

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 723 976**

51 Int. Cl.:

**B01D 63/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.12.2015 PCT/EP2015/078648**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.06.2016 WO16087638**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2015 E 15812989 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.02.2019 EP 3227005**

54 Título: **Cartucho de membrana con funciones integradas**

30 Prioridad:

**05.12.2014 EP 14196471**

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

**04.09.2019**

73 Titular/es:

**VITO NV (VLAAMSE INSTELLING VOOR  
TECHNOLOGISCH ONDERZOEK NV) (100.0%)  
Boeretang 200  
2400 Mol, BE**

72 Inventor/es:

**DOYEN, WILLY y  
MOLENBERGHS, BART**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 723 976 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**

Cartucho de membrana con funciones integradas

La presente invención se refiere a cartuchos que comprenden un soporte para la fijación de (a) membrana(s) semipermeable(s) a aquel, en los cuales el soporte comprende un canal de recolección de permeado integrado.

5 Los cartuchos de membrana del tipo de más arriba se conocen a partir de, p.ej., los documentos WO 2013/113928, WO 2006/091157, EP 0662341 y EP 1366804. Dichos cartuchos comprenden una estructura de soporte plana rígida y una o más capas de filtración, normalmente hechas de una membrana semipermeable orgánica, provista en al menos un lado y normalmente en ambos lados de la estructura de soporte. La estructura de soporte normalmente comprende canales de recolección de permeado integrados formados dentro de la estructura,  
10 entre las superficies externas opuestas en las cuales se proveen las capas de membrana. Los canales de recolección de permeado integrados se conectan a un puerto de salida del cartucho para evacuar el permeado (p.ej., el filtrado).

Los cartuchos de membrana se usan, p.ej., en módulos de filtración, en los cuales un gran número de cartuchos se apilan. Normalmente, como, por ejemplo, en la purificación de aguas residuales y biorreactores, los módulos de filtración se sumergen completamente en el agua residual. La formación de burbujas de aire se provee debajo de la pila de cartuchos de filtración con el fin de crear un flujo hacia arriba de agua residual a lo largo de las membranas. Las burbujas de aire también son eficaces en el lavado de la superficie de la membrana y, por consiguiente, en la retirada de sólidos que tienden a adherirse a la membrana. Los módulos de filtración del tipo de más arriba se describen en, p.ej., los documentos WO 03/037489 y EP 0662341. El documento US 2005/0123727 describe un conjunto de membrana integrada que incluye dos o más elementos de membrana de hoja plana y al menos un colector común conectado a las regiones interiores de los elementos de membrana, y en donde el colector comprende un canal de flujo que lleva fluido para entregar burbujas de gas al espacio entre los elementos de membrana. El documento US 2010/0258492 describe un módulo de membrana de filtrado provisto con múltiples tubos de aireación debajo del módulo de membrana. Los tubos de aireación se proveen con múltiples agujeros de aireación que miran hacia arriba.  
15  
20  
25

Se ha observado que la formación de burbujas de aire es de crucial importancia para un funcionamiento correcto del módulo de filtración. Debe asegurarse que la formación de burbujas de aire se aplique tan uniformemente como sea posible a lo largo de todas las superficies de membrana de cada cartucho, de modo que cada cartucho dentro del módulo pueda funcionar de manera óptima. Se notará además que la aireación representa una parte significativa del coste operativo de los aparatos de filtración.  
30

Además, hay una tendencia hacia la construcción de biorreactores y aparatos de filtración más grandes y, en dichos sistemas grandes, es clave hacer un uso óptimo del volumen disponible. Por lo tanto, hay una tendencia hacia el aumento del área de superficie de la membrana (filtración) por unidad de volumen tanto como sea posible. En este aspecto, los aireadores usados debajo de las pilas de cartuchos de filtración ocupan un volumen bastante grande que no puede usarse para la filtración.  
35

Es un objeto de la invención proveer un diseño más apropiado de cartuchos y/o módulos de membrana, que pueda responder a las necesidades de más arriba. Es un objeto de la invención proveer sistemas más compactos con rendimiento similar o incluso mejorado en comparación con los sistemas de la técnica anterior. Es un objeto de la invención proveer sistemas que tengan un coste operativo más bajo.

40 Según aspectos de la invención, se provee, por lo tanto, un conjunto para tratar fluidos, a saber, un conjunto de cartucho, según se establece en las reivindicaciones anexas.

Según aspectos adicionales de la invención, se provee un módulo para tratar fluidos que comprende una pila de los conjuntos de más arriba, según se establece en las reivindicaciones anexas. Según un aspecto incluso adicional de la invención, se provee un reactor de biomasa que comprende al menos uno de los módulos de más arriba, según se establece en las reivindicaciones anexas.  
45

Los conjuntos según los aspectos de la invención comprenden un soporte para una membrana semipermeable, en donde el soporte tiene una primera superficie plana y una segunda superficie opuesta. Al menos un primer compartimento de fluidos se interpone entre la primera y segunda superficies y, de manera ventajosa, se extiende de la primera superficie a la segunda superficie. Un segundo compartimento de fluidos, separado del primer compartimento, se interpone entre la primera y segunda superficies como, por ejemplo, para extenderse de la primera superficie a la segunda superficie. Los conjuntos comprenden un primer conducto en comunicación fluida con el al menos un primer compartimento de fluidos y un segundo conducto en comunicación fluida con el segundo compartimento de fluidos. Tanto el primero como el segundo conductos y el primer y segundo compartimentos de fluidos son herméticos contra fluidos unos con respecto a los otros como, por ejemplo, a través de paredes de separación impermeables a los fluidos, dentro del conjunto. En otras palabras, el segundo conducto es hermético  
50  
55

contra fluidos con respecto al al menos un primer compartimento, y el primer conducto es hermético contra fluidos con respecto al al menos un segundo compartimento dentro del conjunto.

5 Los conjuntos según la invención comprenden compartimentos de fluidos separados que se integran dentro del, o se fijan al, soporte posiblemente rígido de una membrana. Dichos compartimentos de fluidos separados se sirven por conductos separados, lo cual permite que los compartimentos separados se usen, de manera ventajosa, para diferentes funciones. La integración de dichas funciones dentro del, o alineadas con, el soporte optimiza la densidad de apilamiento y mejora la uniformidad de funcionamiento entre cartuchos a lo largo de la pila. Ello permite mejorar el rendimiento operativo del cartucho y del módulo y/o reducir los costes operativos y/o de instalación.

10 La provisión de compartimentos separados dentro del soporte, cada uno servido por un conducto separado, además permite todo un rango nuevo de aplicaciones. Se describe, por lo tanto, un uso de conjuntos y/o módulos según aspectos de la invención para dosificar compuestos químicos al fluido circundante a través de un compartimento separado del soporte. La dosificación puede llevarse a cabo además de la extracción de permeado a través de otros compartimentos del soporte. Los compuestos químicos pueden ser inhibidores de incrustación. Se describe un uso de conjuntos y/o módulos según aspectos de la invención para la retirada selectiva de compuestos como, por ejemplo, compuestos inhibidores a través de un compartimento separado del soporte. La retirada puede llevarse a cabo además de la extracción de permeado a través de otros compartimentos del soporte. La retirada selectiva puede llevarse a cabo por la extracción líquido-líquido. Los compuestos retirados de forma selectiva pueden ser productos de reacción de una corriente de alimentación como, por ejemplo, etanol a través de la pervaporación. Los compartimentos separados del soporte pueden, cada uno, configurarse para retirar de forma selectiva diferentes compuestos (p.ej., diferentes productos de reacción) de una corriente de alimentación como, por ejemplo, a través de la provisión de diferentes membranas en diferentes áreas del soporte.

También se describe un panel de membrana. El panel de membrana comprende un soporte ventajosamente rígido y una primera membrana semipermeable. El soporte comprende una primera superficie plana dispuesta para respaldar el soporte de, y formar una interfaz con, la primera membrana semipermeable, y una segunda superficie, que puede ser plana y en la cual una segunda membrana semipermeable puede fijarse. La primera y segunda superficies se disponen opuestas entre sí. El panel de membrana comprende múltiples compartimentos interpuestos entre la primera y segunda superficies, los compartimentos disponiéndose para transportar fluido. El panel de membrana comprende múltiples primeros pasajes de fluido que se extienden desde la primera superficie y que están en comunicación fluida con al menos uno de los compartimentos y con la primera membrana semipermeable, el al menos uno de los compartimentos formando un primer conjunto de los compartimentos. La primera membrana semipermeable se extiende sobre un área de membrana en la primera superficie y cubre los primeros pasajes de fluido. El panel de membrana comprende segundos pasajes de fluido que se extienden entre uno o más compartimentos de un segundo conjunto de los compartimentos, separado del primer conjunto, y la primera superficie, y están en comunicación fluida con el único o más compartimentos del segundo conjunto. Los segundos pasajes de fluido se ubican en una segunda área de la primera superficie que está separada del área de membrana. La segunda área puede estar libre de cobertura por una membrana, se extiende, de forma ventajosa, a lo largo de un borde de la primera membrana semipermeable y se ubica, de manera ventajosa, debajo del área de membrana. Los compartimentos del primer conjunto y los compartimentos del segundo conjunto son herméticos contra fluidos unos con respecto a los otros. El panel de membrana se usa, de manera ventajosa, en conjuntos según los aspectos de la invención.

Ahora se describirán aspectos de la invención en mayor detalle con referencia a los dibujos anexos, que son ilustrativos, y en donde iguales numerales de referencia ilustran iguales características, en donde:

La Figura 1 representa una vista plana frontal de un cartucho de filtración según la invención;

45 la Figura 2 representa una vista en perspectiva del soporte y capa de membrana -que juntos forman un panel de membrana- del cartucho de la Figura 1, con un corte parcial de la membrana;

la Figura 3 representa una vista en sección transversal parcial del soporte de la Figura 2;

la Figura 4 representa una vista en perspectiva de un extremo derecho del cartucho de la Figura 1 con la membrana retirada y con un corte parcial para revelar partes interiores del colector y del soporte;

la Figura 5 representa una vista en detalle del despiece de la Figura 4;

50 la Figura 6A representa una vista en sección transversal en perspectiva de un colector para su uso en cartuchos según la invención; la Figura 6B representa una vista en perspectiva del colector de la Figura 6A;

la Figura 7 representa una vista en sección transversal parcial de un soporte y membranas según otra realización de la invención;

la Figura 8 representa una vista en sección transversal parcial del soporte de la Figura 7 usado en otra realización de la invención;

la Figura 9 representa una vista en perspectiva de un módulo de filtración, que comprende una pila de cartuchos de filtración de la Figura 1 colectores de pila;

5 la Figura 10 representa una vista parcial del despiece del módulo de la Figura 9;

la Figura 11 representa una vista en sección transversal parcial de un soporte y segundo compartimento fijado según una realización que no es parte de la invención;

la Figura 12 representa un establecimiento experimental usado para llevar a cabo los experimentos comparativos descritos en la presente memoria; y

10 las Figuras 13 a 15 representan gráficos de resultados experimentales del rendimiento operativo de cartuchos (indicados #1 - #3) según aspectos de la invención cuando se usan para la filtración y aireación en un establecimiento de ensayo de biorreactor de membrana. Cada gráfico muestra resultados para dos experimentos consecutivos, separados por la línea punteada y en donde la evolución del flujo bruto (línea punteada, escala derecha) y la presión transmembrana (TMP, por sus siglas en inglés, línea continua, escala izquierda) se establecen  
15 versus tiempo.

Un cartucho de membrana se refiere a un conjunto que comprende: (i) un soporte de respaldo plano para una membrana semipermeable, en donde uno o más compartimentos que transportan fluido se integran dentro del soporte, (ii) uno o más puertos de fluido dispuestos en comunicación fluida con los compartimentos, para evacuar y/o alimentar el fluido de/a los compartimentos y, de manera opcional, (iii) la membrana semipermeable fijada en un  
20 lado o lados opuestos del soporte. Colectores de distribución de fluido pueden proveerse entre los puertos de fluido y los compartimentos de fluidos. A lo largo de la descripción, por lo tanto, la noción de cartucho puede o puede no suponer la presencia de la membrana semipermeable. De allí que un cartucho de membrana puede referirse tanto a un producto de conjunto intermedio (sin capa de membrana) como al producto final.

Un compartimento de fluidos se refiere a un volumen vacío o cámara que está en comunicación fluida con uno o más de los puertos de fluido del conjunto de cartucho. El compartimento de fluidos puede disponerse integralmente dentro del soporte (como se mostrará, p.ej., en relación con las Figuras 7 y 8), o puede fijarse al soporte, en alineación, de manera ventajosa, con el soporte (como se mostrará en relación con la Figura 11).

Un módulo se refiere a una pila de cartuchos de membrana. Los cartuchos de membrana en un módulo tienen, todos, una capa de membrana semipermeable fijada en su soporte.

30 Una red, según su uso en la presente descripción, se refiere a una parte integral o separada del soporte, que forma una conexión continua, plana, estrecha y rígida entre dos paredes dispuestas de manera opuesta, espaciadas y ventajosamente paralelas del soporte.

Una membrana, según su uso en la presente descripción, se refiere a una membrana semipermeable, que es una capa u hoja de un material sólido, continuo y ventajosamente poroso que tiene una estructura que permite que uno o más compuestos se transporten, de manera selectiva, a través de la membrana y, por lo tanto, permite separar el  
35 único o más compuestos de una alimentación, que puede ser líquida o gaseosa. Una membrana, por lo tanto, presenta una permeabilidad determinada para el único o más compuestos. La permselectividad puede determinarse por todos los tipos de mecanismos de separación como, por ejemplo, pero sin limitación a ello, un tamaño de poro característico de la membrana (p.ej., membranas de filtración microporosas o nanoporosas), por una atracción  
40 característica de los tipos de carga específicos (p.ej., una membrana con intercambio iónico), sorción selectiva, o características de difusión de solución.

Las membranas, según la referencia en la presente descripción, se configuran, de manera ventajosa, para la separación de compuestos por microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa, ósmosis hacia adelante, ósmosis por presión retardada, biorreactores de membrana, pervaporación, destilación de membrana, membranas  
45 líquidas soportadas, pertracción, absorbentes de membrana, reactores de enzimas, contactores de membrana, electrodiálisis (inversa), o separación de gases. Las membranas pueden configurarse como membranas con intercambio iónico.

