área de membrana específica por unidad de volumen, lo que se traduciría en módulos de gran tamaño.

45 La publicación de solicitud de patente japonesa 10.146.520 da a conocer un aparato que comprende pantallas formadas por un gran número de membranas de fibras huecas, sostenidas por ambos extremos en tubos de recolección. Las fibras huecas se colocan paralelas a la circulación de aguas sin tratar y las pantallas están dispuestas de tal modo que, a ambos extremos de las fibras huecas, los tubos de colección de las pantallas contiguas están colocados en diferentes posiciones en la dirección de la circulación de aguas sin tratar. De este modo, aumenta la proporción de llenado de membrana de las membranas de fibras huecas y se puede reducir la obstrucción de materia suspendida a las membranas.

50 Un primer inconveniente del que adolece dicha configuración es que las pantallas están configuradas por una pluralidad de hileras de membranas de fibras huecas, de modo que aún puede darse una obstrucción dentro de dichas pantallas. Además, puede tener lugar la unión de las burbujas de aire en la entada del paso entre pantallas adyacentes, lo que conlleva el bloqueo de dicho paso e impide la circulación de aguas sin tratar a través de dicho paso.

60 Por tanto, se requiere una solución en la técnica para poder solucionar dichos inconvenientes.

La patente US nº 3.704.223 da a conocer unos intercambiadores de membranas capilares contracorriente, para su utilización en un tratamiento de líquidos mediante diálisis. Las figuras 30 a 34 de dicho documento dan a conocer la construcción de una pluralidad de capas individuales de capilares combinadas en un grupo. Ambos extremos de los capilares están abiertos y terminan en láminas de extremo que pueden ser convexas en un extremo o en ambos.

65

- 5 La solicitud de patente internacional WO 2008/001730 da a conocer un dispositivo de filtración en el que las fibras huecas se sumergen en el líquido bruto a tratar que comprende un ingrediente suspendido que provoca que se produzca la separación de sólido/líquido en dicho líquido bruto y la filtración del líquido tratado. Comprende fibras huecas que se han doblado por la mitad y unos medios de soporte que soportan las partes dobladas de dichas fibras huecas, dejando un espacio en medio. Dichas fibras huecas soportadas por los elementos de soporte están por lo menos parcialmente separadas de los elementos de soporte y/o dichas fibras huecas están por lo menos parcialmente separadas entre sí. Los elementos de soporte pueden ser una varilla rectangular y las alturas verticales de las varillas de hileras adyacentes de fibras dobladas se alternan para que dichas varillas estén dispuestas en forma de zigzag.
- 10 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un módulo de filtración de membranas capilares mejorado que supera los inconvenientes de los dispositivos (módulos) de la técnica anterior.
- 15 Un objetivo adicional de la presente invención es reducir la turbulencia en los lugares, en los que las membranas capilares están unidas al colector superior.
- Un objetivo adicional de la presente invención es aumentar la vida útil y/o reducir el desgaste del material de las membranas capilares en un módulo de filtración.
- 20 Los objetivos de la presente invención se alcanzan al proporcionar un dispositivo para la filtración de líquidos tal como se indica en las reivindicaciones adjuntas.
- 25 Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo para la filtración de líquidos. Dicho dispositivo comprende una pluralidad de cortinas de membranas, estando cada cortina configurada por una única hilera de membranas capilares. El dispositivo comprende asimismo por lo menos un colector inferior proporcionado en un extremo inferior de las cortinas de membranas (extremo inferior de las membranas capilares) y unido a las membranas capilares de por lo menos una cortina de membranas. El dispositivo comprende además un colector superior individual para cada cortina de membranas. Dicho colector superior está dispuesto en un extremo superior de la cortina de membranas y está unido a sus membranas capilares.
- 30 Se proporcionan las cortinas de membranas (y por tanto las membranas capilares) de tal modo que estén dispuestas en una configuración vertical durante su utilización. Los colectores superiores están dispuestos con una separación entre sí. Por tanto, las cortinas de membranas y los colectores se disponen de modo que permitan una circulación hacia arriba de líquido (sin tratar) y quizás burbujas de aire entre las cortinas de membranas y entre los colectores superiores.
- 35 Los colectores superiores están separados entre sí, de modo que existan aberturas entre los mismos para que el líquido (sin tratar) y quizás las burbujas de aire puedan salir en vertical desde entre las cortinas de membranas.
- 40 Según el primer aspecto de la presente invención, los colectores superiores de por lo menos dos cortinas de membranas adyacentes se disponen a alturas diferentes, y las membranas capilares de dichas cortinas de membranas adyacentes son de diferente longitud.
- 45 Los extremos inferiores de dichas cortinas de membranas adyacentes están dispuestos a la misma altura. Por tanto, los colectores inferiores de dichas cortinas de membranas adyacentes están dispuestos a la misma altura.
- Preferentemente, los colectores superiores de cada par de cortinas de membranas adyacentes están dispuestos a alturas diferentes. Los colectores superiores se disponen preferentemente a dos alturas diferentes.
- 50 De las dos cortinas de membranas adyacentes dispuestas a alturas diferentes, el punto más alto del colector superior que se encuentre más abajo (o su lado superior) está dispuesto bajo el punto más bajo del colector superior que se encuentre más arriba (o su lado inferior) en una proyección (ortogonal) en la línea de gravedad. Más preferentemente, en dicha proyección sobre la línea de gravedad, dicho punto más alto está situado entre 5 mm y 100 mm por debajo de dicho punto más bajo, aún más preferentemente entre 10 mm y 100 mm por debajo, y todavía más preferentemente, entre 20 mm y 100 mm debajo.
- 55 Preferentemente, los colectores superiores están dispuestos de un modo escalonado en la dirección de la línea de gravedad. Por tanto, los colectores superiores están preferentemente alternados en dos o más alturas.
- 60 Preferentemente, el colector inferior está unido a las membranas capilares de una pluralidad de cortinas de membranas adyacentes.
- Preferentemente, el colector inferior está configurado para recoger y retirar el permeado.
- 65 Preferentemente, el colector inferior está constituido por una única cámara de recogida.

Preferentemente, los colectores superiores están configurados para recoger y retirar el permeado.

5 Preferentemente, por lo menos un colector superior está configurado de modo que sea más grueso en la zona en la que se une a una membrana capilar, en comparación con los lugares en los que puentea dichas membranas capilares.

10 Preferentemente, por lo menos un colector superior comprende una pared lateral corrugada. Dicha ondulación desempeña la función de aumentar aún más el área de circulación de aguas residuales entre los colectores superiores. Más preferentemente, por lo menos una pared lateral del colector superior está corrugada de tal modo que unas ranuras y crestas corran paralelas a las membranas capilares. Preferentemente, las crestas se corresponden con las membranas capilares. Preferentemente, las ranuras se interponen entre las membranas capilares.

15 Preferentemente, se proporciona un material elastomérico alrededor de cada membrana capilar en lugares en los que dicha membrana capilar está unida al colector superior y/o al colector inferior. El material elastomérico se proporciona para disminuir las vibraciones y/o oscilaciones de la membrana capilar.

20 Preferentemente, los dispositivos según la presente invención comprenden medios de aireado entre las cortinas de membranas.

Preferentemente, las membranas capilares son membranas de nano, micro o ultrafiltración de fuera hacia dentro.

25 Preferentemente, los dispositivos según la presente invención comprenden entre 2 y 50, más preferentemente entre 2 y 20, y aún más preferentemente entre 3 y 8 cortinas de membranas.

Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona una utilización o aplicación de los dispositivos según la presente invención en aplicaciones de filtración sumergida, especialmente en biorreactores de membrana (BRM).

