

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 913 126**

51 Int. Cl.:

B01D 67/00 (2006.01)

B01D 61/02 (2006.01)

B01D 69/02 (2006.01)

B01D 69/10 (2006.01)

B01D 71/56 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.01.2017 PCT/US2017/012768**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.07.2017 WO17123507**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.01.2017 E 17738776 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.03.2022 EP 3402588**

54 Título: **Procedimiento para mejorar el flujo de agua a través de una membrana de TFC**

30 Prioridad:

11.01.2016 US 201614992821

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

31.05.2022

73 Titular/es:

LG NANO H₂O INC. (50.0%)
750 Lairport Street
El Segundo, CA 90245, US y
LG CHEM, LTD. (50.0%)

72 Inventor/es:

HOLMBERG, BRETT, ANDERSON;
KOEHLER, JEFF y
JEON, HYUNG JOON

74 Agente/Representante:

LÓPEZ CAMBA, María Emilia

ES 2 913 126 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

Procedimiento para mejorar el flujo de agua a través de una membrana de TFC

5 **CAMPO DE LA INVENCIÓN**

La presente invención se refiere a membranas de material compuesto de película delgada (TFC, del inglés *thin film composite*), incluidas membranas utilizadas para nanofiltración, ósmosis inversa o directa, p. ej., para purificar agua, incluidas agua del grifo, agua salobre (AS) y agua de mar (AM), y más en particular a aditivos y procedimientos para
10 mejorar el flujo de agua en las membranas de TFC.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Una membrana de material compuesto de película delgada (TFC) es una membrana que tiene capas de materiales distintos unidas para formar una sola membrana. Esta construcción en capas permite el uso de combinaciones de materiales que optimizan el rendimiento y la durabilidad de la membrana. Las membranas de TFC se utilizan para la nanofiltración, y en la ósmosis inversa y membranas de ósmosis directa para tratar el agua del grifo, el agua salobre y el agua de mar. Tales membranas se fabrican normalmente mediante polimerización interfacial de un monómero en una fase no polar (p. ej., orgánica) junto con un monómero en una fase polar (p. ej., acuosa), de manera que se forma
20 una capa de discriminación sobre una capa de soporte porosa. Las membranas de TFC se utilizan donde se requieren características de flujo y rechazo sustancial, por ejemplo, en la purificación de agua. Varios materiales y aditivos químicos se han añadido a las membranas de TFC durante la polimerización para aumentar el flujo sin reducir las características de rechazo. Las membranas de TFC también están sujetas a ensuciamiento, lo que da como resultado un flujo reducido, mientras los contaminantes, p. ej., material del agua salobre o de mar que se purificará, se acumulan en la superficie de la membrana de TFC.
25

Cuando se diseña para ósmosis inversa (OI), la membrana de TFC puede estar hecha de cualquier material y puede tomar cualquier forma, siempre y cuando sea capaz de realizar ósmosis inversa, que sea capaz, bajo una presión aplicada adecuada, de penetrar preferentemente en el agua y rechazar las sales disueltas. Las membranas de TFC de ósmosis inversa normales pueden incluir una capa de respaldo de fieltro, una capa de soporte y una capa de discriminación. La capa de discriminación puede ser una película de poliamida que se puede usar para filtrar el líquido, de manera que por lo general elimina la sal del agua. La capa de soporte está ubicada entre la capa de discriminación y la capa de respaldo de fieltro y por lo general es un material polimérico poroso tal como polisulfona para permitir el flujo de fluido filtrado. La capa de respaldo de fieltro es normalmente porosa para permitir que el fluido que haya filtrado
30 la capa de discriminación fluya a través de la lámina de membrana.
35

La capa de discriminación polimerizada interfacialmente de la membrana de TFC se puede realizar mediante cualquiera de las técnicas conocidas. Los ejemplos de realizaciones de las capas de discriminación, su química y el procedimiento para fabricarlas se describen en las patentes estadounidenses n.º 4.039.440; 4.277.344; 4.902.424; 5.108.607; 5.543.046; 6.337.018; 7.109.140; y 8.177.978. Preferentemente, la capa de discriminación es una poliamida reticulada. Después de la polimerización interfacial y la formación de la capa de discriminación, la membrana de TFC normalmente se seca, y a continuación se lava para eliminar el exceso de reactivos antes del secado final o la aplicación de un recubrimiento frontal, tal como una capa protectora o una capa de recubrimiento antiincrustante. El secado y/o recubrimiento final de la membrana puede disminuir el flujo de agua a través de la membrana. Este impacto
40 negativo en el flujo de agua puede provocarlo el colapso de los poros durante el procedimiento de secado.
45