Las membranas, según su referencia en la presente descripción, son membranas obtenidas ventajosamente sujetando una solución de polímeros a un proceso de separación de fases. La separación de fases, a la que también se hace referencia como inversión de fase, es un proceso conocido en donde la separación entre el polímero y el  
50 disolvente se induce. Como resultado de la separación, el polímero se precipita y, de esta manera, forma una red de membrana con una estructura deseada (tamaño de poros, estructura de poros, etc.). Etapas adicionales del proceso pueden llevarse a cabo con el fin de retirar el disolvente de forma completa (p.ej., lavado) y de obtener una estructura de poros final (p.ej., retirada de formadores de poro). La separación puede inducirse según varias

técnicas. Una posibilidad es la separación de fases inducida térmicamente (TIPS, por sus siglas en inglés), en donde la separación se induce por un cambio de temperatura en la interfaz de la solución de polímeros. Otra posibilidad es inducir una reacción química en la solución de polímeros, lo cual provoca la separación. Se hace referencia a ello como separación de fases inducida por reacción (RIPS, por sus siglas en inglés). Sin embargo, en la amplia mayoría de los casos, la separación se induce por la difusión de fases. La solución de polímeros se pone en contacto con otra fase, que es un líquido (separación de fases inducida por líquido o LIPS, por sus siglas en inglés), o un gas (vapor, a la cual se hace referencia como separación de fases inducida por vapor o VIPS, por sus siglas en inglés), que es un no disolvente del polímero puede que es miscible con el disolvente de la solución de polímeros. El líquido o vapor se difundirán a través de la solución de polímeros y provocarán un cambio local en la composición de la solución de polímeros, induciendo la separación. Como resultado, el polímero se precipita a partir de la solución. También se hace referencia a LIPS como precipitación por inmersión. Será conveniente notar que cualquier proceso de separación de fases puede aplicarse para preparar las membranas según se describe en la presente memoria.

La membrana comprende o consiste en un compuesto de polímero ventajosamente termoplástico, al que se hará referencia de aquí en adelante como el primer compuesto de polímero. El primer compuesto de polímero es el compuesto polimérico principal o primario usado para preparar la membrana que forma la solución, p.ej., el compuesto de polímero presente en cantidad más grande en la membrana que forma la solución. El primer compuesto de polímero puede ser polisulfona (PSU), polietersulfona (PESU), una variante injertada de ellas, o un copolímero de cualquiera de los polímeros. El primer compuesto de polímero puede ser fluoruro de polivinilideno (PVDF), cloruro de polivinilideno (PVDC), una variante injertada de ellos, o un copolímero de cualquiera de los polímeros. El primer compuesto de polímero puede ser cloruro de polivinilo (PVC), policloruro de vinilo clorado (CPVC), una variante injertada de ellos, o un copolímero de cualquiera de los polímeros. El primer compuesto de polímero puede ser un polímero de la familia de la poliariletercetona (PAEK) como, por ejemplo, polieteretercetona (PEEK), una variante injertada de cualquiera de dichos polímeros como, por ejemplo, polieteretercetona sulfonada (PEEK-WC), o un copolímero de cualquiera de dichos polímeros. El primer compuesto de polímero puede ser policlorotrifluoroetileno (PCTFE), polieterimida (PEI), poliimida (PI), poliamidaimida (PAI), poliacrilonitrilo (PAN), poliuretano (PUR), en particular, un poliuretano termoplástico, una variante injertada de cualquiera de dichos polímeros, o un copolímero de cualquiera de dichos polímeros. El primer compuesto de polímero puede ser sulfuro de polifenileno (PPS), acetato de celulosa (CA), triacetato de celulosa (CTA), una variante injertada de cualquiera de dichos polímeros, o un copolímero de cualquiera de dichos polímeros. Los copolímeros según se indica más arriba pueden ser copolímeros apropiados del polímero indicado con cualquiera de cloruro de polivinilo, polimetilmetacrilato (PMMA), policarbonato (PC), cianoacrilato, triacetato de celulosa, sulfuro de polifenileno, poliestireno (PS), alcohol de polivinilo (PVA), acetato de polivinilo (PVAc), y poliamidas como, por ejemplo, policaprolactona (nylon 6) y nylon-6,6. El primer compuesto de polímero puede ser una mezcla adecuada de dos o más de los polímeros enumerados más arriba.

La cantidad de primer compuesto de polímero en la membrana (seca) (final) puede ser de al menos 5% en peso, de hasta al menos 50% en peso. El primer compuesto de polímero puede ser un aglutinante orgánico que forma una matriz o red de la membrana, en la cual un material de relleno posiblemente hidrofílico se dispersa de manera opcional. El material de relleno puede ser orgánico y es ventajosamente uno o una combinación de: hidroxipropilcelulosa (HPC), carboximetilcelulosa (CMC), polivinilpirrolidona (PVP), polivinilpirrolidona reticulada (PVPP), alcohol de polivinilo, acetato de polivinilo, óxido de polietileno (PEO), polietilenglicol (PEG) y glicerol. Dichos materiales de relleno pueden proveerse como formadores de poros y pueden retirarse en una etapa postratamiento como, por ejemplo, mediante lavado en una solución de lejía (p.ej., para PVP). Otros materiales de relleno, que permanecen en la capa de membrana final, pueden ser una amina como, por ejemplo, pero sin limitación a uno o una combinación de: monoetanolamina (MEA), dietanolamina (DEA), polietilenimina (PEI), aminopropil-trimetoxisilano y polietilenimina-trimetoxisilano. El material de relleno puede ser un polímero que contiene una amida o amina como, por ejemplo, pero sin limitación a uno o una combinación de: poliamida (PA), poliuretano (PUR), polivinilamina (PVAm) y melamina. El material de relleno puede ser inorgánico como, por ejemplo, uno o una combinación de  $TiO_2$ ,  $HfO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $Zr_3(PO_4)_4$ ,  $Y_2O_3$ ,  $SiO_2$ , carbono, posiblemente en soporte Pt, Ru o Rh,  $BaSO_4$ ,  $BaTiO_3$ , materiales en polvo de óxido de perovskita, zeolitas, marco orgánico metal (MOF) y carburo de silicio. Variantes funcionalizadas de los materiales de relleno (como, por ejemplo, aminado, sulfonado, acrilado) pueden usarse. Combinaciones de los materiales orgánicos e inorgánicos de más arriba pueden usarse, así como material de relleno.

Los aspectos de la invención se refieren a conjuntos que llevan a la fabricación de cartuchos de membrana, en particular, los así llamados cartuchos de membrana de hoja plana. Los conjuntos según la invención integran múltiples funcionalidades en el conjunto, por tanto, en un solo cartucho. Una de dichas funcionalidades puede ser la recolección y extracción de permeado, que es conocida. Una funcionalidad adicional puede ser la formación de burbujas de aire. Otra funcionalidad adicional puede ser la recolección y extracción de un segundo permeado diferente dentro del mismo cartucho. Incluso otra funcionalidad adicional puede ser la difusión de gases. Estas y otras funcionalidades pueden integrarse en el conjunto y cartucho, sin aumentar de forma significativa el tamaño del cartucho, por lo tanto, llevando a módulos más compactos. Dichas funcionalidades adicionales también permiten obtener un control más uniforme de las condiciones operativas a lo largo de la pila, de modo que el funcionamiento de cada cartucho dentro de la pila puede mejorarse, lo cual lleva a un rendimiento aumentado.

Un cartucho de membrana según los aspectos de la invención se muestra en la Figura 1. El cartucho 10 integra dos funcionalidades diferentes. Una primera funcionalidad es la recolección y extracción de permeado extraído a través de una membrana semipermeable 11. El permeado se recoge dentro de una estructura de soporte 12 para la membrana 11, como se describirá en mayor detalle. El permeado recogido se extrae a través de puertos de salida 131 y 141 como se conoce en la técnica. Una segunda funcionalidad del cartucho 10 es la formación de burbujas de aire. Con tal fin, el soporte 12 se provee en su borde inferior con agujeros 15 para dispersar aire del cartucho hacia el cartucho 10 que rodea el fluido. Los agujeros 15 están en comunicación fluida con puertos de entrada de aire 132, 142 provistos de manera adyacente a los puertos de extracción de permeado 131, 141. Los colectores 13, 14 fijados al soporte 12 en cualquier lado de aquel se disponen para transportar permeado desde dentro del soporte 12 a los puertos de salida 131, 141 y para llevar aire de los puertos de entrada 132, 142 a los agujeros 15.

Con referencia a las Figuras 2 y 3, el soporte 12, que es ventajosamente plano o planar, y se forma ventajosamente como un panel o tablero, comprende una primera superficie 121 que forma una cara frontal del soporte. Una segunda superficie 122, que se extiende ventajosamente paralela a la primera superficie 121, se provee en el lado opuesto, y forma una cara posterior del soporte 12. El soporte 12 y, por lo tanto, la primera y segunda superficies 121, 122, se extienden entre y están delimitados por un borde superior 120 y un borde inferior 127, y un borde lateral izquierdo 128 y un borde lateral derecho 129. La primera superficie 121 es la superficie exterior de una pared exterior 1210 o capa del soporte, y la segunda superficie 122 es la superficie exterior de una pared exterior opuesta 1220 o capa, las paredes exteriores opuestas 1210 y 1220 siendo ventajosamente paralelas entre sí. La membrana 11 se provee en la primera superficie 121. En la Figura 3, puede verse que, de manera opcional, una misma membrana 11 puede proveerse en la segunda superficie 122 también. De manera alternativa, una membrana diferente (diferente de la membrana en la primera superficie) puede proveerse en la segunda superficie 122. Las paredes exteriores proveen soporte de respaldo para las membranas 11.

La primera y segunda superficies 121 y 122 (a saber, las paredes exteriores opuestas) están espaciadas por miembros de espaciado 123, que aseguran, de manera ventajosa, las paredes exteriores y las superficies 121, 122 entre sí. Cada miembro de espaciado 123 forma, de manera ventajosa, una red entre las paredes exteriores 1210 y 1220. La red se extiende ventajosamente de forma continua a lo largo de una línea en la superficie 121 (y 122). De manera ventajosa, los miembros de espaciado 123 se desplazan continuamente de un borde lateral 128 al borde lateral opuesto 129 como se muestra en la Figura 2. Otros miembros espaciadores apropiados pueden tener forma de pilares, salientes, hojas plegadas, hojas corrugadas, etc.

El soporte 12, con las paredes exteriores 1210 y 1220 y los miembros de red 123, es ventajosamente rígido. Este puede tener un módulo de flexión de al menos 150 MPa, ventajosamente de al menos 250 MPa, ventajosamente de al menos 350 MPa, ventajosamente de al menos 500 MPa, ventajosamente de al menos 700 MPa, ventajosamente de al menos 900 MPa. El módulo de flexión puede ser más pequeño que o igual a 5.000 MPa, ventajosamente más pequeño que o igual a 50 GPa, ventajosamente más pequeño que o igual a 100 GPa.

Los valores indicados del módulo de flexión pueden determinarse según el estándar ISO 178 y según un espécimen que es de 80 mm de largo y 10 mm de ancho, el grosor del espécimen abarcando el grosor total de la estructura de soporte en una dirección perpendicular a las superficies exteriores, y la longitud de los especímenes estando toda orientada a lo largo de un eje paralelo a un plano de las superficies exteriores y con la resistencia más alta a la flexión. El banco de pruebas debe configurarse de modo que el intervalo L según ISO 178 mida 70 mm y una velocidad de 5 mm/min debe usarse.

Un aspecto importante de la invención es que el soporte 12 se provee con al menos dos compartimentos de fluidos separados. Los dos compartimentos separados se interponen ventajosamente entre la primera y segunda superficies 121 y 122. De manera ventajosa, uno o más de los miembros de espaciado 123 forman una pared de separación para los compartimentos de fluidos. Con referencia a las Figuras 2 y 3, los miembros de espaciado 123 se encuentran ellos mismos espaciados para proveer múltiples (al menos dos) compartimentos de fluidos 124, 125 entre la primera y segunda superficies 121, 122. Dicha estructura puede, p.ej., obtenerse por tableros o paneles con múltiples paredes. Las estructuras de soporte del tipo de más arriba pueden fabricarse por extrusión, por laminación, por moldeo o colada, por fabricación de aditivos o por cualquier otra técnica disponible. Estructuras apropiadas para el soporte 12 son, p.ej., hojas de policarbonato de pared doble o de múltiples paredes como, por ejemplo, las hojas Makrolon® multi UV (Bayer, Alemania). Otros ejemplos apropiados son los paneles de policarbonato POLISNAKE® (Politec Polimeri Tecnici SA, Suiza) descritos en el documento EP 1543945, y los paneles de polipropileno KIBO X y paneles KIBO M (KIBO Kunststoffe GmbH, Alemania). Paneles laminados como, por ejemplo, trilaminados fabricados por laminación de dos hojas a hoja ranurada doble lateral, o como, por ejemplo, bilaminados (dos hojas ranuradas laminadas), pueden ser también apropiados.

Un primer conjunto de compartimentos de fluidos 124 puede disponerse para recoger permeado que se extrae a través de membranas 11. Con tal fin, y con referencia a la Figura 2, la primera y segunda superficies son permeables para el permeado en ubicaciones selectivas en la primera y segunda superficies. La permeabilidad de la primera y segunda superficies puede, p.ej., obtenerse mediante la provisión de agujeros pasantes 126 como, por ejemplo, perforaciones, a través de las paredes exteriores 1210, 1220. Será conveniente notar que las paredes

exteriores 1210, 1220 pueden, de manera apropiada, fabricarse con una capa de material denso o impermeable (impermeable para el permeado), con los agujeros pasantes 126 provistos a través de dicha capa de material.

5 Las dimensiones de los agujeros pasantes no están particularmente limitadas y las dimensiones apropiadas dependen de la aplicación. Los agujeros pasantes tienen, de manera ventajosa, un tamaño más pequeño que o igual a 2 mm, ventajosamente más pequeño que o igual a 1,5 mm, ventajosamente más pequeño que o igual a 1,2 mm, ventajosamente más pequeño que o igual a 1,0 mm. Cuando los agujeros son demasiado grandes, un recubrimiento suave puede ser problemático. Los agujeros pasantes pueden tener un tamaño de al menos 5  $\mu\text{m}$ , ventajosamente de al menos 10  $\mu\text{m}$ , ventajosamente de al menos 25  $\mu\text{m}$ , ventajosamente de al menos 50  $\mu\text{m}$ , ventajosamente de al menos 100  $\mu\text{m}$ .