30 Según un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo para la filtración de líquidos. Dicho dispositivo comprende una pluralidad de cortinas de membranas, estando cada cortina constituida por una única hilera de membranas capilares. El dispositivo comprende asimismo al menos un colector inferior en un extremo inferior de las cortinas de membranas (extremo inferior de las membranas capilares) y unido a las membranas capilares de al menos una cortina de membranas. El dispositivo comprende asimismo un colector superior individual para cada cortina de membranas. El colector superior se dispone en un extremo superior de la cortina de membranas y está unido a sus membranas capilares.

35 Las cortinas de membranas (y por tanto las membranas capilares) se proporcionan de modo que estén dispuestas en una configuración vertical durante su utilización. Los colectores superiores están separados entre sí. De este modo, las cortinas de membranas y los colectores superiores están dispuestos para permitir una circulación hacia arriba del líquido (sin tratar) y posiblemente de burbujas de aire entre las cortinas de membranas y entre los colectores superiores.

40 Los colectores superiores están separados entre sí, para proporcionar aberturas entre los mismos para que el líquido (sin tratar) y posiblemente las burbujas de aire puedan salir en sentido vertical de entre las cortinas de membranas.

45 Según el tercer aspecto de la presente invención, por lo menos un colector superior está constituido de tal modo que sea más grueso en la zona en la que se une a una membrana capilar, en comparación con los lugares en lo que puentea las membranas capilares (es decir, lugares entre membranas capilares adyacentes).

50 Preferentemente, por lo menos un colector superior comprende una pared lateral corrugada. Más preferentemente, cada una de las paredes laterales está corrugada. La rugosidad se proporciona para aumentar el tamaño del paso para la circulación de líquido sin tratar y posiblemente burbujas de aire entre los colectores superiores. Más preferentemente, por lo menos una pared lateral del colector superior es corrugada, de tal modo que las ranuras y crestas son paralelas a las membranas capilares. Preferentemente, las crestas están situadas en correspondencia con las membranas capilares. Preferentemente, las ranuras se interponen entre las membranas capilares.

55 Los extremos inferiores de las cortinas de membranas adyacentes se disponen a la misma altura. Por tanto, el colector inferior, o los colectores inferiores, de dichas cortinas de membranas adyacentes se disponen a la misma altura.

60 Preferentemente, el colector inferior está unido a las membranas capilares de una pluralidad de cortinas de membranas adyacentes.

65 Preferentemente, el colector inferior está configurado para recoger y retirar el permeado.

Preferentemente, el colector inferior está constituido por una única cámara de recogida.

5 Preferentemente, se proporciona un material elastomérico alrededor de cada membrana capilar en lugares en los que dicha membrana capilar está unida al colector superior y/o al colector inferior. Dicho material elastomérico se proporciona para disminuir las vibraciones y/u oscilaciones de la membrana capilar.

### Breve descripción de los dibujos

10 La figura 1 representa una vista lateral de un dispositivo de filtración según el primer aspecto de la presente invención. La figura 2 representa una vista frontal del mismo dispositivo.

15 La figura 3 representa un módulo de filtración según la técnica anterior. La figura 3A representa una vista lateral de la parte superior del módulo de filtración, ilustrando los colectores superiores y las cortinas de membranas. La figura 3B representa una vista transversal superior A-A del módulo de filtración de la figura 3A.

20 La figura 4 representa un módulo de filtración según el primer aspecto de la presente invención. La figura 4A representa una vista lateral de la parte superior del módulo de filtración, ilustrando los colectores superiores y las cortinas de membranas. La figura 4B representa una vista transversal superior B-B del módulo de filtración de la figura 4A.

25 La figura 5 representa un módulo de filtración que no forma parte de la presente invención, únicamente a título ilustrativo. La figura 5A representa una vista lateral de la parte superior del módulo de filtración, donde las paredes laterales de los colectores superiores son corrugadas (onduladas) y donde se muestran los colectores superiores y las cortinas de membranas (que están dispuestas en perpendicular al plano del dibujo). La figura 5B representa una vista transversal superior C-C del módulo de filtración de la figura 5A.

### Descripción detallada de la invención

30 A continuación se describirán con detalle unas formas de realización de la presente invención, haciendo referencia a las figuras adjuntas; la presente invención no está limitada a las mismas, únicamente por las reivindicaciones. Los dibujos descritos son únicamente esquemáticos y no limitativos. En los dibujos, el tamaño de algunos elementos puede estar aumentado y puede que no esté a escala, a efectos ilustrativos. Las dimensiones y sus dimensiones relativas no corresponden necesariamente a la escala real para poder aplicar la presente invención. Los expertos en  
35 la materia pueden reconocer diversas variaciones y modificaciones de la presente invención que están dentro de su alcance. En consecuencia, la descripción de las formas de realización preferidas no debe considerarse como limitativa del alcance de la presente invención.

40 Además, los términos superior, inferior, izquierdo, derecho, encima, debajo, y similares en la descripción de las reivindicaciones se utilizan con fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Los términos utilizados de este modo son intercambiables en circunstancias apropiadas y las formas de realización de la presente invención descritas en el presente documento se pueden aplicar en otras orientaciones que no sean las descritas o ilustradas en la presente memoria. Por ejemplo, la "izquierda" y "derecha" de un elemento indica la  
45 ubicación en lados opuestos de dicho elemento.

50 Debe tenerse en cuenta que el término "comprende" no debe interpretarse como restringido a los medios mencionados detrás; no excluye otros elementos o etapas. Por tanto, el alcance de la expresión "un dispositivo que comprende los medios A y B" no debe limitarse a dispositivos que comprendan únicamente los elementos A y B. Significa que, respecto a la presente invención, A y B son elementos relevantes del dispositivo.

55 Si se dan valores numéricos respecto a limitaciones de cantidad, o al resultado de una medición, para la valoración de dichos valores, se tendrán en cuenta las variaciones debido a impurezas, métodos utilizados para determinar las medidas, errores humanos, varianza estadística, etc.

Si se define que una pluralidad de valores numéricos se extiende entre un límite inferior y un límite superior, debe interpretarse que dicha pluralidad comprende dichos límites inferior y superior, a menos que se indique lo contrario.

60 Los aspectos de la presente invención están relacionados con dispositivos de filtración (en adelante conocidos como módulos de filtración) que comprenden hileras de membranas capilares (en adelante conocidas como cortinas de membranas) que, durante su utilización, están dispuestas en configuración derecha (vertical) y donde las membranas capilares están fijadas tanto en su extremo inferior como en el superior. Las membranas capilares se fijan al unir sus extremos inferiores a un colector inferior y sus extremos superiores a un colector superior. Los módulos de filtración de la presente invención están configurados para su utilización en filtración sumergida, estando las membranas capilares completamente sumergidas en líquido sin tratar.

65

Las cortinas de membranas se refieren a conjuntos planos excepcionales de membranas capilares. En la presente invención, las expresiones "conjunto de membranas plano", "cortina de membranas" y "plano de membranas" se utilizan de modo intercambiable y se refieren al posicionamiento adyacente de las membranas capilares en un mismo plano. Por tanto, las membranas capilares de una cortina de membrana se ordenan o apilan una tras otra, en un mismo plano y preferentemente a cierta distancia (que no sea cero) entre sí. Por tanto, una cortina de membranas constituye una única hilera (o conjunto) de membranas capilares. Dicha cortina de membranas capilares se conoce como plano de membranas.

Tal como indica el término cortina, las membranas capilares en dichos módulos de filtración se disponen de pie (o colgando de los colectores) durante su utilización). Por tanto, las membranas capilares y las cortinas se suelen disponer (considerablemente) paralelas a la línea de gravedad durante su utilización. Lo mismo sucede con los colectores superiores. Sin embargo, los colectores (superiores) pueden formar un ángulo con la línea de gravedad. Por consiguiente, las membranas capilares y las cortinas pueden colgar en una posición considerablemente vertical, lo que significa que las membranas capilares forman un ángulo con la línea de gravedad que preferentemente se encuentra entre 0° y 10° de valor absoluto, más preferentemente entre 0° y 5° de valor absoluto. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las membranas capilares pueden estar ligeramente curvadas entre los colectores superior e inferior (es decir, entre los lugares de fijación superior e inferior), debido a la falta de tensión.