Además de la capa de discriminación y la capa de soporte, cualquier cantidad de otras capas puede estar presente en la membrana de TFC, tales como capas intermedias entre las capas de soporte y discriminación, y capas de recubrimiento (incluidas las resultantes de modificar químicamente la superficie de la capa de discriminación) agregadas como una capa protectora, o para cambiar las características de carga de la superficie de la capa de discriminación, o para mejorar las propiedades de rechazo, o para reducir la incrustación. Estas capas de recubrimiento recubren la membrana de ósmosis inversa en el lado que se expone a la disolución de alimentación cuando la membrana esté en uso.
50

Se conocen varias capas de recubrimiento protectoras, antiincrustantes y de mejora del rendimiento (véase la patente estadounidense n.º 6.177.011; 6.413.425; 7.490.725; 8.011.517; 8.017.050; 8.443.986; y 9.022.227; y la publicación de solicitud de patente estadounidense n.º 2010/0051538 y 2012/0111791). La aplicación de estas capas de recubrimiento puede tener un efecto negativo en el flujo de agua a través de la membrana, que puede provocarlo el procedimiento de secado que por lo general se utiliza para reticular o secar el recubrimiento.
55

Kuhne et al. Flux Enhancement in TFC RO membranes, Environmental Progress, 2001, pages 23-26.
60

Lo que se necesita es un procedimiento que pueda minimizar o eliminar el impacto negativo en el flujo de agua a través de la membrana a menudo observado al secarse y/o la adición de una capa de recubrimiento a la membrana de TFC.
65

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

Los problemas de la técnica anterior se resuelven conforme al objeto de las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas de la invención son el resultado de las subreivindicaciones.

Por consiguiente, la presente invención se refiere a un procedimiento para producir una membrana de TFC con flujo de agua mejorado a través de la membrana. La membrana de TFC puede incluir al menos una capa de recubrimiento en la superficie de la capa de discriminación, tal como una capa de recubrimiento protectora, antiincrustante o de mejora del rendimiento o una combinación de las mismas.

Después de la formación de la capa de discriminación de una membrana de TFC y el secado y enjuague de la membrana de TFC, y antes del secado final o la aplicación de una capa de recubrimiento, se ha determinado que el tratamiento de la parte posterior de una membrana de TFC con una disolución de tratamiento de la parte posterior que contenga un agente de protección de la estructura de los poros puede preservar las propiedades de rendimiento de la membrana de TFC cuando la membrana se seque y se enrolle antes del ensamblaje del elemento. Se ha desarrollado una sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico como agente de protección de la estructura de los poros después del enjuague. Un ejemplo de agente de protección de la estructura de los poros es el alcanforsulfonato de trietilamonio (TEACSA).

Cuando el agente de protección de la estructura de los poros se incluye en una disolución de tratamiento de la parte posterior y se aplica a la parte posterior de una membrana de TFC después del enjuague después de la polimerización interfacial y antes del secado o la aplicación de un recubrimiento frontal, la membrana de TFC muestra un mejor rendimiento del flujo de agua y mantiene el rechazo de la sal después de que se haya completado el procedimiento de secado, en comparación con las membranas preparadas sin la aplicación de un agente de protección de la estructura de los poros. Con las membranas de TFC de agua de mar, se pueden realizar mejoras moderadas del flujo de agua utilizando un agente de protección de la estructura de los poros en una disolución de tratamiento de la parte posterior antes de secar o recubrir la membrana. Con las membranas de TFC de agua salobre, se pueden realizar mejoras en el flujo de membranas grandes utilizando un agente de protección de la estructura de los poros en una disolución de tratamiento de la parte posterior. Se cree que las presiones más bajas que impulsan la permeación en condiciones salobres son la causa de la mejora considerable del flujo para la membrana salobre en comparación con las membranas de agua de mar. En condiciones salobres, las restricciones al flujo provocadas por el colapso de los poros tienen un efecto más importante porque hay menos fuerza motriz para superar las restricciones provocadas por el colapso de los poros.