10 Los agujeros pasantes pueden ser tales que la superficie exterior 122 del soporte exhiba ventajosamente un área abierta (porosidad debido a los agujeros pasantes) de al menos 2%, ventajosamente de al menos 5%, ventajosamente de al menos 10%, ventajosamente de al menos 15%, ventajosamente de al menos 20%, ventajosamente de al menos 25%, ventajosamente de al menos 30%, ventajosamente de al menos 35%. El área abierta es ventajosamente, como máximo, del 70%, ventajosamente, como máximo, del 60%, ventajosamente, como máximo, del 55%, ventajosamente, como máximo, del 50%. El área abierta se refiere al área de los agujeros pasantes por área total unitaria de la superficie exterior (incluidos los agujeros pasantes), expresados en valores de porcentaje. Al definir el área total de la superficie exterior, cualquier región de borde del elemento de membrana donde la capa de membrana es hermética de fluidos, se omite. El área abierta debe ventajosamente no ser demasiado baja para proveer suficiente flujo a través de las capas exteriores de soporte, por un lado, pero tampoco demasiado alta con el fin de no comprometer la rigidez de la estructura de soporte, por el otro. Será conveniente notar que el complemento del área abierta (a saber, 100% - área abierta) se refiere a la superficie interfacial entre membrana y soporte, que es el área que está disponible para la unión. Por lo tanto, también en este aspecto, el área abierta no debe ser demasiado alta.

25 No hay restricción alguna con respecto a la forma en sección transversal de los agujeros pasantes, a saber, pueden ser agujeros circulares, cuadrados, poligonales, en forma de estrella o en forma de ranura, o agujeros de cualquier otra forma adecuada.

El primer conjunto de compartimentos de fluidos 124 se extiende, de manera apropiada, debajo de un área de la primera y segunda superficies 121, 122 que se provee con agujeros pasantes 126. Lógicamente, ello corresponde al área cubierta por la membrana 11 y se hace referencia a esta como área de membrana.

30 Como se muestra en la Figura 3, las membranas 11 pueden formar tapones 111 que se extienden en los agujeros pasantes 126 y crean puntos de anclaje mecánico como se describe en el documento WO 2013/113928. Además, o de manera alternativa, la membrana 11 puede fijarse a la primera o segunda superficie por unión con disolvente como, por ejemplo, según se describe en el documento WO 2015/140355 24.09.2015, por soldadura, o por cualquier otra técnica de unión apropiada.

35 Un segundo compartimento de fluidos 125 puede ubicarse debajo del área de membrana en el soporte 12. En el ejemplo de las Figuras 1-3, el compartimento de fluidos 125 está en comunicación fluida con agujeros 15 dispuestos a través de las paredes exteriores 1210 y 1220 para llevar aire a los agujeros 15. El aire se expulsa a través de agujeros 15 al exterior para formar burbujas de aire 151, p.ej., en el agua residual en el cual el cartucho 10 está inmerso. Las burbujas de aire 151 suben a lo largo de la membrana 11. Mediante dicha acción, las burbujas de aire conllevan un flujo hacia arriba del agua residual a lo largo de las membranas 11. De manera adicional, las burbujas de aire 151 proveen un lavado de aire de la superficie de membrana mediante la retirada de partículas sólidas que se adhieren a la superficie de las membranas. Dado que los agujeros 15 se proveen a través de las paredes exteriores 1210 y 1210, se apreciará que los agujeros 15 tienen ejes 152 orientados de forma perpendicular a la primera (y segunda) superficie 121 (y 122).

45 La integración del segundo compartimento de fluidos 125 a/en el soporte 12 asegura que la formación de burbujas de aire se provea de manera uniforme para cada superficie de membrana del cartucho y, por extrapolación, para cada superficie de membrana de la pila. Además, el segundo compartimento 125 y los agujeros 15 permiten la integración de un aireador directamente en el cartucho 10, lo cual lleva a una disposición más compacta.

50 De manera ventajosa, los agujeros pasantes 15 se disponen a una distancia  $d$  por encima del borde inferior 127 del soporte para asegurar que cada burbuja que abandona el agujero 15 en la primera superficie suba a lo largo de la primera superficie 121 y, de esta manera, se evita que las burbujas de aire volteen hacia la segunda superficie 122 y viceversa. Ello puede ocurrir cuando, p.ej., el cartucho 10 no está en una posición vertical correcta. La distancia  $d$  entre el borde inferior 127 del soporte 12 y el centro del agujero 15 es ventajosamente de al menos 5 mm, ventajosamente de al menos 10 mm, ventajosamente de al menos 15 mm.

55 También puede verse en la Figura 3 que los agujeros pasantes 15 se disponen ventajosamente lo más cerca posible de la parte inferior 1250 del segundo compartimento de fluidos 125 con el fin de evitar una zona estancada de agua residual en la parte inferior 1250. De manera ventajosa, los agujeros 15 se disponen en la mitad inferior de la altura

del segundo compartimento de fluidos. De manera ventajosa, los agujeros 15 se disponen dentro del tercio más inferior de la altura del segundo compartimento de fluidos.

Será conveniente notar que más de un segundo compartimento de fluidos 125 puede proveerse según se desee.

5 El grosor total del panel de soporte 12, de una superficie exterior 121 a la superficie exterior opuesta 122, es ventajosamente de 100 mm o menos, ventajosamente de 50 mm o menos, ventajosamente de 25 mm o menos, ventajosamente de 20 mm o menos, ventajosamente de 15 mm o menos, ventajosamente de 10 mm o menos, ventajosamente de 6 mm o menos. El grosor total puede ser al menos de 200  $\mu\text{m}$ , posiblemente al menos de 500  $\mu\text{m}$ , posiblemente al menos de 1 mm, posiblemente al menos de 1,2 mm, posiblemente al menos de 1,5 mm.

10 De manera ventajosa, uno o más colectores fijados al soporte 12 proveen la evacuación de permeado del primer compartimento de fluidos 124. El mismo uno o más colectores, o uno o más colectores separados fijados al soporte pueden proveer el suministro de aire al(a los) segundo(s) compartimento(s) de fluidos 125. Con referencia a la Figura 4, el colector 13 se fija al borde lateral derecho 129 del soporte 12. El colector 13 ventajosamente comprende dos conductos separados que se extienden paralelos al borde lateral 129 y, por lo tanto, paralelos entre sí. Un primer conducto 133 es un conducto de colector de permeado que está en comunicación fluida con el primer conjunto de compartimentos de fluidos 124. El conducto de colector 133 evacua el permeado recogido en el primer conjunto de compartimentos de fluidos 124 al puerto de salida 131. Un segundo conducto 134 es un conducto de suministro de aire que está en comunicación fluida con el segundo compartimento de fluidos 125 para suministrar aire a aquel. El aire se alimenta externamente al conducto de suministro de aire 134 a través del puerto de entrada 132. El conducto de colector 133 y el conducto de suministro de aire 134 son herméticos contra fluidos uno con respecto al otro mediante una pared de separación 135.

20 Para asegurar el montaje correcto del colector 13 al soporte 12, una o más características de índice pueden proveerse en el soporte 12 y/o en el colector 13. Las características de índice pueden, p.ej. formarse por un buje de indexación 136 en el colector 13 que colabora con un corte 1209 correspondiente del soporte 12 como se muestra en la Figura 5. De manera alternativa, puede prescindirse del corte 1209 y el buje de indexación puede reemplazarse por una pared de colector de sellado 137 como se muestra en las Figuras 6A-B. La pared de colector 137 tiene un perímetro cerrado que forma una ranura que se dispone para recibir, de manera apropiada, el soporte 12 en su borde lateral 129.

25 El sellado entre el soporte 12 y el colector 13 puede proveerse según técnicas conocidas. A modo de ejemplo, y con referencia a la Figura 5, un anillo de sellado elastomérico 51 puede proveerse en la primera y segunda superficies 121, 122, paralelo al borde lateral 129 para sellar el conducto de colector de permeado 133 del colector 13 con respecto al agua residual circundante. El anillo de sellado 51 puede, p.ej., formarse por sobremoldeo en el soporte 12. Técnicas de sellado alternativas como, por ejemplo, por pegado, unión de ajuste, etc., pueden usarse para fijar el colector al soporte. En este aspecto, será conveniente notar que el colector puede ser desmontable del soporte por un sellado apropiado como, por ejemplo, anillo de sellado 51, aunque ello no es un requisito. De manera alternativa, el colector 13, o parte de este, puede moldearse directamente por inyección en el borde lateral 129 como, por ejemplo, por sobremoldeo en el soporte.

30 De manera ventajosa, como se muestra en la Figura 6A, una canaleta 138 provista en un extremo del conducto de suministro de aire 134 se dispone para la unión de ajuste con el segundo compartimento de fluidos 125. La canaleta 138 puede, p.ej., tener una superficie exterior cónica para sellar la transición entre el conducto de suministro de aire 134 y el segundo compartimento de fluidos 125 y, por lo tanto, sellar el circuito de aire con respecto al circuito de permeado.

35 Como una ventaja, el sello entre el colector 13 y el soporte 12 se provee fuera del área de membrana. Dado que la membrana no está implicada en el sello entre el soporte y el colector, el colector y el soporte pueden, de manera ventajosa, ser desmontables. El área de membrana, a saber, el área cubierta con la capa de membrana, se encuentra, por lo tanto, de manera ventajosa, espaciada de uno o más bordes 120, 127, 128, 129 del soporte.

40 El colector 13 comprende, de manera ventajosa, conductos que sirven a todos los compartimentos de fluidos 124 y 125 separados del soporte y, en principio, no se requerirá ningún colector 14 adicional en el borde lateral opuesto 128 del soporte. Un segundo colector 14, que puede ser idéntico al colector 13, puede, sin embargo, fijarse al borde lateral opuesto 128 del soporte 12 para proveer ventajas adicionales. En primer lugar, tener colectores en ambos lados puede permitir aumentar los flujos de fluido, lo cual, a su vez, puede permitir aumentar el tamaño del cartucho. En segundo lugar, tener colectores idénticos en ambos lados puede permitir obtener cartuchos completamente simétricos, lo cual facilita el conjunto de pila. De manera alternativa, es posible proveer un colector, p.ej., el colector 13, con un conducto de recolección de permeado solamente, sin conducto de suministro de aire, y proveer un conductor separado en el lado opuesto del soporte 12 que comprende el conducto de suministro de aire. Cualquier otra combinación de disposiciones es posible.

45 Como una ventaja, los colectores 13 pueden ser ligeramente más gruesos que el soporte 12 de membrana, de modo que los cartuchos pueden apilarse sin afectar la densidad de la pila de forma negativa.

A partir de lo descrito más arriba, es claro que el cartucho de filtración de la Figura 1 comprende un soporte 12 que tiene miembros de espaciado internos (no se muestran en la Figura 1) que se desplazan horizontalmente, del borde lateral izquierdo 128 al borde lateral derecho 129 del soporte. Una membrana 11 se provee en las caras frontal y posterior del soporte (superficies 121 y 122). El área de la membrana 11 define el área de membrana. Es decir, los compartimentos de fluidos del soporte 12 que se superponen, al menos parcialmente, con la membrana 11 pueden (y en general así será) usarse como compartimentos de recolección de permeado 124. El área de membrana 11 se extiende ventajosamente entre un borde superior 110, un borde inferior 117, un borde lateral derecho 119 y un borde lateral izquierdo 118. Al menos los bordes laterales 119, 118, y posiblemente los bordes superior e inferior 110, 117 también, se encuentran ventajosamente espaciados de los bordes 129, 128, 120, 127 correspondientes del soporte 12 para facilitar el montaje/la fijación de los colectores 13, 14 al soporte 12. Los bordes de la membrana pueden estar espaciados de los colectores 13, 14 también.

Será conveniente notar que en los bordes 110, 117, 118, 119 de la membrana, la superficie de soporte 121 es densa y no muestra permeabilidad para el permeado. En otras palabras, el área de membrana 11 debe superponerse completamente al área sobre la cual se extienden los agujeros pasantes 126. El sellado apropiado entre la superficie de soporte 121 y la membrana 11 debe proveerse en los bordes de membrana como, por ejemplo, por unión, p.ej., unión por disolvente de la capa de membrana al soporte, soldadura o pegado.

El cartucho 10 de la Figura 1 se configura para la colocación vertical en una alimentación, de modo que los conductos de colector se desplazan verticalmente y los agujeros de aireación 15 forman una matriz horizontal dispuesta de manera adyacente al borde inferior 127 del soporte. De manera ventajosa, los puertos de entrada/salida 131, 132 y 141, 142 de los colectores 13, 14 se proveen en la parte superior, ventajosamente proyectándose de forma vertical desde el borde superior 120 del soporte 12.

Será conveniente notar que es posible, de manera alternativa, rotar el cartucho de la Figura 1 en 90° en el plano de la figura. En dicho caso, el colector 13 se dispondrá en la parte superior, mientras que el colector 14 se dispondrá en la parte inferior del cartucho. En dicho caso, los agujeros de aireación 15 se proveerán en el conducto de aire del colector 14, en lugar del compartimento 125. El compartimento 125 se usará entonces para llevar aire del puerto de entrada 132 del colector 13 al conducto de aire del colector 14 y agujeros 15, comprendiendo que los puertos 141 y 142 se eliminarán. Ello es posible a través de la provisión de miembros de espaciado continuos 123, que se extienden de un borde al borde opuesto del soporte. Dicho cartucho se contempla también por aspectos de la presente invención, y provee iguales ventajas.

La provisión de un sistema de aireación/formación de burbujas de aire integrado no es la única funcionalidad integrada adicional que es posible por la presente invención. Compartimentos de fluidos separados pueden usarse para otros propósitos además de, o de manera alternativa a, la formación de burbujas de aire. A modo de ejemplo, y con referencia a la Figura 7, el soporte 72 tiene múltiples áreas de membrana separadas, definidas por membranas separadas 11, 71. Las membranas 11, 71 cubren áreas separadas de la primera y segunda superficies 121, 122. Dichas áreas se encuentran además espaciadas. Las membranas 11 están en comunicación fluida con el primer conjunto de compartimentos de fluidos 124. Las membranas 71 están en comunicación fluida con un tercer conjunto de compartimentos de fluidos 724. Las membranas 11 y 71 pueden ser membranas idénticas, en cuyo caso los compartimentos de fluidos 124 y 724 pueden conectarse, de manera fluida, a un mismo conducto de colector de permeado 133 del colector.