El número de membranas en una misma cortina de membranas puede ir desde unas diez a más de mil. El número de cortinas de membranas puede estar comprendido entre 50 y 500 por metro, dependiendo del diámetro exterior de los capilares.

En general, el espacio vacío entre membranas capilares en una misma cortina, junto con el espacio entre cortinas de membranas consecutivas, determina la densidad de empaquetado. Para garantizar un tratamiento de lodo (aguas) eficiente, la densidad de empaquetado de un módulo debe ser óptima, sin importar la configuración del empaquetado. Los módulos de filtración de membranas capilares presentan una elevada área de membrana específica por unidad de volumen; un valor típico para dichos módulos es de 500 m<sup>2</sup> en un volumen de 3,36 m<sup>3</sup> (2,2 m de altura, 0,9 m de ancho y 1,7 m de longitud), o aproximadamente 150 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.

La filtración se realiza al imponer una presión inferior (p.ej. un vacío parcial) en el lado donde se recoge el permeado, concretamente la luz interna de las membranas capilares.

Las membranas capilares aptas para los dispositivos de la presente invención pueden conocerse como membranas capilares "de fuera hacia dentro", como las que se dan a conocer en el documento WO 2006/053046. Las membranas capilares adecuadas para su utilización en dispositivos de la presente invención pueden estar reforzadas y/o soportadas por una capa de apoyo de material de refuerzo como por ejemplo material fibroso. Dichas membranas capilares pueden ser membranas que permitan la nano, micro o ultrafiltración (de líquidos, coloides, mezclas líquido-sólido como por ejemplo macromoléculas disueltas, o suspensiones como por ejemplo suspensiones de bacterias). Preferentemente, son adecuadas para filtración de exterior a interior. Sin embargo, la presente invención no está limitada a la utilización de unas membranas capilares concretas.

Preferentemente, el diámetro exterior de los capilares aptos está comprendido entre 0,5 mm y 10,0 mm, ambos inclusive, más preferentemente entre 1,0 mm y 8,0 mm, aún más preferentemente entre 2,0 mm y 5,0 mm, comprendiendo 2,0 mm, 2,1 mm, 2,2 mm, 2,3 mm, 2,4 mm, 2,5 mm, 2,6 mm, 2,7 mm, 2,8 mm, 2,9 mm, 3,0 mm, 3,1 mm, 3,2 mm, 3,3 mm, 3,4 mm, 3,5 mm, 3,6 mm, 3,7 mm, 3,8 mm, 3,9 mm, 4,0 mm, 4,1 mm, 4,2 mm, 4,3 mm, 4,4 mm, 4,5 mm, 4,6 mm, 4,7 mm, 4,8 mm, 4,9 mm y 5,0 mm.

Los aspectos de la presente invención están especialmente relacionados con el hecho de que los módulos de filtración utilizan las burbujas de aire para la limpieza de membrana y/o para mantener una circulación de líquido sin tratar (lodo). Por tanto, los módulos de filtración pueden comprender medios de aireado. Alternativamente, los medios de aireado pueden existir en forma de conductos de ventilación perforados, que ventajosamente se sitúan entre las cortinas de membranas. Las burbujas de aire se desplazan hacia arriba entre las cortinas de membranas y forman una mezcla de aire/lodo. Dicha mezcla de aire/lodo puede experimentar una resistencia de circulación al salir del módulo por el extremo superior. De hecho, los colectores superiores pueden actuar como limitador del paso de circulación, ya que son más gruesos que el diámetro exterior de las membranas capilares, por lo que causan un aumento en la velocidad de la circulación. Los presentes inventores observaron que puede ocurrir una turbulencia demasiado elevada en dichos lugares, por lo que las membranas capilares se ven sometidas a fuerzas de momento intermitentes y posiblemente elevadas. Por tanto, las membranas capilares tienen tendencia a experimentar vibraciones y/o temblores excesivos no deseados. Ello puede provocar un desgaste prematuro del material de las membranas capilares cerca del lugar en el que están fijadas al colector superior.

Para superar este inconveniente, se proporciona un diseño mejorado de un módulo de filtración con membranas capilares. Los aspectos de la presente invención se dan a conocer en las siguientes formas de realización con la ayuda de los dibujos adjuntos.

Los dispositivos de filtración según un primer aspecto de la presente invención se describirán a continuación con referencia a las figuras 1 y 2, que representan, respectivamente, una vista lateral y una vista frontal de un módulo de filtración 1 según la presente invención. Las membranas capilares 5 se cuelgan verticalmente y se encapsulan en un colector (inferior) 3 por sus extremos inferiores. El colector inferior 3 puede ser un único colector para todas las membranas capilares del módulo de filtración 1. Alternativamente, puede proporcionarse una pluralidad de colectores inferiores.

Las membranas capilares 5 se disponen en cortinas de membranas 2 bien diferenciadas. Cada cortina de membranas forma una capa plana. La figura 1 ilustra cuatro cortinas de membranas 2, dispuestas una al lado de la otra. La figura 2 representa una vista frontal del módulo, mostrando dos cortinas de membranas consecutivas en vista frontal. Las membranas capilares en una cortina de membranas se disponen una tras otra (o una al lado de la otra, según el punto de vista), con un espacio entre membranas capilares consecutivas.

En los extremos superiores, las membranas capilares de una única cortina de membranas 2 se encapsulan en un colector superior 4. Cada cortina de membranas posee su propio colector superior 4 para todas las membranas capilares de dicha cortina.

Tanto el (los) colector(es) inferior(es) 3 como los colectores inferiores 4, o incluso ambos, pueden actuar como colectores para recoger y retirar el permeado. En la forma de realización de las figuras 1 y 2, el colector inferior está configurado para actuar como colector de permeado. Por tanto, los extremos inferiores 13 de las membranas capilares están abiertos de modo que se proporcione un paso del líquido hacia el exterior de las membranas capilares 5 hacia el colector inferior (o los colectores inferiores) 3. El agua filtrada (permeado) que atraviesa la pared de membrana circula a través del paso hacia una cámara de recogida 6. El colector inferior 3 comprende una abertura 18 para la cámara de recogida 6 (en un lado o en ambos) para evacuar el permeado. En la zona en la que las membranas capilares 5 entran en la cámara de recogida 6, ocurre un sellado con material de encapsulado 9, por ejemplo poliuretano, epoxi, resina de polibutadieno o un material similar.

Los soportes 7 pueden proporcionarse en el colector inferior para mantener las membranas capilares unidas durante la producción, y para evitar que la resina de encapsulado entre en el colector 6 de permeado durante la operación de encapsulado.

Por lo general, los extremos superiores 14 de las membranas capilares se sellan herméticamente con un material de encapsulado 12 tal como ilustra la figura 1, en cuyo caso no se evacua permeado o aire de las membranas capilares en los colectores superiores. Alternativamente, los colectores superiores 4 individuales pueden estar configurados de modo similar al(a los) colector(es) 3 en caso de que los primeros actúen también como colector de permeado. En ese caso, pueden configurarse para eliminar el aire del extremo superior de las membranas capilares mediante la retirada de cualquier aire local que pueda acumularse durante el funcionamiento del dispositivo y que puede derivar localmente en una insuficiente transferencia de permeado a través de las membranas.

En una forma de realización adicional alternativa, únicamente los colectores superiores 4 están configurados para recoger y evacuar filtrado y en el(los) colector(es) inferior(es) 3, las membranas capilares están cerradas (no se retira (ni recoge) permeado en el colector inferior).

La presente invención contempla por tanto los módulos en los que el colector inferior o el colector superior estén pensados para funcionar como un colector de permeado, o ambos colectores superior e inferior actúen simultáneamente como colectores de permeado.