También se ha determinado que el uso de una sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico como agente de protección de poros tiene el beneficio adicional de eliminar la posibilidad de formación de ampollas osmóticas que a veces puede ocurrir cuando se utiliza un agente de secado tal como citrato de sodio. Estas ampollas osmóticas se manifestarían cuando la superficie de la membrana se humedeciera y el agua buscara diluir la diferencia de presión osmótica provocada por la concentración de sal de citrato de sodio en la parte posterior de la película delgada. Dado que el citrato de sodio formó cristales cuando se secó, el cristal podría bloquear temporalmente las capas de poros de soporte, de manera que permite que la presión osmótica se acumule detrás de la membrana de película delgada. Cualquier área de la membrana de película delgada con una adhesión débil a la capa de soporte se deslaminaría, de manera que crearía una membrana con ampollas que sería susceptible a la rotura por abrasión o cualquier defecto introducido en la membrana durante su formación o manipulación. El uso de una sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico como agente de protección de la estructura de los poros evita la formación de ampollas osmóticas.

En esta invención se proporcionan procedimientos para mejorar el flujo de agua de una membrana de TFC. Los procedimientos incluyen tratar una membrana de TFC que tiene al menos una capa de fieltro en la parte posterior, una capa de soporte y una capa de discriminación en la parte frontal mediante la aplicación de una disolución de tratamiento de la parte posterior que contiene entre alrededor de un 0,1 % en peso y alrededor de un 33 % en peso de una sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico como un agente de protección de la estructura de los poros en la parte posterior de la membrana de TFC para formar una membrana de TFC tratada en la parte posterior, y secar la membrana de TFC tratada en la parte posterior para proporcionar una membrana de TFC tratada. La membrana de TFC tratada presenta un flujo de agua que es mayor que el flujo de agua de una membrana de TFC preparada sin tratar la parte posterior con la disolución de tratamiento de la parte posterior. La capa de discriminación comprende una poliamida. La etapa de secado comprende calentar la membrana de TFC tratada hasta que la superficie de la membrana de TFC tratada alcance una temperatura de al menos 75 °C.

La amina terciaria de la sal de amina terciaria del ácido alcanforsulfónico se selecciona de entre una trietilamina que tiene entre 1 y 6 átomos de carbono en el resto alquilo, una piridina que tiene entre 0 y 3 grupos alquilo de entre 1 y 6 átomos de carbono, una alquil-alcohol-amina, una N-alquil-pirrolidina que tiene entre 1 y 6 átomos de carbono en el resto alquilo, una alquilbencilamina y unas aminas terciarias heteroaromáticas o una combinación de las mismas. La amina terciaria de la sal de amina terciaria del ácido alcanforsulfónico se puede seleccionar de entre piridina, 4-dimetilamino-piridina, quinolina, isoquinolina, fenantridina, trietilamina, etildiisopropilamina, N,N-dimetilciclohexilamina, N-metilpirrolidina trietanolamina, metildietanolamina, etil-dietanolamina, dimetildietanolamina, butildietanolamina, octadecil-dietanolamina, ciclohexildietanolamina, bencildietanolamina, bencildietanolamina, dietil-

etanolamina, dietilciclohexinolamina, metiloctadecil-etanolamina, metiloctadeceniletanamina, dimetilbenamina y una picolina. La disolución de tratamiento de la parte posterior puede incluir un disolvente seleccionado de entre agua, un alcohol C₁-C₄, una cetona C₁-C₄, un glicol, un polialquilenglicol, un mono-alquiléter de etilenglicol y un di-alquiléter de etilenglicol, y una combinación de estos.