De manera alternativa, las membranas 11 y 71 pueden ser diferentes, p.ej., pueden disponerse para separar diferentes compuestos de una corriente de alimentación, en cuyo caso el colector puede tener conductos de colector de permeado separados para los compartimentos 124 y 724, lo cual permite la extracción, de forma separada, de diferentes permeados. A modo de ejemplo, la membrana 11 puede ser una membrana semipermeable hidrofílica para la extracción de líquido de una corriente de alimentación. La membrana 71 puede ser una membrana semipermeable hidrofóbica que actúa como una capa de difusión de gas para la extracción de gas de, o inyección de gas en, la corriente de alimentación. La capa de difusión de gas puede, p.ej., usarse para disolver un gas en la corriente de alimentación en los alrededores de la capa de membrana de extracción de líquido 11. El gas disuelto puede, p.ej., inducir o mejorar un número de reacciones químicas beneficiosas para la extracción de permeado. De manera alternativa, los compuestos químicos como, por ejemplo, inhibidores de incrustación, ya sea en forma de gas o líquido, pueden dosificarse al líquido circundante por inyección desde el compartimento 724, a través de la membrana 71. En una alternativa incluso adicional, la membrana 71 y el compartimento 724 pueden usarse para la retirada selectiva de compuestos posiblemente inhibidores, p.ej., por extracción líquido-líquido. En una realización incluso alternativa, las membranas 11 y 71 pueden tener, cada una, una selectividad hacia diferentes productos de reacción y, por lo tanto, pueden usarse para retirar, de forma separada, diferentes productos de reacción de una corriente de alimentación.

Compartimentos de fluidos 725 incluso adicionales pueden proveerse como, por ejemplo, entre los compartimentos 124 y 724. Los compartimentos de fluidos 725 pueden, p.ej., usarse para circular un fluido de refrigeración o calefacción a través del soporte 72. Esto puede usarse cuando es deseable controlar la temperatura de la corriente de alimentación en la cual el cartucho se encuentra inmerso, o la temperatura del permeado. Ello es, en particular,

apropiado cuando no se efectúa la formación de burbujas de aire, p.ej., cuando no se provee un compartimento de aireación 125. Con tal fin, los compartimentos de fluidos 725, que se sellan con respecto a los otros compartimentos de fluidos 124 y 724, y posiblemente 125, pueden conectarse, de manera fluida, a un conducto separado en uno o ambos colectores 13 y 14.

- 5 La forma de los miembros de espaciado 123 que forman miembros de red que dividen el volumen interno del soporte en compartimentos separados tiene ventajas adicionales. Con referencia a la Figura 8, algunos compartimentos 825 pueden usarse para insertar una barra de refuerzo a través de aquellos. Otros compartimentos 824 pueden sacrificarse para hacer que se crucen por una barra espaciadora 81 dispuesta de forma perpendicular a la primera superficie 121. La barra espaciadora 81 mantiene los cartuchos en la pila espaciados. El compartimento 824 puede  
10 llenarse o sellarse con un material sólido para evitar la fuga de la alimentación hacia el conducto de colector de permeado 133.

Los cartuchos de filtración 10 pueden apilarse colocando la primera superficie 121 de un cartucho y la segunda superficie 122 de un cartucho consecutivo en una relación en la que se miran y espaciadas entre sí. Una pila 100 se obtiene de esta manera, como se muestra en la Figura 9. Los colectores de cartuchos consecutivos en la pila 100  
15 pueden o pueden no estar espaciados entre sí. Un espaciado entre colectores consecutivos no se requiere, dado que el difusor de aire integrado (agujeros 15) conllevará un flujo de fluido hacia arriba entre membranas 11 opuestas de cartuchos 10 consecutivos. Ello puede ser ventajoso, dado que los colectores pueden ser adecuadamente más gruesos que los soportes de los cartuchos para definir el espaciado entre las capas de membrana (el espaciado entre capas de membrana opuestas de la pila corresponde en dicho caso a la diferencia de grosor entre el colector,  
20 por un lado, y el soporte más las capas de membrana, por el otro).

Un colector de recolección y distribución de pila 101 puede acoplarse a los puertos de entrada y salida 131, 132, 141, 142 en lados opuestos de la pila 100 para formar un módulo de filtración. El colector de pila se ve más claramente en la Figura 10. Este comprende cámaras separadas para los conductos separados de los colectores 13 correspondientes. El colector de pila 101 puede comprender una cámara de recolección y evacuación de permeado  
25 104 que tiene puertos de entrada 102 configurados para conectarse a puertos de salida 131 de los colectores 13. La cámara de recolección de permeado se provee además con un puerto de salida 103. El colector de pila 101 puede comprender una cámara de distribución de aire 107 separada de la cámara 104 por una pared impermeable al fluido (no se muestra), y que tiene un puerto de entrada 105 y puertos de salida 106 que se configuran para conectarse a los puertos de entrada 132 de los colectores 13. Un mismo colector de pila puede proveerse para la conexión a los  
30 puertos 141, 142 del colector 14.

De manera ventajosa, el puerto de salida 103 de la cámara de recolección de permeado 104 se dispone en una región superior de la cámara de recolección de permeado 104 para asegurar la desgasificación del circuito de permeado. Dicho gas puede formarse a partir de aire o dióxido de carbono que se ha disuelto originalmente en el líquido de permeado.

- 35 De manera ventajosa, el colector de pila 101 y los colectores 13 pueden formarse integralmente como un colector monobloque (no se muestra). Por lo tanto, todos los colectores 13 de los cartuchos 10 de la pila 100 se reemplazan por un colector monolítico o monobloque. El colector monobloque puede tener conductos o cámaras de fluido separadas para los compartimentos de fluidos separados de los soportes de cartuchos. El colector monobloque comprende, de manera ventajosa, conectores para la conexión desmontable de cada uno de los cartuchos  
40 (soportes), de modo que cuando un cartucho falla, este puede reemplazarse fácilmente. Con dichos colectores monobloque, los cartuchos pueden o pueden no comprender colectores individuales 14 en el lado opuesto. Los colectores 14 pueden reemplazarse por un colector monobloque también. Las restricciones de flujo impuestas por los puertos de evacuación de permeado 131 y 141 (debido a la limitación de grosor del colector y del cartucho) se evitan con un colector monobloque, que, por lo tanto, permite aumentar la tasa de flujo de permeado evacuado de  
45 los cartuchos y/o evitar pérdidas de presión excesivas debido a dichas restricciones de flujo. Dicho colector monobloque puede moldearse por inyección en la pila de paneles de membrana 11-12, p.ej., mediante el apilamiento de los paneles de membrana primero y el sobremoldeo del colector en el borde lateral de la pila de paneles.

Será conveniente notar que, aunque en los ejemplos de más arriba los cartuchos se han descrito como provistos con una capa de membrana tanto en la cara frontal como en la posterior, ello no es un requisito. Los cartuchos según la invención pueden funcionar con una capa de membrana fijada a una superficie (p.ej., cara frontal) del soporte  
50 solamente.

También será conveniente notar que las capas de membrana 11, 71, etc. pueden formarse en el soporte ya sea antes de fijar los colectores 13, 14 al soporte 12 o de allí en adelante.

- 55 Más arriba, los cartuchos a modo de ejemplo se han descrito como unos que comprenden un panel rígido con múltiples paredes como soporte. Aunque dicho soporte puede proveer ventajas según lo establecido, los aspectos de la invención, tan ampliamente formulados en las reivindicaciones, no se encuentran limitados a dichos soportes solamente. El soporte puede ser una tela espaciadora con una capa de membrana aplicada a las capas de tela

exteriores, como se describe en el documento WO 2006/015461. En dicho caso, el compartimento de recolección de permeado se forma como un solo compartimento, que posiblemente se extiende sobre toda el área de membrana.

En una realización que no es parte de la presente invención, el segundo compartimento de fluidos, p.ej., para la formación de burbujas de aire, puede fijarse, de manera externa, al soporte, p.ej., como un tubo. Dicha configuración se muestra en la Figura 11, que comprende un soporte 92 que difiere del soporte 12 de los ejemplos previos en que ningún segundo compartimento 125 se interpone integralmente entre las superficies exteriores 121 y 122. En su lugar, un tubo 925 se fija debajo del soporte 92, de modo que el soporte 92 y el tubo 925 se encuentran alineados a lo largo de una línea vertical. Con tal fin, un plano mediano (vertical) 926 del tubo 925 es coincidente (coplano) con un plano mediano (vertical) 920 del soporte 92. El tubo 925 actúa, de manera ventajosa, como el segundo compartimento, separado del primer compartimento 124 y puede suministrarse por un conducto 134 separado (no se muestra en la Figura 11) como con los ejemplos previos. El segundo compartimento 925 puede tener un grosor (p.ej., diámetro) que es más grande o más pequeño que el grosor del soporte 92.

Los agujeros de aireación 95 se forman a través de una pared del tubo 925. Dichos agujeros 95 pueden tener ejes de línea central 951 que se encuentran en un ángulo diferente de cero con el plano mediano 926. Los ejes 951 pueden orientarse inclinados (grados diferente de cero y no de 90) o perpendiculares al plano mediano 926.

#### Experimentos

Se han llevado a cabo experimentos para verificar los efectos de los aspectos de la invención en aplicaciones de biorreactor de membrana sumergida (MBR, por sus siglas en inglés). Se han usado tres cartuchos diferentes (numerados #1 - #3), cada uno provisto en ambos lados con capas de membrana PVDF. El área de membrana en cada lado era de alrededor de 15 cm de ancho y de 25 cm de alto, con un área de membrana eficaz total (filtración) de 0,07 m<sup>2</sup>/cartucho. Todas las capas de membrana PVDF tenían un tamaño de poro de superficie de 0,08 µm y una permeabilidad al agua limpia de 1.500 l/hm<sup>2</sup>bar.

Los cartuchos #1 - #2 se han fabricado a partir de un panel de soporte rígido de múltiples paredes como se muestra en las Figuras 2-3. Un panel de policarbonato de múltiples paredes Makrolon® multi UV 2/4-6 (Bayer, Alemania) se ha usado como el material de soporte de membrana. El "2" en el código de referencia del presente material se refiere a sus dos paredes exteriores; el "4", a su grosor total de 4 mm y el "6", a la distancia de nervadura de 6 mm. El presente panel se ha perforado mediante microperforación a alta velocidad. En las paredes del soporte del cartucho #1, agujeros de 0,8 mm de diámetro se han perforado, para obtener un área abierta (porosidad) debajo de las capas de membrana del 31,6%. En las paredes del soporte del cartucho #2, los agujeros tenían un diámetro de 1,5 mm y el área abierta era del 20,5%. Las capas de membrana PVDF se han cubierto directamente sobre las paredes perforadas según se describe en el documento WO 2013/113928.

Con el fin de probar la aireación integrada e individual, un compartimento de aireación 125 se ha provisto, con dos canales debajo del borde inferior del área de membrana. El compartimento de aireación se ha provisto con doce agujeros de 0,5 mm de diámetro a una interdistancia de 15 mm en cada lado.

El tercer cartucho (#3) tenía un tipo de tela espaciadora de poliéster tejida como soporte sobre la cual una capa de membrana PVDF se ha cubierto en ambos lados. El grosor total resultante (incluidas las capas de membrana) ha sido de 4 mm. El panel que contiene las membranas PVDF estaba enmarcado entre dos marcos de poliéster (siguiendo el documento WO 2006/015461) y un tubo de aireación 925 se ha fijado debajo del marco. Dicho tubo también contenía doce agujeros de 0,5 mm de diámetro a una interdistancia de 15 mm en cada lado.

Dichos tres cartuchos se han probado en paralelo en una unidad MBR a escala de laboratorio en Vito, Bélgica. La Figura 12 representa, de manera esquemática, el tanque de extracción 90 de la unidad MBR usada para los experimentos. El tanque de extracción permite operar múltiples (hasta 6) cartuchos de filtración 10 al mismo tiempo en el mismo lodo, bajo diferentes, así como completamente iguales, condiciones de filtración dado que cada cartucho tiene su propia bomba de extracción/retrolavado, depósito de permeado, flujómetro y transductor de presión. El tanque 90 también comprende un tubo de aireación central 91 en la parte inferior del depósito. Este es un solo tubo plástico perforado colocado en paralelo al plano de los tres cartuchos, 20 cm debajo de la parte inferior de los cartuchos, exactamente en el medio. El tubo 91 tenía un diámetro interior/exterior de respectivamente 8/10 mm y contenía una matriz de 100 agujeros con un diámetro de 1 mm y en una longitud de 25 cm. El tanque 90 permite la operación con el tubo de aireación central 91 y con los compartimentos de aireación individuales 125, 925 de forma independiente, p.ej., el tubo de aireación central 91 puede cerrarse o los compartimentos 125, 925 pueden cerrarse.

El tanque de extracción 90 del MBR se ha provisto con los tres cartuchos #1 - #3 en un espaciado entre los cartuchos de 5 mm. El volumen de lodo contenido en el tanque 90 era de 80 litros. Agua residual municipal de desechos frescos (COD: 400-600 ppm) se recoge primero en un depósito de 400 litros (no se muestra), donde el agua residual se enfría hasta 4°C para evitar el crecimiento biológico y la descomposición COD ya en el tanque de alimentación. El 50% del permeado extraído de los cartuchos se ha reciclado en el tanque de extracción 90. El nivel de líquido en el tanque de extracción 90 del MBR se ha mantenido constante mediante alimentación con una mezcla de agua residual fresca del depósito de 400 litros que compensa el volumen no reciclado de permeado extraído por

los tres cartuchos. La unidad MBR tiene una unidad de control de pH para compensar la acidificación como resultado de la nitrificación. La solución KOH diluida (1 molar) se ha usado para llevar el pH nuevamente a alrededor de 7. COD del permeado de los cartuchos ha estado siempre entre 10 y 20 mg/l, lo cual resulta en una retirada COD media del 97%.