Debido a que cada cortina de capilares está unida a su propio colector superior, los pasos de circulación 15 para las aguas residuales se proporcionan entre las cubiertas exteriores 16 de los colectores superiores de cortinas de membranas adyacentes.

Según el presente aspecto de la presente invención, los colectores superiores 4 adyacentes (consecutivos), cada uno de ellos unido a una cortina de membranas 2 adyacente (consecutiva), se disponen a diferentes alturas. El término altura se refiere a una medida a lo largo de la línea de gravedad, desde un mismo punto de referencia hasta un mismo lugar de un colector superior. En algunas formas de realización preferidas, la diferencia de altura entre dos colectores superiores consecutivos (adyacentes) es superior que la altura  $h$  de un colector superior.

Los términos adyacente y consecutivo significan directamente contiguo. Por tanto, los colectores superiores adyacentes o consecutivos son los colectores superiores contiguos, que están situados uno directamente detrás del otro, sin que haya un tercer colector superior interpuesto.

La altura  $h$  de un colector superior, tal como se indica en las figuras 1 y 2, se refiere a la dimensión vertical del colector superior (es decir, la dimensión del colector superior, medida a lo largo de una línea de gravedad y entre la parte inferior y la parte superior del mismo). El grosor  $t$  de un colector superior, tal como ilustra la figura 1, se refiere a la dimensión del colector superior medida a lo largo de una línea horizontal en el plano lateral (plano de dibujo de la vista lateral ilustrado en la figura 1). La longitud  $l$  de un colector superior, tal como ilustra la figura 2, se refiere a la

dimensión del colector superior medida a lo largo de una línea horizontal en el plano frontal (plano de dibujo de la vista frontal ilustrado en la figura 2).

5 Una selección apropiada de la diferencia de altura entre colectores superiores puede reducir la turbulencia. De dos colectores superiores consecutivos, el colector superior dispuesto más arriba se conocerá como el colector superior de arriba 41, y el otro se conocerá como colector superior de abajo 42. Preferentemente, el punto más bajo 43 del colector superior de arriba 41 se dispone entre 5 mm y 100 mm por encima del punto más alto 44 del colector superior de abajo 42, más preferentemente entre 10 mm y 100 mm por encima, y aún más preferentemente entre 20 mm y 100 mm por encima. Dicho punto más bajo puede estar situado en la parte inferior del colector superior de arriba. Dicho punto más alto puede estar situado en la parte superior del colector superior de abajo.

15 Al realizarse una medición entre un mismo punto de referencia y los mismos lugares en los colectores superiores (asumiendo que los colectores superiores poseen una misma altura  $h$ ), la última expresión puede indicarse como: la diferencia de altura  $\Delta H$  entre dos colectores superiores adyacentes (consecutivos) está preferentemente comprendida entre  $h + 5$  mm y  $h + 100$  mm, donde la definición de  $h$  es la mencionada anteriormente. Más preferentemente, dicha diferencia de altura  $\Delta H$  está comprendida entre  $h + 10$  mm y  $h + 100$  mm, y aún más preferentemente entre  $h + 20$  mm y  $h + 100$  mm. La magnitud de la diferencia de altura  $\Delta H$  puede seleccionarse según el grosor  $t$  del colector superior (o la diferencia entre  $t$  y el diámetro exterior de las membranas capilares). Cuanto más delgados sean los colectores superiores, menor será la diferencia de altura  $\Delta H$ .

20 Aunque las figuras 1 y 2 ilustran un ejemplo de configuración con una disposición escalonada (en zigzag), son asimismo posibles otras configuraciones alternativas, por ejemplo con un escalonado a tres niveles.

25 Asimismo, pueden contemplarse formas de realización donde los colectores superiores de abajo poseen una geometría diferente a la de los colectores superiores de arriba, por ejemplo para maximizar el área de circulación en el paso 15.

30 Según los aspectos anteriores de la presente invención, se reduce la restricción del camino de circulación en el paso 15, o al menos parte de la restricción se desvía y, por tanto, la restricción general se considera menos aguda, al desplazar la altura de algunos de los colectores superiores. Cuando la diferencia de altura  $\Delta H$  entre colectores superiores consecutivos es mayor que la altura  $h$  del colector superior (es decir, los colectores no se superponen en absoluto en una vista frontal), las aguas residuales que circulan hacia arriba experimentan restricciones por un único lado. Ello se ilustra en las figuras 3A y 4A con las flechas entre las cortinas de membranas 2. La figura 3A ilustra la situación que ocurre en módulos de la técnica anterior. La figura 4A ilustra la situación según los presentes aspectos de la presente invención. Tal como se puede observar en la figura 4A, el área del paso 15 de las aguas residuales se aumenta, a la vez que se mantiene un área de membrana específica prácticamente igual en el módulo.

35 Por consiguiente, se produce una reducción significativa de la turbulencia en los extremos superiores de las membranas capilares. De hecho, las aguas residuales y las burbujas de aire que circulan hacia arriba, entre dos cortinas adyacentes, no experimentan una restricción repentina en el lugar de los colectores superiores, como en la técnica anterior, ya que la altura de estos se ha desplazado. Como resultado de ello, se evitan las elevadas fuerzas de momento intermitentes y se alarga la vida útil de las membranas capilares.

40 Según el presente aspecto de la presente invención, tal como ilustran las figuras 1 y 2, las membranas capilares de cortinas de membranas consecutivas poseen además una longitud diferente (es decir, la distancia entre los colectores inferior y superior es diferente entre cortinas de membranas consecutivas).

45 Ventajosamente, ello se puede conseguir al disponer cortinas de membranas consecutivas a la misma altura en sus extremos inferiores (donde están unidas al(a los) colector(es) inferior(es)), manteniendo a su vez una disposición a alturas diferentes en el extremo superior (donde están unidas a los colectores superiores). Por tanto, la diferencia de longitud entre membranas capilares de cortinas de membranas consecutivas en tales casos resulta ser igual a la diferencia de altura  $\Delta H$  tal como se ha indicado anteriormente.

50 La variación en la disposición de altura en la parte superior y la disposición de membranas en hileras únicas puede asegurar las mejores condiciones de contacto entre las membranas y el líquido sin tratar combinado con un régimen de circulación beneficioso y un alargamiento de la vida útil de las membranas.

55 Además, el hecho de que las cortinas de membranas consecutivas posean longitudes diferentes no tiene un efecto significativo en la densidad de empaquetado de las membranas, pero sin embargo permite la disposición de cortinas de membranas sucesivas a la misma altura en la parte inferior. Ello reduce la complejidad del aparato y facilita su montaje. Además, puede permitir una circulación uniforme de entrada de líquido sin tratar en los pasos de circulación entre las cortinas de membranas.

60 La disposición de cortinas de membranas a la misma altura en la parte inferior puede además facilitar la integración de unos medios de aireado, como por ejemplo los conductos de ventilación 10, en la parte inferior entre las cortinas de membranas. Las burbujas de aire pueden inyectarse directamente en el paso de circulación entre las cortinas de

membranas, lo que permite su distribución uniforme entre las diferentes cortinas. Como resultado, puede evitarse la fusión de burbujas de aire a la entrada de un paso de circulación y su resultante obstrucción.

5 Debe tenerse en cuenta que, en la parte inferior, el líquido sin tratar puede entrar los pasos de circulación entre las cortinas de membranas por los lados, donde, si no hay restricciones, aún es más improbable que haya obturación del paso de circulación.

Los colectores superiores y/o el(los) colector(es) superior(es) pueden mantenerse fijados al unirlos a una estructura.