Los procedimientos proporcionados en esta invención también pueden incluir como una etapa aplicar un recubrimiento a la parte frontal de la membrana de TFC. El recubrimiento frontal puede incluir entre alrededor de un 0,1 % en peso y alrededor de un 10 % en peso de un polímero seleccionado de entre alcohol polivinílico, polivinilpirrolidona, polietileno, polipropileno, polietersulfona, fluoruro de polivinilideno, politetrafluoroetileno, tereftalato de polietileno, tereftalato de polimetileno, tereftalato de polibutileno, poliestireno, poliacrilonitrilo, metacrilato de polimetilo, un polialcohol de acetato de polivinilo, un óxido de polialquileño, una poliimina, un ácido poliacrílico, una poliamina, un poliuretano y una poliurea, y derivados de estos y copolímeros de estos. El recubrimiento puede incluir entre alrededor de un 0,1 % en peso y alrededor de un 40 % en peso de un humectante seleccionado de entre glicerol, poliglicerol, polietilenglicol, un alquilenglicol y un alcohol de azúcar, y cualquier combinación de estos.

También se proporcionan membranas de TFC producidas por los procedimientos proporcionados en esta invención. Las membranas de TFC producidas por los procedimientos proporcionados en esta invención se pueden utilizar para nanofiltración, ósmosis inversa u ósmosis directa. Cuando se utiliza para la ósmosis inversa, la membrana de TFC puede presentar un flujo de agua de al menos 30,61 l/m²/h (18 gfd) y un rechazo de sal de al menos 99,6 % cuando la membrana se expone a agua desionizada que contenga 2.000 ppm de NaCl a una temperatura de 25 °C y una presión de 1,55 MPa (225 psi); o la membrana de TFC puede presentar un flujo de agua de al menos 25,51 (15 gfd) y un rechazo de sal de al menos 99,8 % cuando la membrana se expone a agua de mar a una temperatura de 25 °C y una presión de 5,51 MPa (800 psi).

También se proporcionan procedimientos para purificar agua del grifo o agua de mar o agua salobre que contenga 2000 ppm o menos de NaCl, los procedimientos incluyen poner en contacto agua del grifo con la membrana de TFC de la reivindicación 12 a una presión hidrostática de alrededor de 1,03 MPa (150 psi) o menos; o poner en contacto el agua de mar con la membrana de TFC de la reivindicación 12 a una presión hidrostática de alrededor de 5,51 MPa (800 psi) o menos; o poner en contacto el agua salobre con la membrana de TFC de la reivindicación 12 a una presión hidrostática de alrededor de 1,55 MPa (225 psi) o menos.

También se proporcionan módulos de ósmosis inversa que incluyen la membrana de TFC tratada en la parte posterior con una disolución de tratamiento de la parte posterior que contiene entre alrededor de un 0,1 % en peso y alrededor de un 33 % en peso de una sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico como un agente de protección de la estructura de los poros en la parte posterior de la membrana de TFC antes del secado y/o recubrimiento frontal de la membrana de TFC. Las membranas se pueden enrollar en espiral alrededor de un tubo perforado central. Las membranas también pueden formarse como fibras huecas y pueden encapsularse en módulos de fibra hueca.

También se proporcionan procedimientos para la ósmosis inversa utilizando las membranas que se han tratado en la parte posterior con un agente de protección de la estructura de los poros antes del secado o recubrimiento en la parte frontal. Los procedimientos incluyen proporcionar un dispositivo de separación de membranas que tiene un lado de alimentación y un lado de permeado y que contiene una membrana de TFC de ósmosis inversa como se proporciona en esta invención; hacer pasar una corriente de agua que contiene un contaminante que se puede eliminar mediante ósmosis inversa a través del lado de alimentación en condiciones de ósmosis inversa; eliminar del lado de alimentación una corriente de agua enriquecida con contaminante; y eliminar del lado de permeado una corriente de agua tratada agotada en el contaminante. En algunas aplicaciones, el contaminante es una sal. El agua de alimentación fluye a través de las superficies laterales de alimentación de las membranas. El agua tratada, agotada en el contaminante, se retira como una corriente de permeado. La corriente de concentrado se retira del lado de alimentación como una corriente de retenido. Los procedimientos pueden incluir etapas adicionales, que incluyen, pero no se limitan a, filtración y/o floculación previa al tratamiento de coloides y desinfección posterior a la filtración, tal como mediante tratamiento con radiación UV, electrólisis u ozono.