5 Primer experimento - Aireación individual

En un primer experimento, los tres cartuchos se han probado para la aireación individual. Los cartuchos #1 - #3 se han sumergido completamente en lodo en el tanque 90. A través de los compartimentos de aireación 125, 925 de cada cartucho, un flujo de aire de 0,7 Nm<sup>3</sup>/h se ha soplado, mientras que el tubo central 91 no se ha usado (cerrado). Las condiciones de filtración para los tres cartuchos de filtración han sido idénticas durante la prueba y han sido las siguientes:

10

- Flujo de filtración bruto por cartucho: 50 l/hm<sup>2</sup>
- Flujo de filtración neto por cartucho: 40 l/hm<sup>2</sup>
- Flujo de retrolavado por cartucho: 150 l/hm<sup>2</sup> (tres veces el flujo de filtración bruto)
- Tiempo de ciclo de filtración: 5 min
- Tiempo de filtración: 4,5 min
- Tiempo de retrolavado: 10 seg
- Tiempo de relajación: 20 seg
- Flujo de aireación continuo por cartucho: 0,7 Nm<sup>3</sup> aire/hora
- Concentración de lodo durante la prueba: 10 g/l
- Variación del pH durante la prueba: entre 6,8 y 7,2
- Temperatura: 14-15°C

El tiempo de ciclo de filtración es la suma del tiempo de filtrado, tiempo de retrolavado y tiempo de relajación. Después de 4,5 min de operación de filtración, una operación de retrolavado se ha iniciado durante 10 s en el flujo de retrolavado indicado. Después del retrolavado, una relajación se ha aplicado durante 20 s con el fin de permitir que la capa retirada durante el retrolavado se transporte lejos de los cartuchos hacia el volumen de lodo por las burbujas de aire que subían.

15

El primer experimento se ha ejecutado durante 3,5 semanas con una presión de transmembrana (TMP) estable menor que 0,1 bar en un flujo bruto de 50 l/hm<sup>2</sup>, lo cual muestra la fiabilidad de la aireación de cartucho individual. La evolución de TMP y flujo bruto como una función de tiempo se muestra en los gráficos de las Figuras 13-15, para cartuchos #1 - #3, respectivamente.

20 Segundo experimento - Aireación global

En un segundo experimento comparativo, la aireación central (común) a través del tubo 91 se ha probado. Inmediatamente después de las tres semanas y media de más arriba de aireación individual, el flujo de aire a través de los compartimentos de aireación 125, 925 se ha detenido, y un flujo de aire igual a la suma de las tasas de flujo de aire a través de los compartimentos 125, 925 en el primer experimento (2,1 Nm<sup>3</sup>/h) se ha soplado a través del tubo de aireación central 91. Se hace referencia al presente experimento como "Aireación global" en las Figuras 13-15. Un mismo ciclo de filtración que en el primer experimento se ha usado, y un mismo flujo bruto de 50 l/hm<sup>2</sup> se ha mantenido para cada cartucho. Las condiciones de filtración en el segundo experimento han sido idénticas a aquellas del primer experimento.

25

En el presente segundo experimento, se ha observado que la TMP requerida para mantener el flujo bruto de 50 l/hm<sup>2</sup> ha aumentado rápidamente para los tres cartuchos. La TMP ha aumentado a 0,5 bar después de 60 minutos para el cartucho #1, después de 120 minutos para el cartucho #2 y después de 55 minutos para el cartucho #3. La operación del cartucho se ha detenido cuando la TMP ha llegado a 0,5 bar, dado que dicho valor alto ya no es económico.

30

La clara diferencia entre los dos modos de aireación se muestra en los gráficos de las Figuras 13-15. En el lado izquierdo de la línea punteada en cada gráfico, se establecen los resultados del primer experimento ("aireación individual"), mientras que los resultados del segundo experimento se establecen en el lado derecho ("aireación global").

- 5 La comparación entre el primer y segundo experimentos muestra que, bajo la aireación global, los altos flujos de permeado que son posibles con aireación individual no pueden mantenerse. Con el fin de operar los cartuchos bajo aireación global, la tasa de flujo de aire soplado a través del tubo central necesita aumentarse (a saber, este modo de operación requiere una demanda de aireación específica (SAD, por sus siglas en inglés) más alta, lo cual aumenta los costes operativos), o el flujo de permeado debe reducirse (mediante la reducción del producto). Por lo tanto, se muestra que la integración de un compartimento de fluidos separado en el cartucho según se propone en la presente invención, y mediante el uso de este para la aireación individual de las capas de membrana, permite aumentar de forma significativa el rendimiento del MBR.
- 10

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto para tratar fluidos, que comprende:
  - 5 un soporte (12, 72) que tiene una primera superficie plana (121) dispuesta para respaldar el soporte de una membrana semipermeable (11, 71) y una segunda superficie (122), la primera y segunda superficies disponiéndose opuestas entre sí,
  - al menos un primer compartimento (124) interpuesto entre la primera y segunda superficies, el primer compartimento disponiéndose para transportar fluido,
  - múltiples primeros pasajes de fluido (126) que se extienden desde la primera superficie (121) y que están en comunicación fluida con el al menos un primer compartimento (124),
  - 10 una primera membrana semipermeable (11, 71) fijada a la primera superficie (121) y que cubre un área de membrana de la primera superficie que encierra los primeros pasajes de fluido (126), en donde el al menos un primer compartimento (124) está en comunicación fluida con la primera membrana a través de los primeros pasajes de fluido (126),
  - 15 un primero conducto (133) fijado o fijable al soporte (12, 72) y configurado para estar en comunicación fluida con el al menos un primer compartimento (124),
  - al menos un segundo compartimento (125, 725, 925) dispuesto para transportar fluido y separado del al menos un primer compartimento, en donde el segundo compartimento (125, 724) está delimitado por una pared (1210, 1220) que comprende aberturas (15) que se comunican de manera fluida con un lado externo de al menos una de la primera y segunda superficies (121, 122), y
  - 20 un segundo conducto (134) fijado o fijable al soporte (12, 72) y configurado para estar en comunicación fluida con el segundo compartimento (125, 724, 725, 925),
  - caracterizado por que el segundo compartimento
  - se interpone entre la primera y segunda superficies, y en donde el segundo conducto (134) es hermético contra fluidos con respecto a al menos un primer compartimento, y el primer conducto (133) es hermético contra fluidos con respecto a al menos un segundo compartimento.
  - 25
2. El conjunto de la reivindicación 1, en donde el primer conducto (133) y el segundo conducto (134) son paralelos entre sí.
3. El conjunto de la reivindicación 1 o 2, en donde el segundo conducto (134) se extiende paralelo a un segundo borde (128, 129) del soporte.
- 30 4. El conjunto de la reivindicación 3, en donde el segundo borde (128, 129) es un borde vertical del soporte (12).
5. El conjunto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el al menos un primer compartimento (124) y el al menos un segundo compartimento (125) se extienden paralelos entre sí.
6. El conjunto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el al menos un primer compartimento (125) se extiende paralelo al primer borde (127) del soporte.
- 35 7. El conjunto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el soporte (12, 72) comprende al menos un miembro de red hermético contra fluidos (123) que se extiende entre la primera (121) y segunda (122) superficies, el miembro de red hermético contra fluidos formando una pared de separación entre el al menos un primer compartimento (124) y el al menos un segundo compartimento (125).
- 40 8. El conjunto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el soporte (12, 72) se extiende entre bordes laterales opuestos (128, 129), y en donde cada uno del primer conducto (133) y segundo conducto (134) se extiende a lo largo de al menos uno de los bordes laterales opuestos (129), en donde el primer conducto (133) comprende una ranura (137) dispuesta a lo largo del conducto, en donde la ranura recibe, de manera sellante, uno de los bordes laterales opuestos (128, 129) del soporte.
- 45 9. El conjunto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los primeros pasajes de fluido (126) se ubican en un área de membrana de la primera superficie (121), cuya área se configura para cubrirse por una membrana semipermeable (11), y en donde el primer conducto (133) y el segundo conducto (134) son paralelos y se disponen de forma adyacente al área de membrana cuando se consideran desde una vista perpendicular a la primera superficie (121).

- 5 10. El conjunto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el soporte (12, 72) es rígido y se extiende entre bordes laterales opuestos (128, 129) y comprende múltiples miembros de red (123) interpuestos entre la primera y segunda superficies (121, 122), los miembros de red extendiéndose entre los bordes laterales opuestos (128, 129), en donde los miembros de red separan, de manera hermética con respecto a los fluidos, el primer compartimento (124) del segundo compartimento (125, 725).
11. El conjunto de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una tercera membrana semipermeable (71) que tiene características de permeabilidad diferentes de la primera membrana (11), en donde la tercera membrana se fija a la primera superficie (121) en un área separada del área de membrana, en donde la tercera membrana está en comunicación fluida con el segundo compartimento (724).
- 10 12. Un módulo para tratar fluidos, que comprende múltiples conjuntos (10) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 dispuestos en una pila (100), un colector (104) en comunicación fluida con los primeros conductos (133) y un colector de distribución (107) en comunicación fluida con los segundos conductos (134).
- 15 13. El módulo de la reivindicación 12, en donde el colector de distribución (107) se configura para llevar un gas, en donde los conjuntos (10) comprenden aberturas (15) en comunicación fluida con el segundo compartimento (125, 724) y con el entorno ambiental que rodea el conjunto.
14. El módulo de la reivindicación 12 o 13, que comprende un colector monolítico en el cual los primeros conductos de los conjuntos se integran.
15. Un reactor de biomasa, que comprende el módulo de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14.

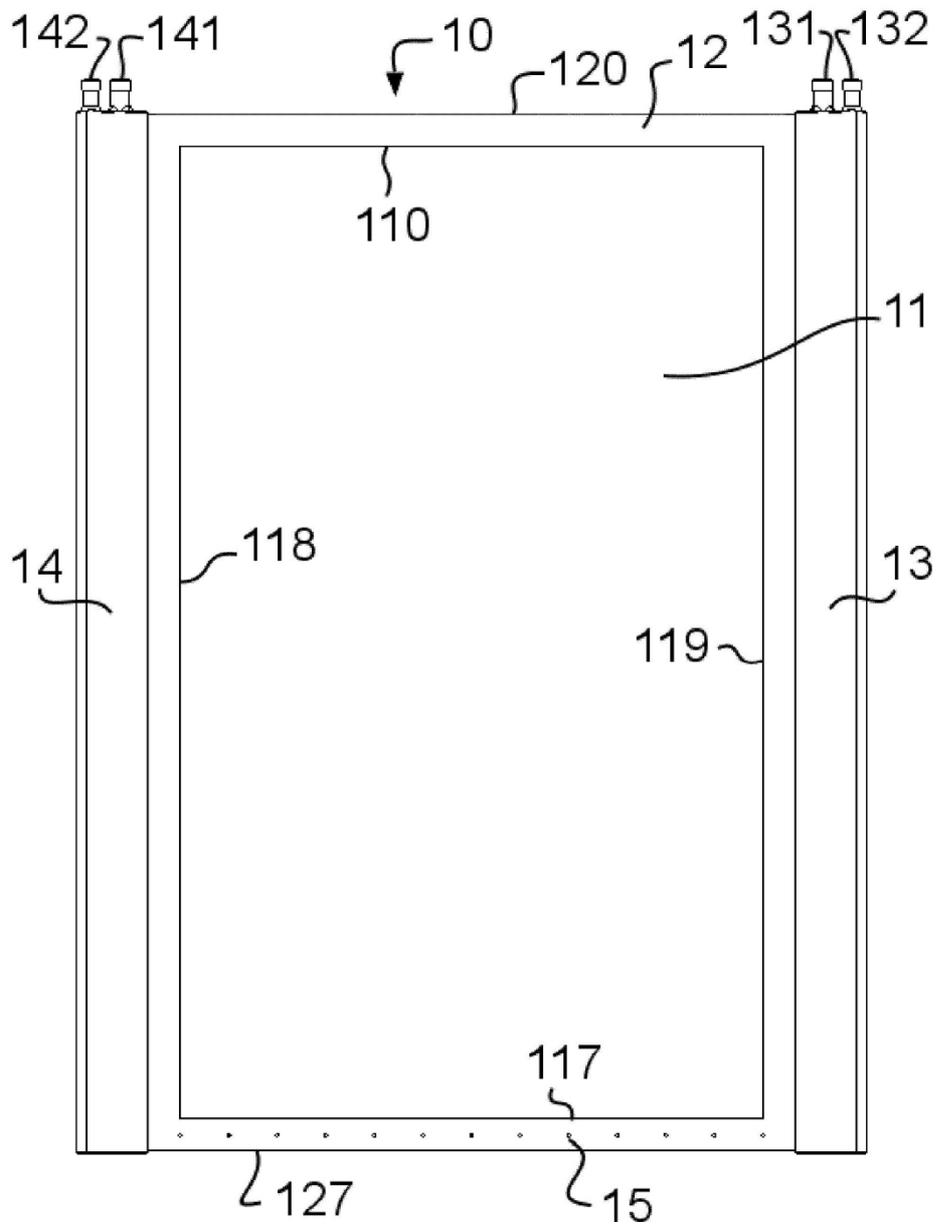
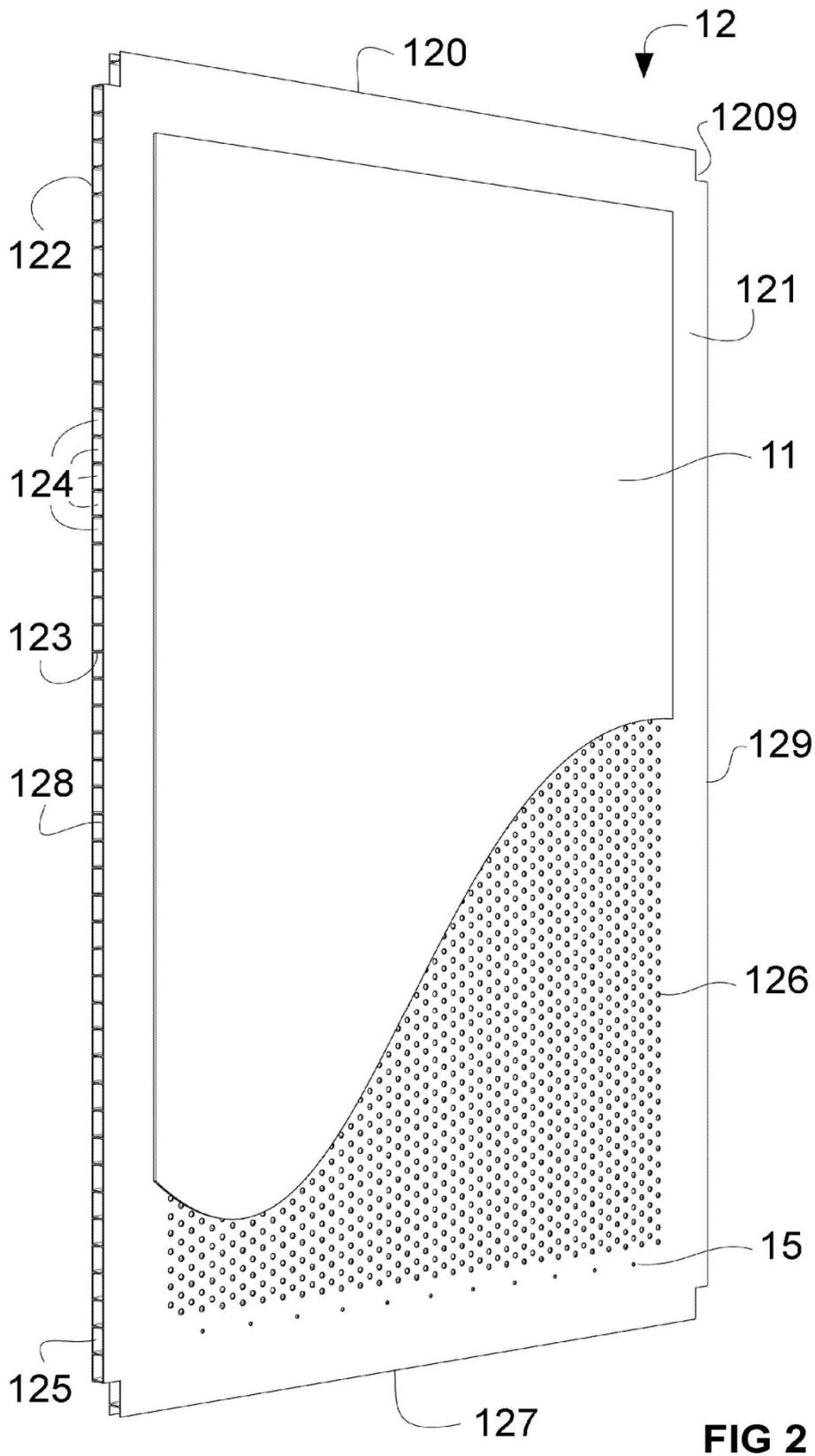