10 Según otro aspecto de la presente invención, se proporcionan dispositivos de filtración que comprenden colectores superiores provistos de un diseño concreto para acomodar un paso más grande para la circulación de la mezcla de lodo/aire, como por ejemplo el paso 55 ilustrado en la figura 5 que no forma parte de la presente invención. Según el presente aspecto, por lo menos un colector superior (de dos colectores superiores consecutivos) está formado de modo que posea un grosor  $t_1$  en el lugar 51 en el que está unido a una membrana capilar, mayor que el grosor  $t_2$  en los lugares 52 que puentean dos membranas capilares adyacentes (de una misma cortina de membranas). Dicho diseño puede requerir que los colectores superiores estén provistos de paredes laterales 53 corrugadas o ranuradas entre las membranas capilares, tal como ilustra la figura 5. Como resultado, se aumenta el área disponible para la circulación de la mezcla de aire/lodo entre colectores consecutivos y en una dirección paralela a los capilares, a la vez que se mantiene la misma área de membrana específica por unidad de volumen.

20 En una forma de realización alternativa del presente aspecto, los colectores superiores comprenden ranuras en sus paredes laterales en lugares interpuestos entre membranas capilares consecutivas. La orientación de dichas ranuras es paralela a las membranas capilares. Por tanto, se obtiene el mismo efecto que en la forma de realización de la figura 5.

25 La ventaja de que los colectores superiores posean paredes laterales corrugadas o ranuradas es fácil de ver al compararlos con los colectores superiores con paredes laterales lisas. Cuando se toma una sección horizontal de ambos, el área de la sección de un colector superior con paredes laterales corrugadas o ranuradas es significativamente inferior, dejando por tanto más espacio para el paso de la mezcla de aire/lodo.

30 Preferentemente, la(s) pared(es) lateral(es) corrugada(s) del colector superior 53 presenta(n) una forma sinusoidal. Puede presentar otras formas onduladas, preferentemente del tipo que cubra al menos parte del contorno de las membranas capilares. Preferentemente, la distancia entre los ápices superior e inferior (valle y pico) de dicha pared lateral corresponde a la mitad del diámetro externo de la membrana capilar.

35 Dicho colector superior puede fabricarse al unir dos láminas corrugadas de un material adecuado (preferentemente de tipo plástico) entre sí, con sus ápices dispuestos en las posiciones correspondientes, de modo que las láminas formen una imagen especular la una de la otra. En las aberturas formadas entre las láminas, se disponen las membranas capilares. Las láminas pueden adherirse entre sí y a las membranas con un adhesivo adecuado.

40 A título de ejemplo, para una membrana con un diámetro externo de 4 mm, pueden utilizarse láminas corrugadas con un grosor de 0,3 mm para formar el colector superior. Por tanto, el grosor  $t_1$  del colector superior será de unos 4,6 mm en las zonas en las que dicho colector superior esté unido a las membranas, y el grosor  $t_2$  será de unos 0,6 mm en zonas intermedias. Ello supone un aumento significativo del tamaño del paso de circulación entre colectores superiores consecutivos, en comparación con los colectores superiores con paredes laterales lisas (es decir, de un grosor constante  $t = 4,6$  mm).

45 Alternativamente, los colectores superiores corrugados pueden moldearse o forjarse alrededor de las membranas capilares.

50 Puede proporcionarse un elemento de refuerzo, como una barra o varilla, sobre los colectores superiores. El elemento de refuerzo está unido al colector superior en diversos puntos. Puede permitir una fijación externa del colector superior (p.ej. a una estructura). Como resultado, dicho elemento de refuerzo proporciona una rigidez adicional al colector, pero no interfiere en absoluto con la circulación de líquido sin tratar.

55 Preferentemente, los colectores superiores del presente aspecto se combinan con una disposición que comprende un colector inferior unido a una pluralidad de cortinas de membranas.

60 Si las cortinas de membranas están dispuestas a la misma altura en la parte inferior, ventajosamente, pueden integrarse dispositivos de ventilación entre las cortinas de membranas y posiblemente en el(los) colector(es) inferior(es). La integración de dispositivos de ventilación en el colector inferior o entre las cortinas de membranas permite inyectar las burbujas de aire directamente en el paso de circulación entre las cortinas de membranas y, por tanto, distribuir las burbujas de modo uniforme entre las diversas hileras.

En el caso preferido en el que el colector inferior está constituido por una única cámara para recoger permeado, el líquido sin tratar entra los pasos de circulación entre las cortinas de membranas por los lados, donde, en ausencia de restricciones, es menos probable que ocurra una obstrucción del paso de circulación.

5 El presente aspecto de la presente invención (diseño de las paredes laterales de los colectores superiores) puede proporcionarse además de los aspectos previos. Con una disposición escalonada de los colectores superiores tal como se ha indicado anteriormente, por lo menos los colectores superiores de abajo están constituidos según el presente aspecto de la presente invención.

10 Según una forma de realización preferida de los dispositivos de la presente invención, se proporciona un material amortiguador, como por ejemplo un material elastomérico, alrededor de las membranas capilares, en el lugar en el que están encapsuladas en los colectores superiores 4 y/o en el lugar en el que están encapsuladas en el colector inferior 3. El material elastomérico puede reducir las vibraciones de la membrana capilar debidas a la circulación de aguas residuales y/o burbujas de aire. Por tanto, además de situar los colectores superiores en un sitio concreto y/o  
15 diseñar los colectores superiores en módulos según la presente invención, se puede obtener una mejora aún superior en la vida útil del material de los capilares, al proporcionar un material reductor sobre los mismos. Dicho material amortiguador es preferentemente un material elastomérico. Algunos materiales elastoméricos aptos pueden ser gomas de silicona, o poliuretanos, como los utilizados para la fabricación de moldes. Las siliconas de dos componentes, más preferentemente siliconas de policondensación como por ejemplo ASSYST 181 (Assyst BVBA, Bélgica) son especialmente adecuadas. Preferentemente, tras su curación, el material amortiguador (material elastomérico) posee una dureza de Shore A (Dureza Shore) comprendida entre 10 y 40, más preferentemente entre 15 y 25.

25 Preferentemente, el material amortiguador se proporciona de modo continuo, bajo el colector superior (y/o sobre el colector inferior), para interconectar las membranas capilares localmente en una cortina de membranas. Alternativamente, el material amortiguador puede proporcionarse alrededor de cada membrana capilar por separado.

Las cortinas de membranas 2 dentro de los módulos según la presente invención se disponen ventajosamente a una distancia preferentemente fija entre sí (p.ej. al montar los colectores inferior y superior a una distancia bien definida el uno del otro). Además, las membranas capilares individuales dentro de una misma cortina se disponen preferentemente con un espaciado (sustancialmente) equivalente, una al lado de la otra.

35 Por tanto, las membranas capilares individuales se mantienen ventajosamente separadas entre sí de un modo controlable, por lo que se obtiene una excelente accesibilidad de las burbujas de aire y las aguas residuales a las membranas sin riesgo de enredos.

Un aparato para filtrar líquidos sin tratar puede comprender una pluralidad de módulos de filtración 1. Estos se suelen disponer uno al lado del otro en un tanque donde el líquido sin tratar circula cuando el aparato está en funcionamiento.