Las características y ventajas adicionales de la invención se expondrán en la descripción que sigue, y en parte serán evidentes a partir de la descripción, o pueden aprenderse mediante la práctica de la invención. Los objetivos y otras ventajas de la invención se realizarán y alcanzarán mediante la estructura señalada en particular en la descripción escrita y las reivindicaciones de la misma, así como en los dibujos adjuntos.

Deberá entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son ejemplares y explicativas y están destinadas a proporcionar una explicación adicional de la invención como se reivindica.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la invención y se incorporan y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran realizaciones de la invención, y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la invención.

En los dibujos:

la figura 1 es un dibujo esquemático de una realización ejemplar de una membrana de TFC que tiene una capa de discriminación en la parte frontal, una capa de soporte y una capa de fieltro en la parte posterior;

la figura 2 es un dibujo esquemático de una realización ejemplar de una línea de procedimiento para aplicar la disolución de tratamiento de la parte posterior que contiene un agente de protección de la estructura de los poros a la parte posterior de una membrana de TFC usando una técnica de recubrimiento de charco. Las flechas muestran la dirección de rotación del rodillo de desenrollado y el rodillo de recogida. **B** indica la parte posterior de la membrana de TFC y **F** indica la parte frontal de la membrana de TFC; y

la figura 3 es un dibujo esquemático de una realización ejemplar de una línea de procedimiento para aplicar la disolución de tratamiento de la parte posterior que contiene un agente de protección de la estructura de los poros a la parte posterior de una membrana de TFC utilizando una técnica de recubrimiento de baño. Las flechas muestran la dirección de rotación del rodillo de desenrollado y el rodillo de recogida. **B** indica la parte posterior de la membrana de TFC y **F** indica la parte frontal de la membrana de TFC; y

Descripción detallada

A. DEFINICIONES

Como se usa en esta invención, el término "alquilo" se refiere a una cadena lineal, ramificada o cíclica que contiene al menos un átomo de carbono y no tiene enlaces dobles o triples entre los átomos de carbono.

Como se usa en esta invención, «flujo» se refiere al flujo de líquido a través de una membrana.

Como se usa en esta invención, «tasa de rechazo» se refiere al porcentaje de reducción en la concentración del componente no deseado del fluido. Por lo tanto, por ejemplo, en el procedimiento de desalinización de agua de mar o agua salobre, una tasa de rechazo sería el porcentaje de reducción en la concentración de sal presente en el permeado en comparación con la alimentación de agua de mar o alimentación de agua salobre.

Como se usa en esta invención, «permeable» y «permeabilidad» se refieren a la propiedad de un material o membrana que hace que permita que los líquidos o gases destinados a ser filtrados pasen a través de él. Por lo tanto, en realizaciones de ejemplo donde el fluido a filtrar es agua salada o agua salobre para eliminar la sal, la permeabilidad se refiere a la propiedad de un material o membrana que hace que permita que el agua pase a través mientras rechaza la sal.

Como se usa en esta invención, una «combinación» se refiere a cualquier asociación entre dos elementos o entre más de dos elementos. La asociación puede ser espacial o hacer referencia al uso de los dos o más elementos para un propósito habitual.

Como se usa en esta invención, el término «tensoactivo» se refiere a moléculas que absorben en las interfaces aire/agua, aceite/agua y/o aceite/aire, reduciendo sustancialmente su energía superficial. Los tensoactivos por lo general se clasifican dependiendo de la carga de la fracción activa de la superficie y se pueden clasificar como tensoactivos catiónicos, aniónicos, no iónicos y anfóteros.

Como se usa en esta invención, una «membrana de material compuesto de película delgada» se refiere a una membrana que tiene capas de materiales distintos unidas entre sí para formar una sola membrana.

Como se usa en esta invención, la expresión "poner en contacto" se refiere a llevar dos o más materiales lo suficientemente cerca para que puedan interactuar.

Como se usa en esta invención, «gfd» se refiere a galones por pie cuadrado por día.

Como se usa en esta invención, «CSA» se refiere al ácido alcanforsulfónico, que también se conoce como ácido (±)-alcanfor-10-sulfónico, y tiene el número de registro CAS 5872-08-2.

Como se usa en esta invención, "TEACSA" se refiere a la sal de trietilamina del ácido alcanforsulfónico. TEACSA también se conoce como alcanforsulfonato de trietilamonio.