FIG 1



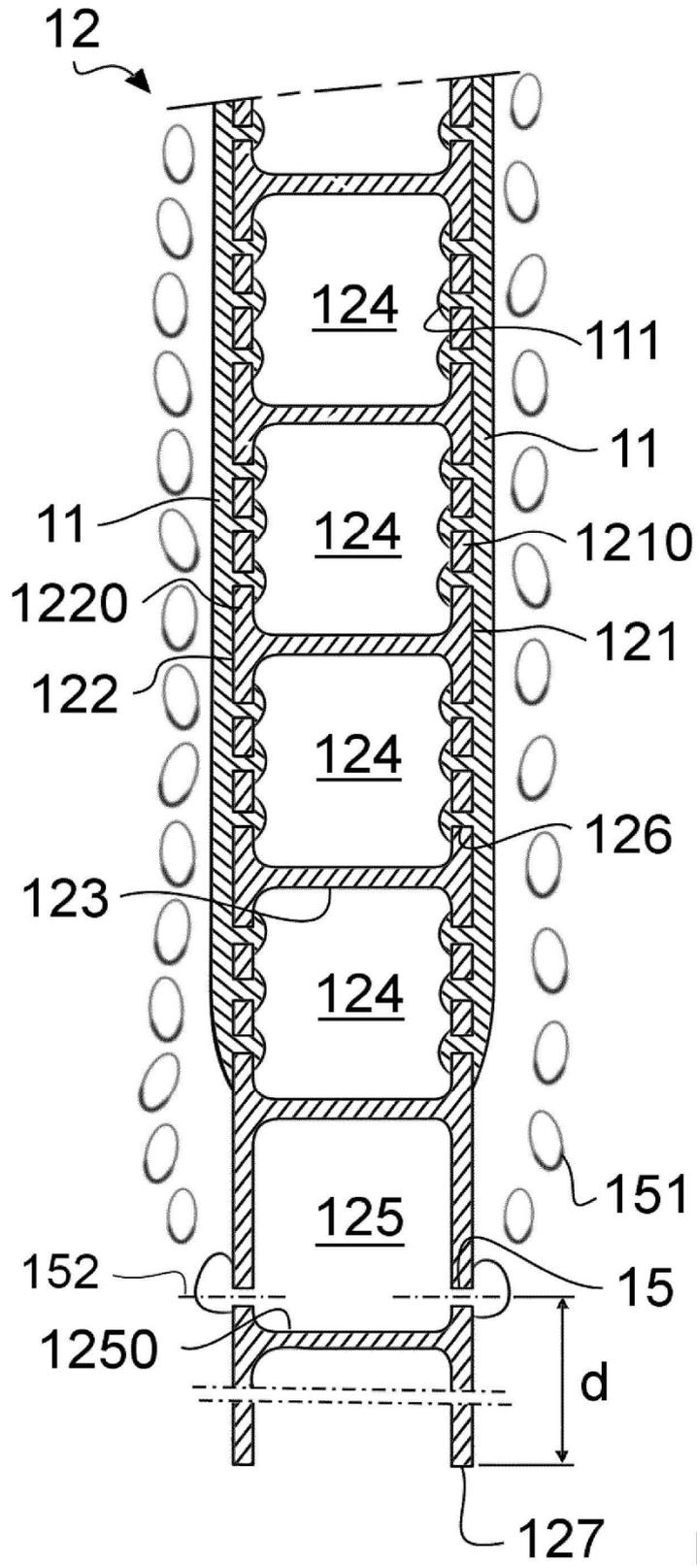


FIG 3

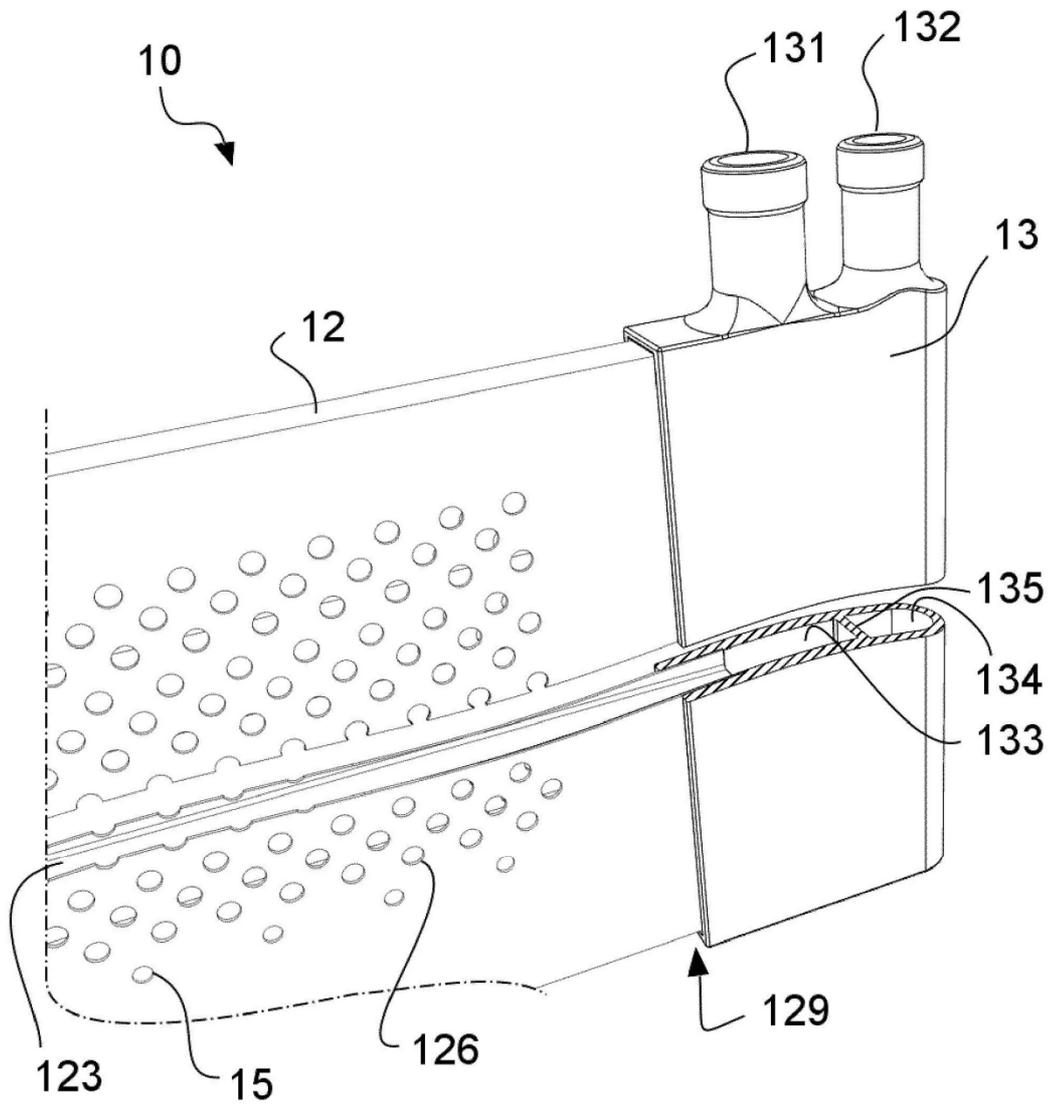


FIG 4

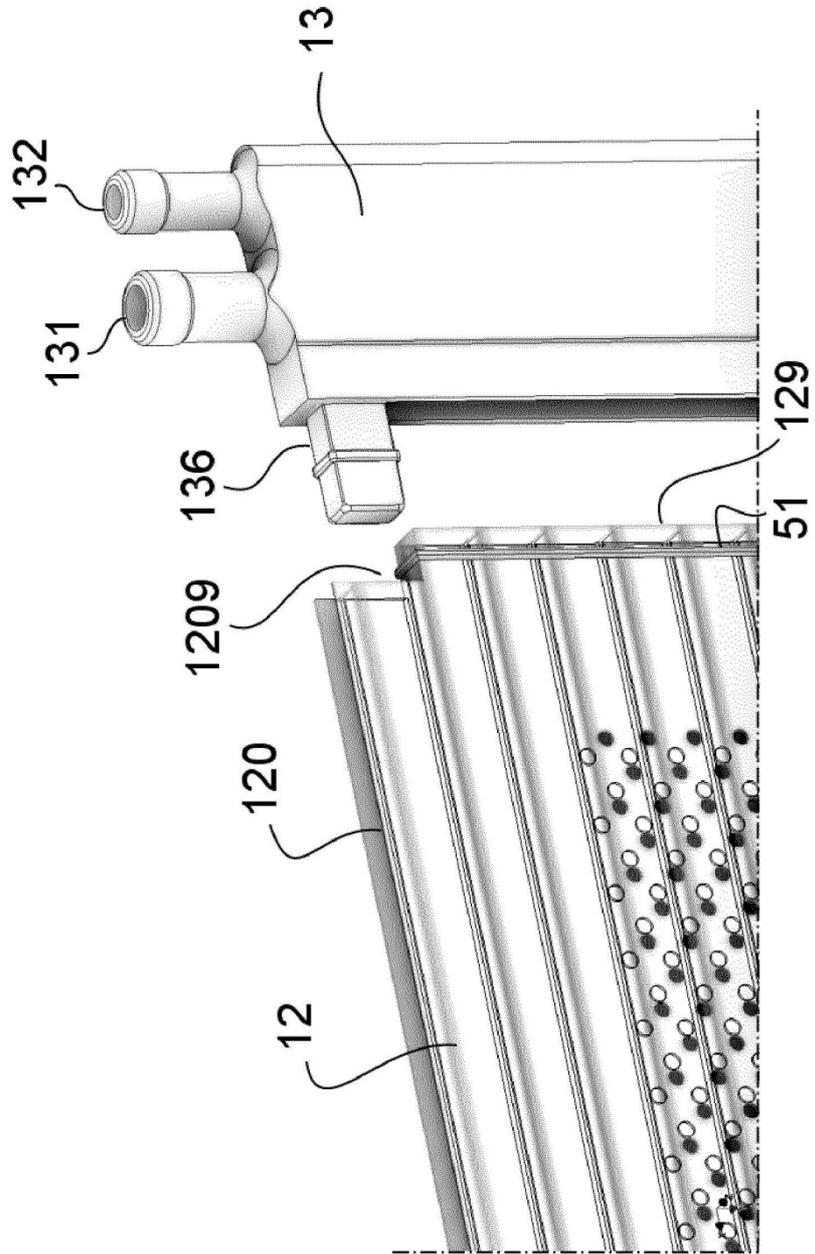


FIG 5

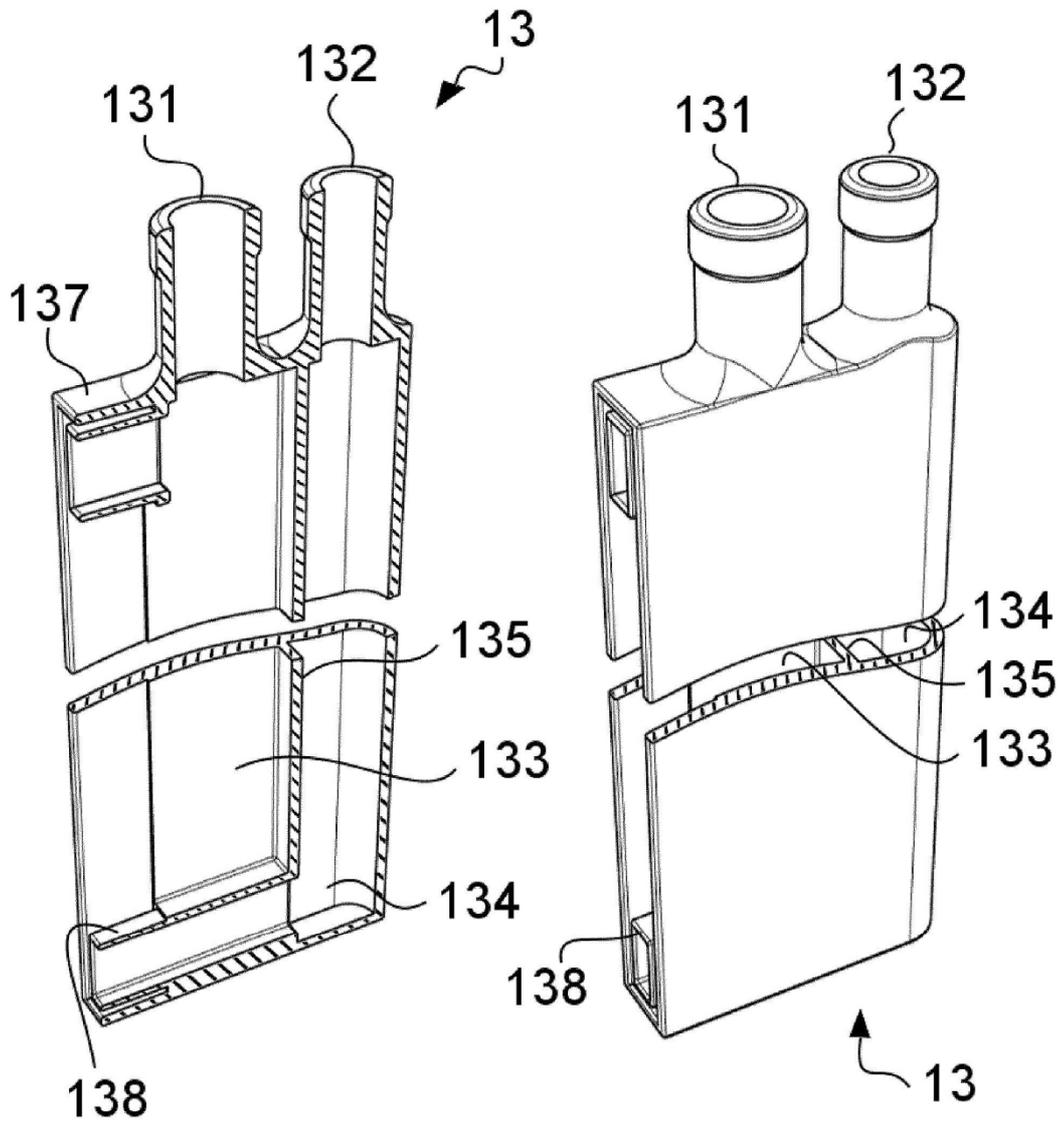