40 En una aplicación típica como por ejemplo biorreactores de membrana (BRM), se aplican burbujas de aire para mantener las aguas residuales (el líquido "bruto") en movimiento alrededor de los capilares y entre ellos, y para evitar que cualquier sólido o partícula de las aguas residuales se hunda hasta el fondo del tanque de biorreactor de membrana. Dicho aire entra desde debajo de los módulos y limpia la superficie exterior de las membranas capilares con un efecto de depuración. Opcionalmente, se puede proporcionar aire (adicional) a través de las aberturas 11 de un tubo 10 de suministro de aire entre las capas planas 2 de los capilares justo por encima del colector inferior 3. Puede proporcionarse un tubo de suministro de aire entre cada capa plana 2 tal como ilustra la figura 1. Alternativamente, pueden proporcionarse tubos 10 de suministro de aire únicamente entre algunas de las cortinas.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo para la filtración de líquidos, que comprende:

- 5 - una pluralidad de cortinas de membranas (2),
- un colector inferior (3) previsto en el extremo inferior de las cortinas de membranas y unido a las membranas capilares de al menos una cortina de membranas,
- 10 - un colector superior (4) individual para cada cortina de membranas, estando previsto el colector superior en un extremo superior de la cortina de membranas y unido a las membranas capilares de la misma,

15 en el que las cortinas de membranas (2) están dispuestas, durante su utilización, en una configuración vertical y los colectores superiores (4) se encuentran separados, permitiendo así una circulación hacia arriba del líquido entre las cortinas de membranas (2) y entre los colectores superiores (4), en el que dichos colectores superiores (41, 42) de por lo menos dos cortinas de membranas adyacentes están dispuestos a diferentes alturas, y en el que, de dichas dos cortinas de membranas adyacentes, cuyos colectores superiores están dispuestos a diferentes alturas, el punto más alto (44) del colector superior de abajo (42) está dispuesto por debajo del punto más bajo (43) del colector superior de arriba (41) en una proyección ortogonal sobre la línea de gravedad,

20 caracterizado porque cada cortina está formada por una única hilera de membranas capilares (5), y porque las membranas capilares (5) de dichas cortinas de membranas (2) tienen longitudes diferentes y los extremos inferiores de dichas cortinas de membranas (2) adyacentes están dispuestos a una misma altura.

25 2. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que, en la proyección sobre la línea de gravedad, dicho punto más alto está situado entre 5 mm y 100 mm por debajo de dicho punto más bajo, preferentemente entre 10 mm y 100 mm por debajo.

30 3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los colectores superiores están dispuestos de modo escalonado en la dirección de la línea de gravedad.

4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los colectores superiores están dispuestos a dos alturas diferentes (43, 44) de manera alterna.

35 5. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el colector inferior (3) está unido a las membranas capilares de por lo menos dos cortinas de membranas adyacentes.

40 6. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el colector inferior (3) está configurado para recoger y retirar el permeado.

7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el colector inferior (3) está formado por una única cámara de recogida.

45 8. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los colectores superiores (4) están configurados para recoger y retirar el filtrado.

50 9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que por lo menos un colector superior está conformado para presentar un mayor espesor ( $t_1$ ) allí donde está unido a una membrana capilar, en comparación con unos lugares ( $t_2$ ) en los que dicho colector puentea las membranas capilares.

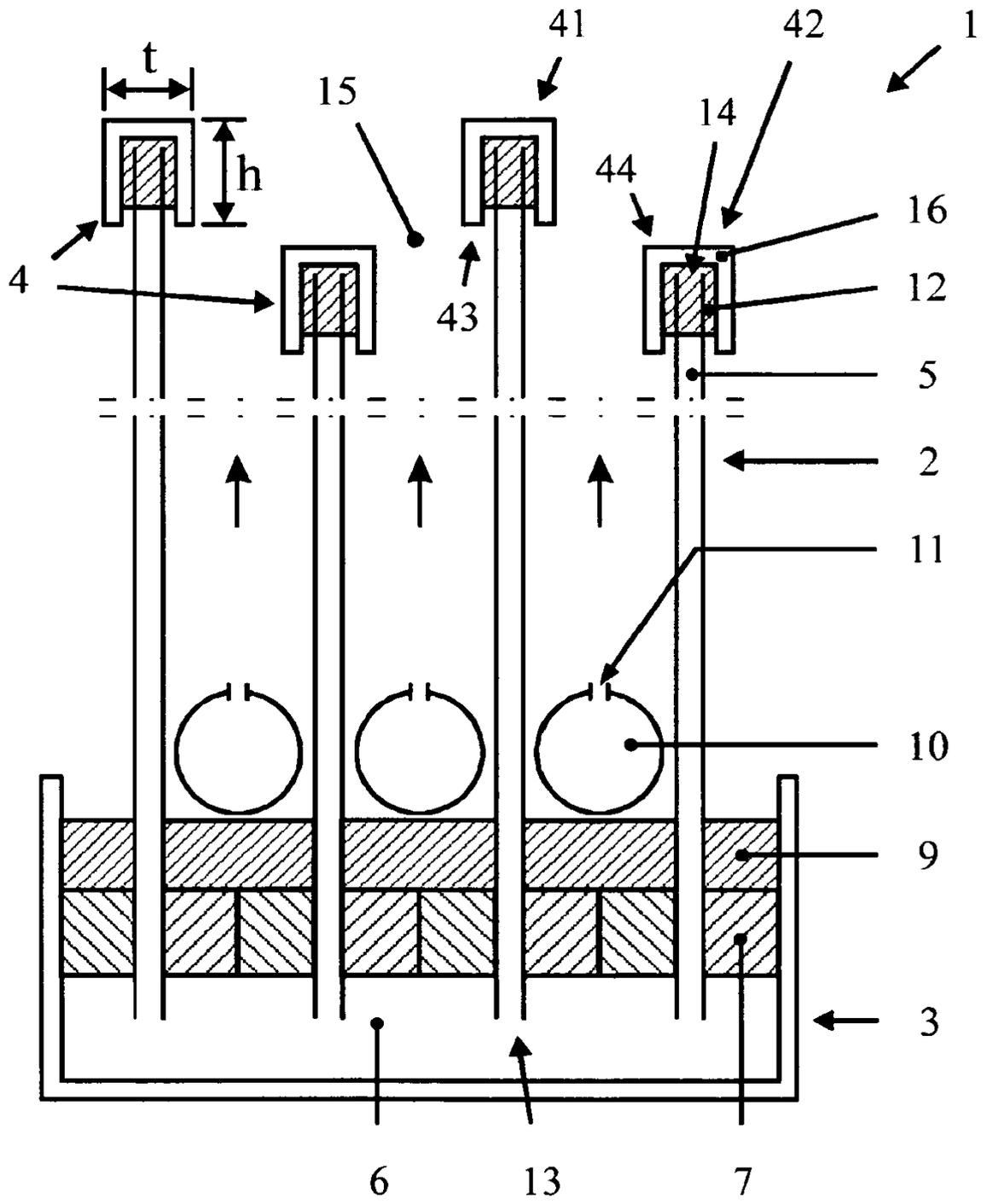
10. Dispositivo según la reivindicación 9, en el que por lo menos una pared lateral del colector superior está corrugada, de tal manera que las ranuras y crestas corran paralelas a las membranas capilares.

55 11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un material elastomérico está previsto alrededor de cada membrana capilar en lugares en los que la membrana capilar está unida al colector superior para reducir las vibraciones y/o oscilaciones de la membrana capilar.