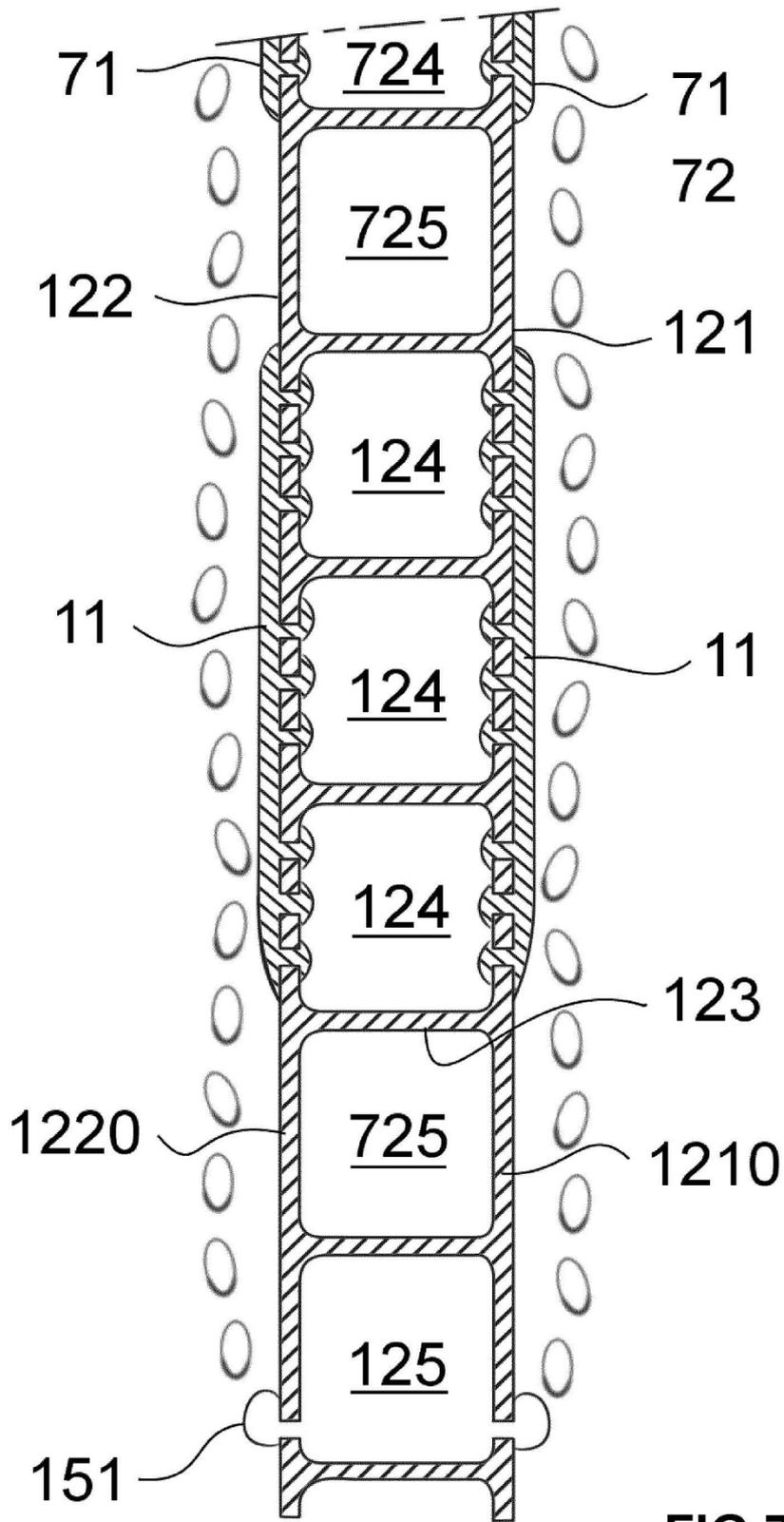


FIG 6A

FIG 6B



**FIG 7**

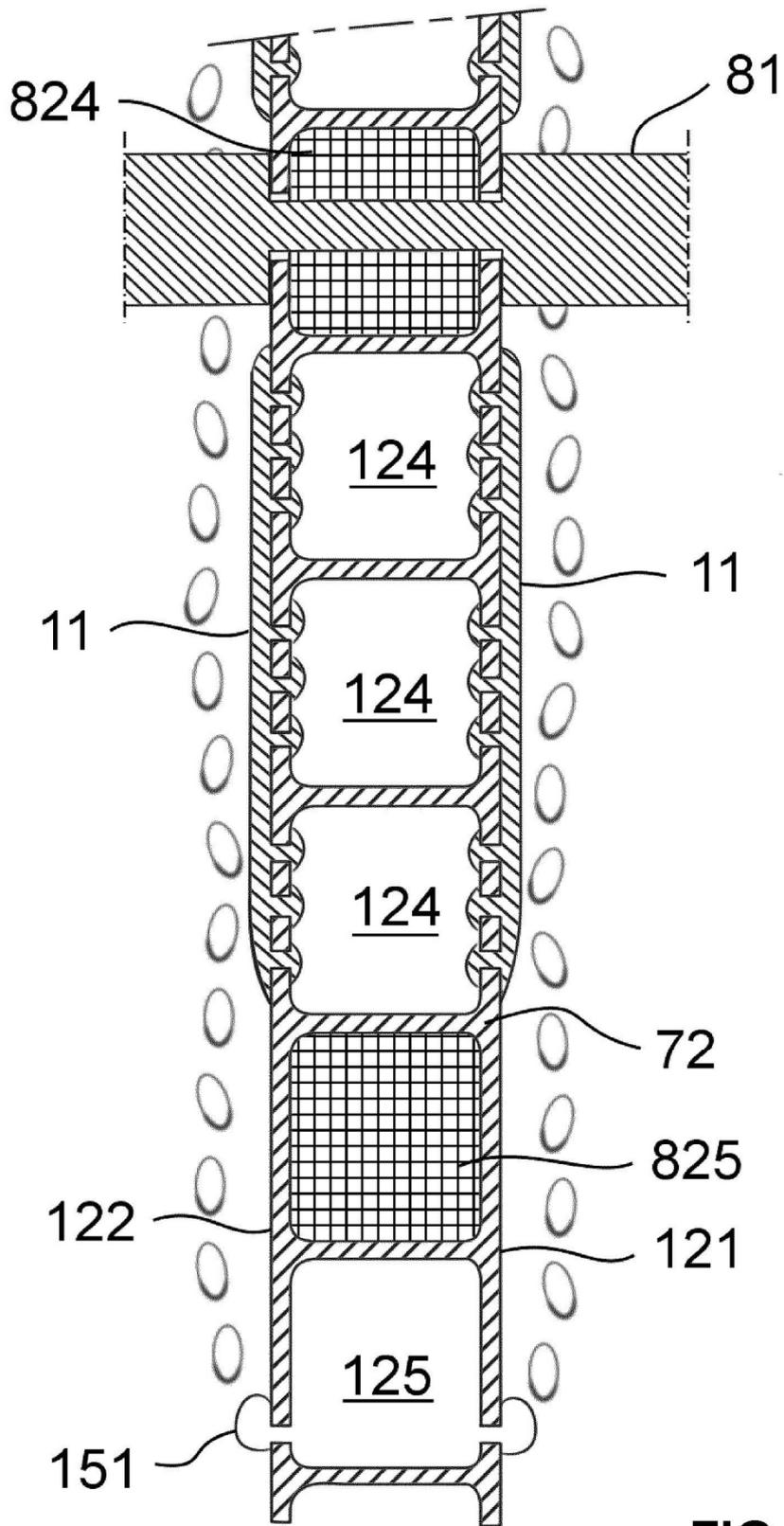
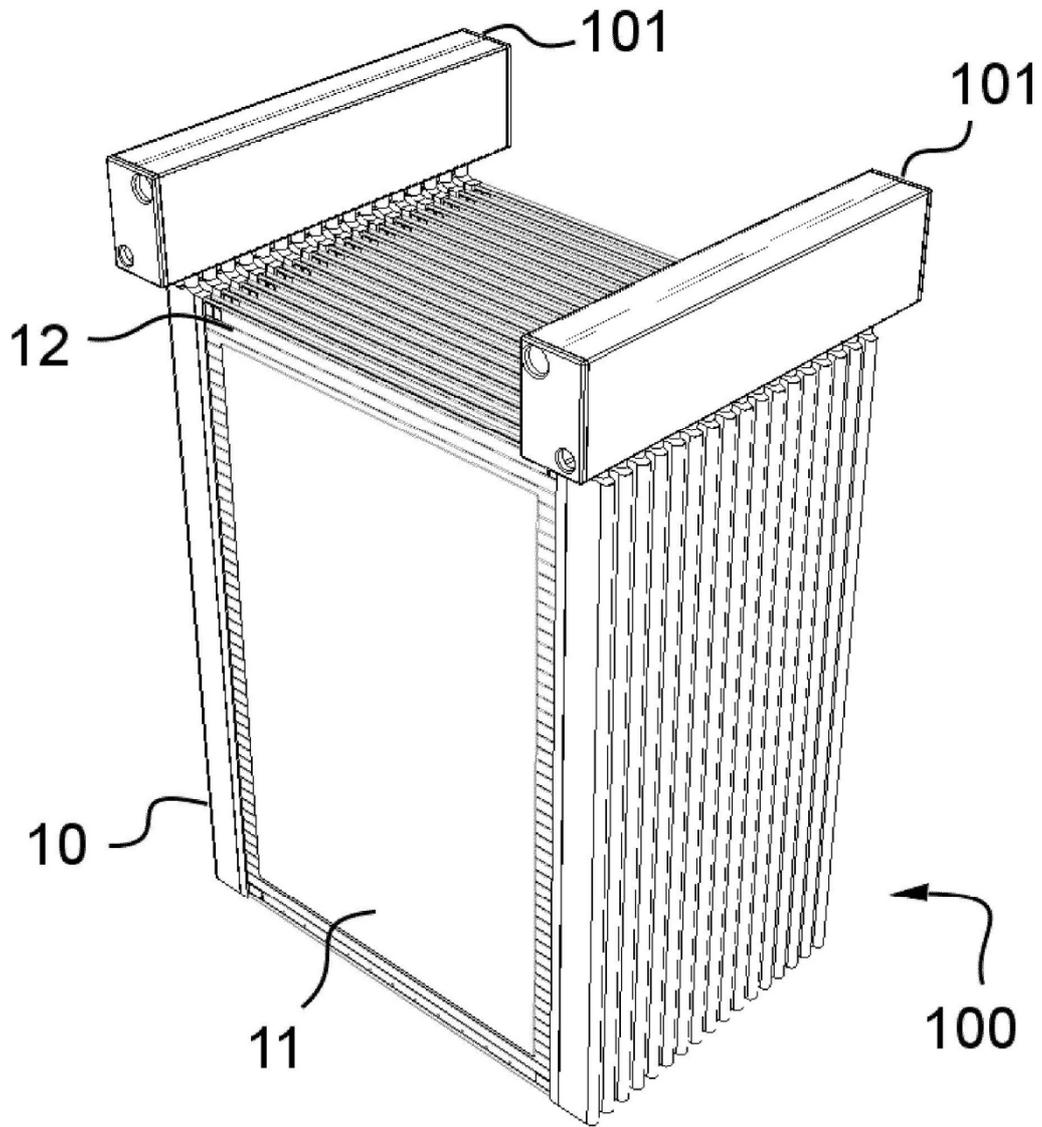
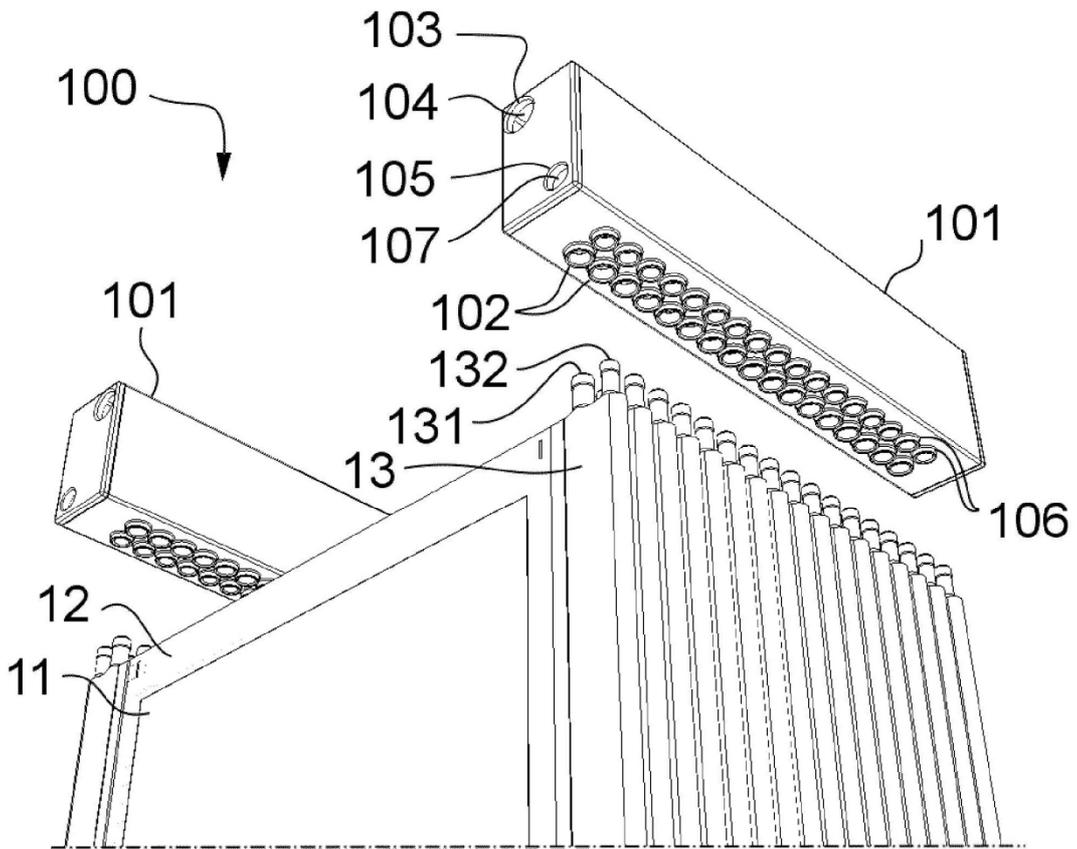


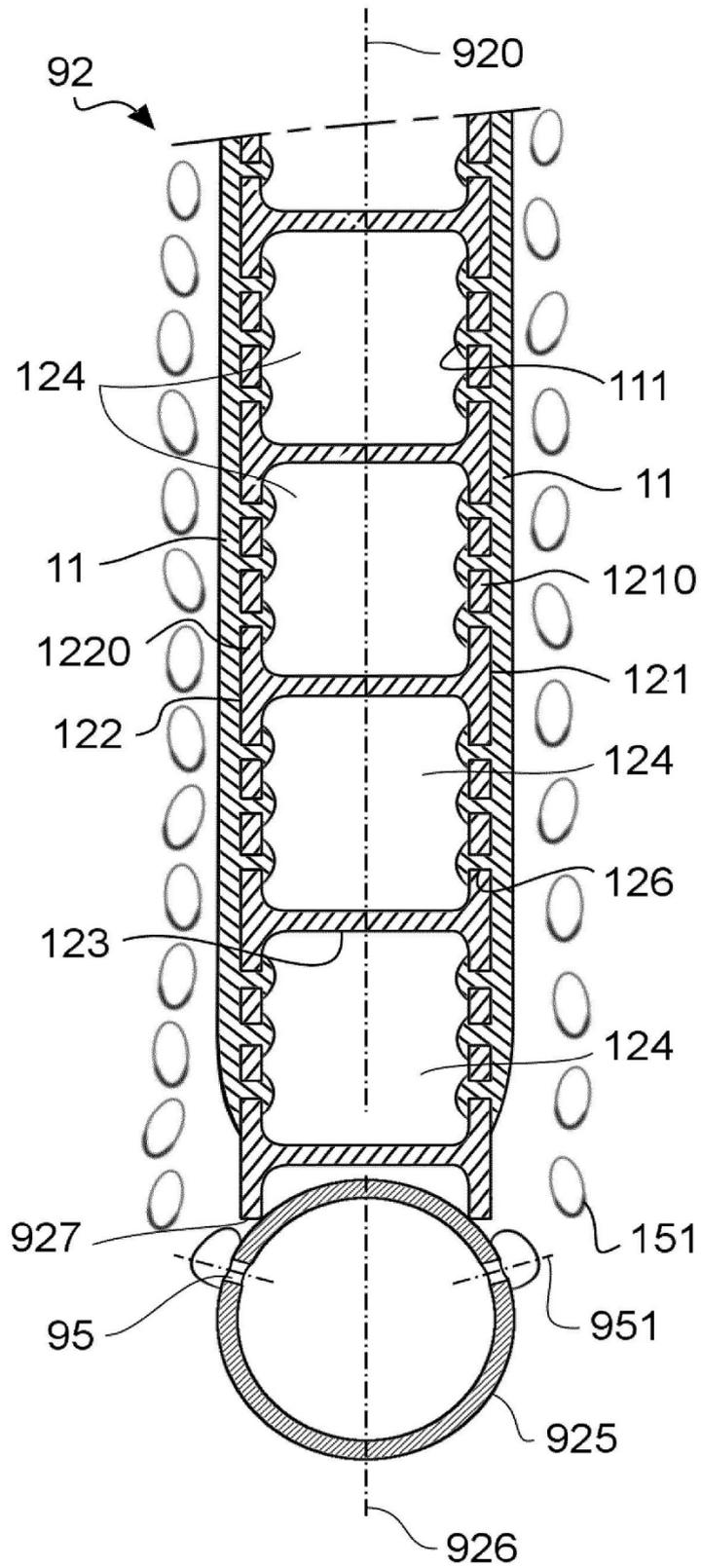
FIG 8



**FIG 9**



**FIG 10**



**FIG 11**

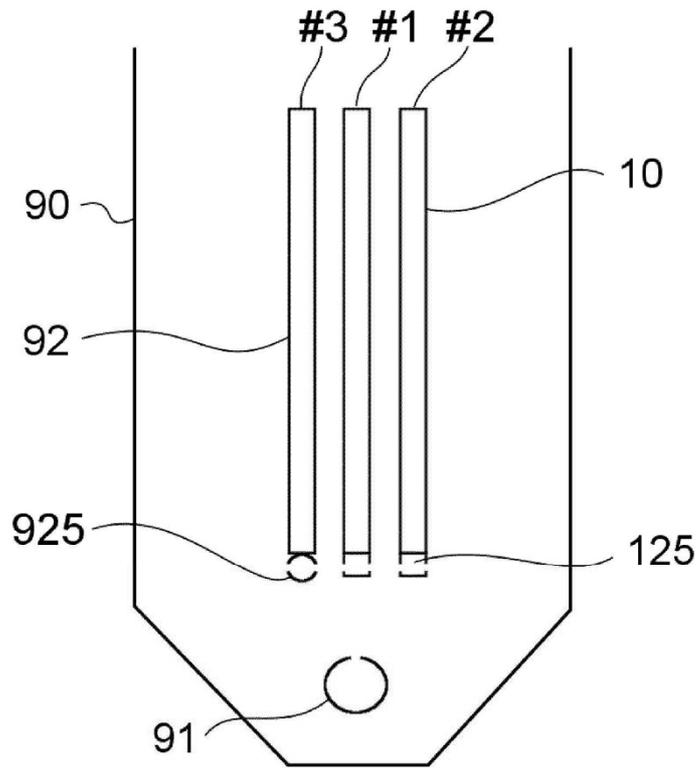


FIG 12

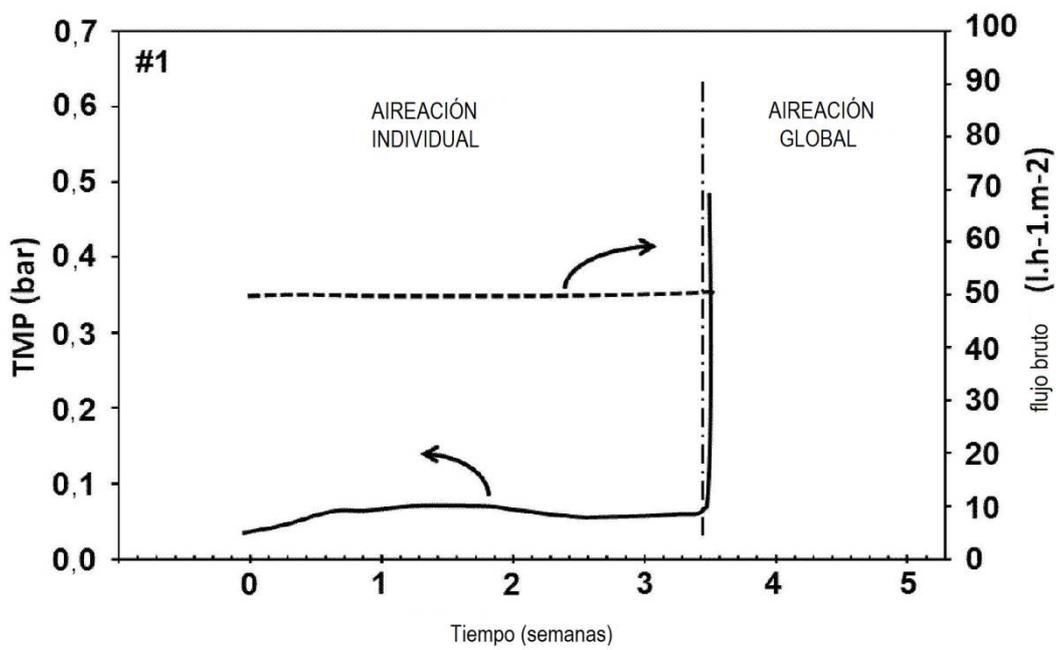


FIG 13

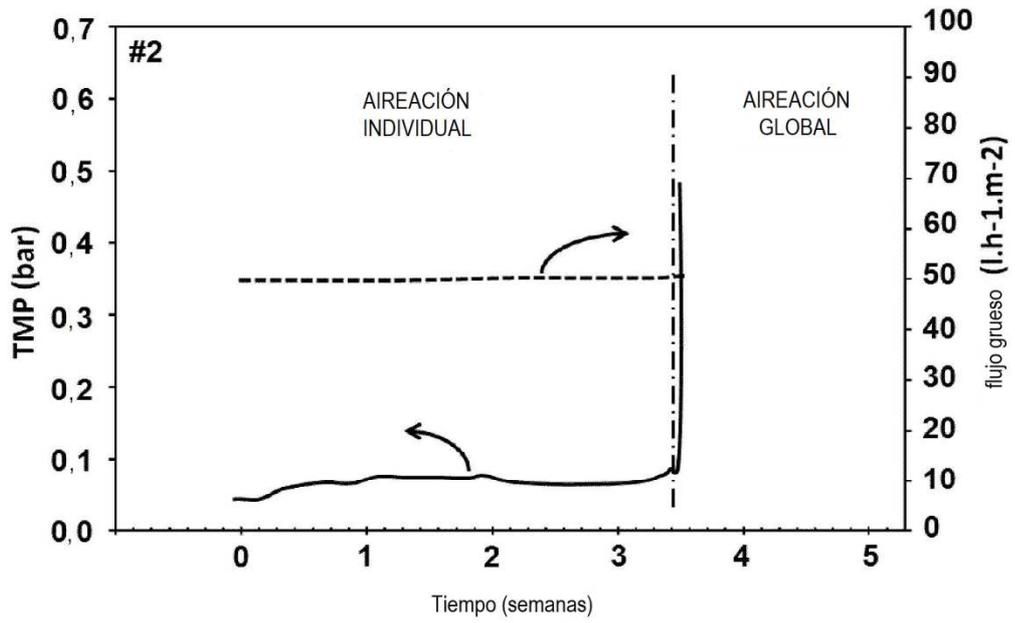


FIG 14

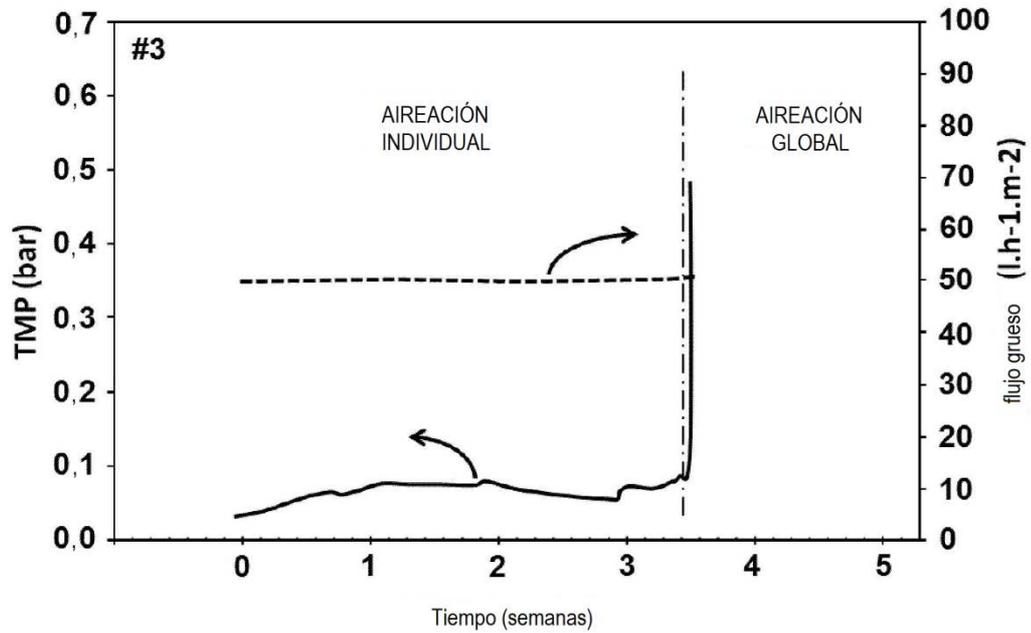


FIG 15