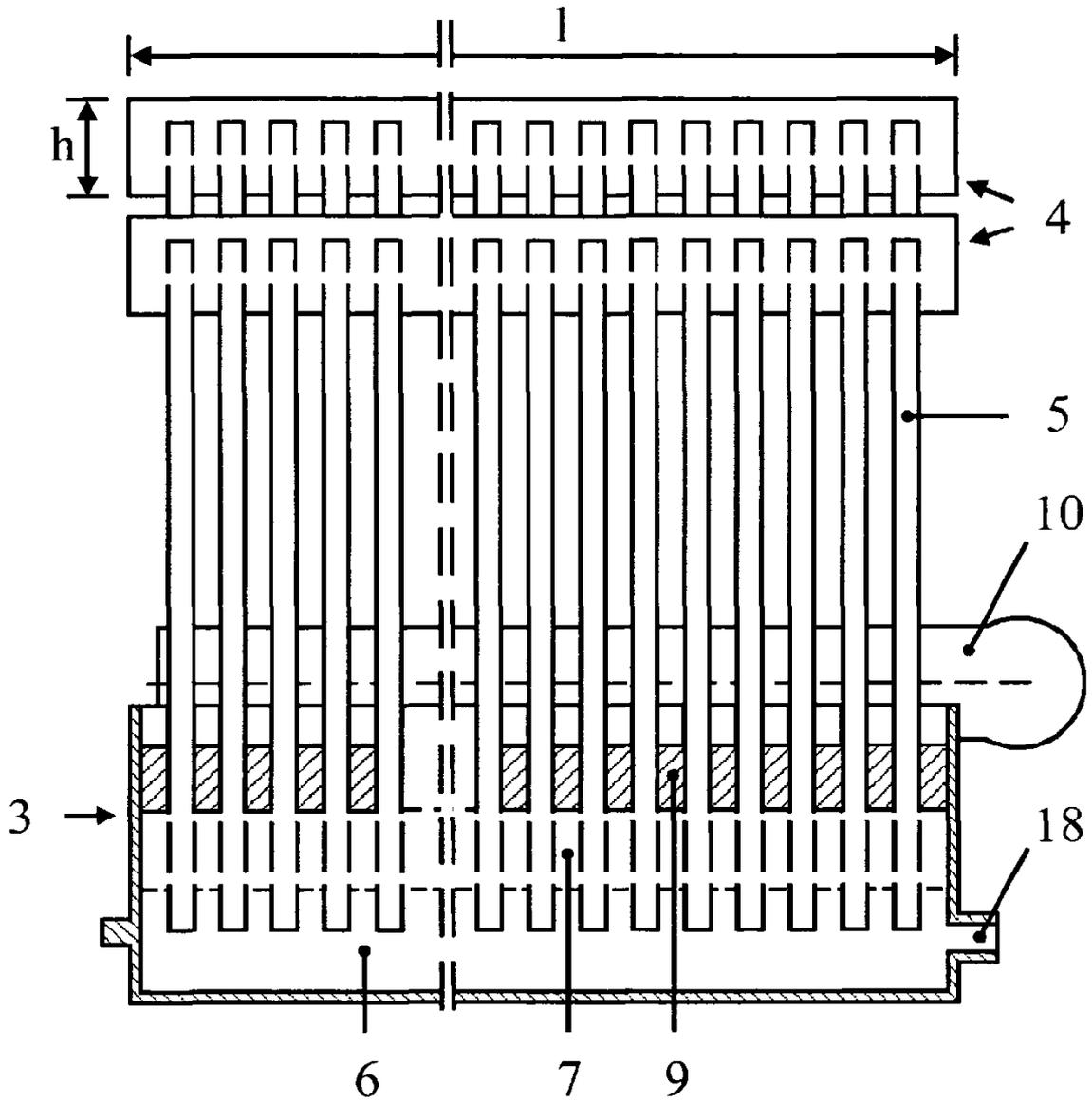
60 12. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende unos medios de aireado (10, 11) entre las cortinas de membranas.

13. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las membranas capilares son membranas de nano, micro o ultrafiltración de fuera hacia dentro.

65 14. Utilización del dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en aplicaciones de filtración sumergida.



**FIG 1**



**FIG 2**

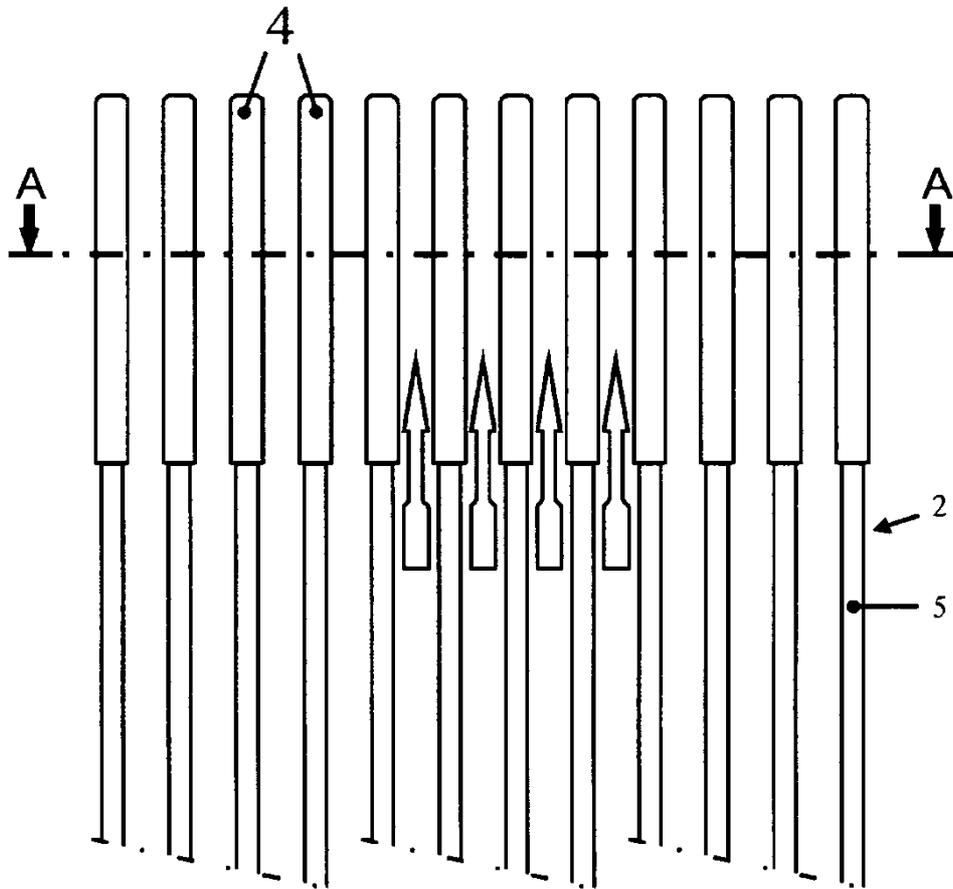


FIG 3A

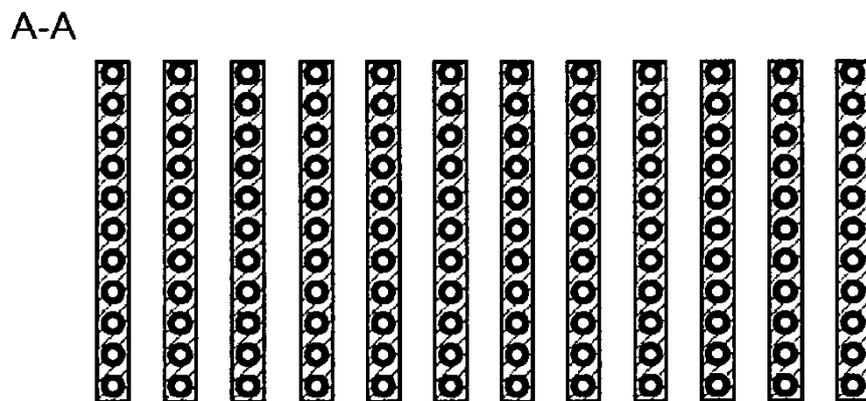
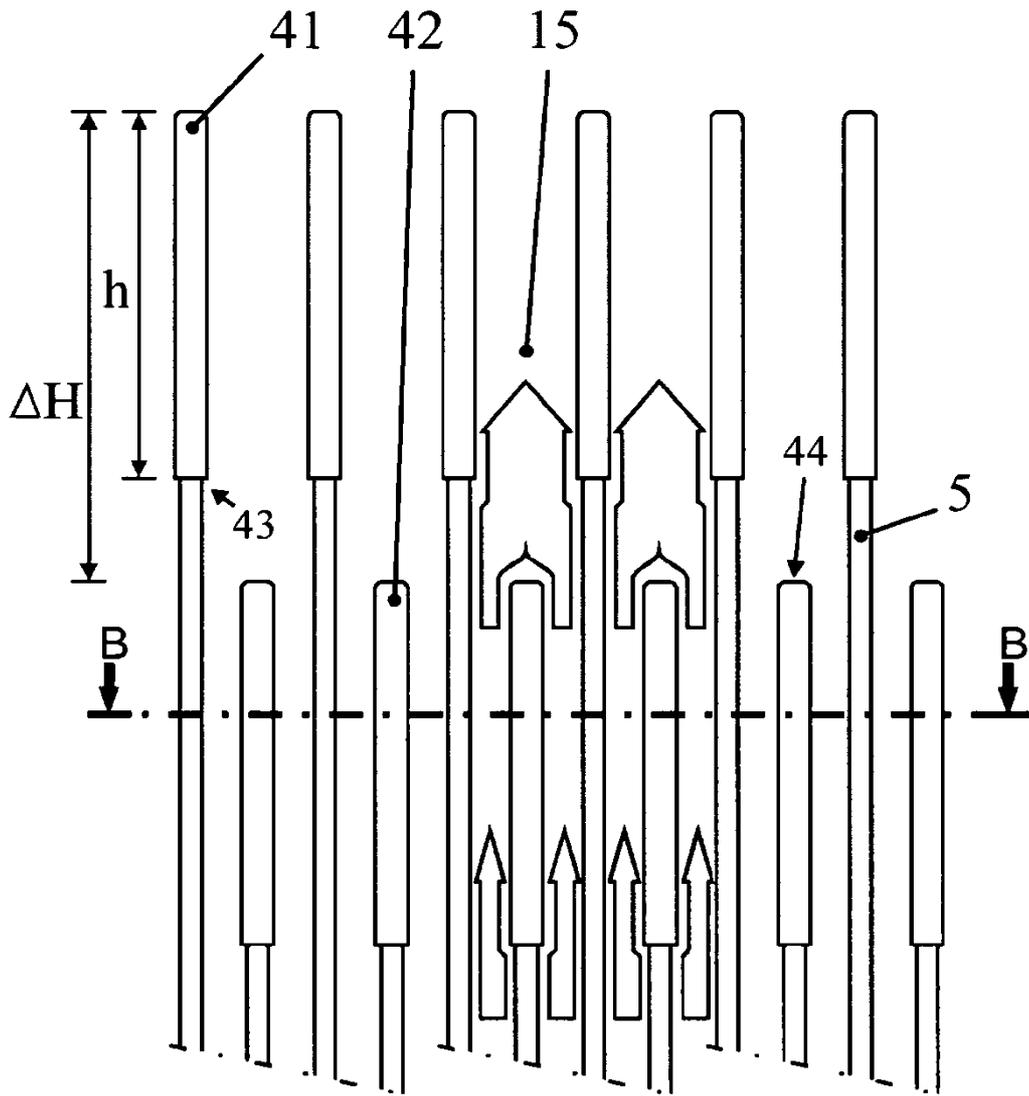


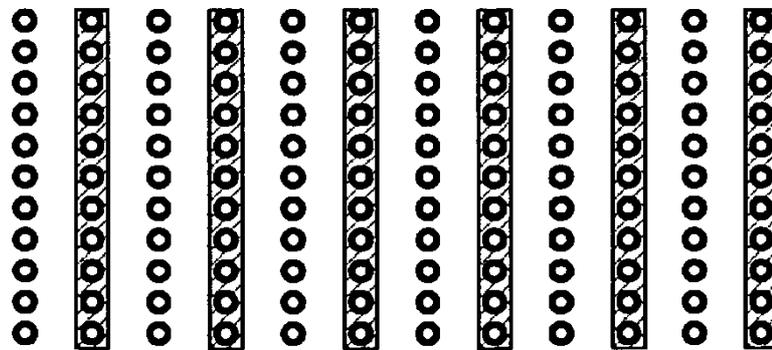
FIG 3B

FIG 3 (TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG 4A**

B-B



**FIG 4B**

**FIG 4**

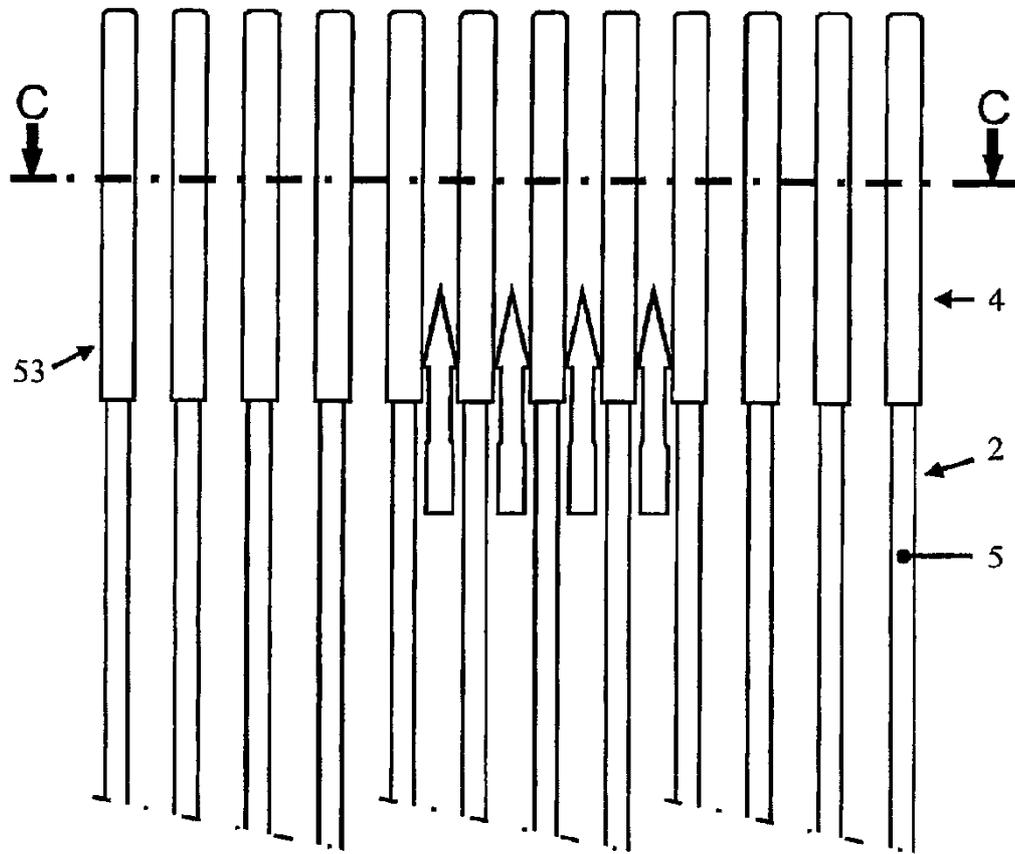


FIG 5A

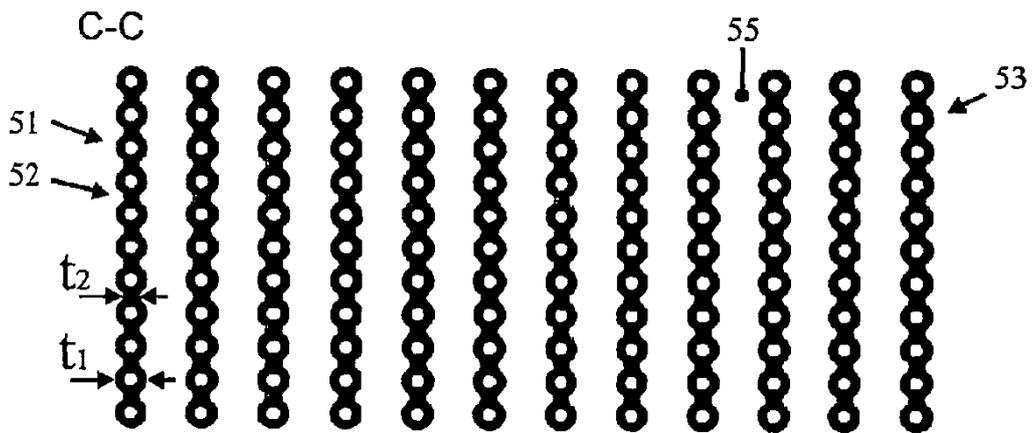


FIG 5B

FIG 5