Como se usa en esta invención, «AS» se refiere a agua salobre.

Como se usa en esta invención, «AM» se refiere a agua de mar.

B. Preparación de membranas de material compuesto de película fina

La construcción de membranas permeables de TFC no está en particular limitada. Estas membranas deben, sin embargo, permitir el filtrado de un fluido dado. En realizaciones de ejemplo, las membranas de TFC permeables se

pueden diseñar para filtrar agua salada, tal como agua salobre o agua de mar, pero también se pueden utilizar para filtrar otras disoluciones acuosas. En la figura 1 se proporciona una representación esquemática, ejemplar y no limitante de la estructura de una membrana de TFC permeable. La membrana de TFC permeable **100** puede incluir tres capas principales, una capa de fieltro en la parte posterior **140**, una capa de soporte **130** y una capa de discriminación **120**. En realizaciones alternativas, la membrana de TFC permeable puede incluir capas adicionales. La membrana de TFC puede proporcionarse como una lámina o como un tubo hueco.

1. Capa de fieltro en la parte posterior

La capa de fieltro inferior o posterior **140** puede ser de o contener un material de tela tejido o no tejido. La capa de fieltro posterior **140** puede ser alternativamente una estera de red fibrosa que incluya fibras orientadas. En una realización ejemplar, la capa de fieltro **140** es una capa de fibras no tejidas orientada en la dirección del rollo. La capa de fieltro posterior **140** puede proporcionar resistencia estructural e integridad a la lámina de membrana. La capa de fieltro posterior **140** es preferentemente permeable al agua, plana y sin fibras extraviadas que podrían penetrar la capa de soporte **130** o la capa de discriminación **120**, que se muestra orientada en la parte frontal **110**. La capa de fieltro posterior **140** es preferentemente delgada para disminuir el coste y maximizar el área de la membrana, fuerte contra la extensión y mecánicamente resistente a la deformación a alta presión. En realizaciones ejemplares, la capa de fieltro posterior **140** puede estar formada por poliéster. También se pueden usar materiales poliméricos alternativos. Los materiales de ejemplo que se pueden utilizar como o incluir en la capa de fieltro de la parte posterior **140** se describen en las patentes estadounidenses n.º 4.214.994; 4.795.559; 5.435.957; 5.919.026; 6.156.680; y 7.048.855; y en las publicaciones de solicitud de patente estadounidense n.º 2008/0295951 y 2010/0193428.

2. Capa de soporte porosa

Sobre la capa de fieltro posterior **140**, la lámina de membrana de TFC puede incluir una capa de soporte porosa **130**. La capa de soporte porosa **130** puede estar formada por un material polimérico. En una realización ejemplar, la capa de soporte porosa **130** puede incluir una capa de polisulfona. También se pueden utilizar otros materiales para formar la capa de soporte. La capa de soporte **130** es normalmente de entre 25 y 250 micras de espesor, pero puede tener un espesor menor que aproximadamente 25 micras o mayor que aproximadamente 250 micras. La capa de soporte **130** puede fabricarse convencionalmente a partir de cualquier membrana adecuadamente porosa, tal como polietersulfona, poli(éter sulfona cetona), poli(éter etil cetona), poli(ftalazinona éter sulfona cetona), poli(acrilonitrilo), polipropileno, acetato de celulosa, diacetato de celulosa o triacetato de celulosa. Estos materiales microporosos pueden tener los poros más pequeños ubicados muy cerca de la superficie superior. La porosidad en la superficie puede ser baja, por ejemplo del 5-15 % del área total de la superficie. La capa de soporte **130** se puede preparar al añadir el disolvente N-metilpirrolidona (NMP) (Across Organics, EE. UU.) a un polímero de polisulfona (M_n -26.000 de Aldrich, EE. UU.) (donde M_n es el peso molecular medio numérico) en forma de cuentas transparentes en botellas de vidrio herméticas. También se puede utilizar dimetilformamida (DMF) como disolvente. La solución puede fundirse o extenderse sobre la capa de fieltro posterior **140** seguida de una o más etapas de enjuague usando agua desmineralizada. Se describen procedimientos ejemplares conocidos en la técnica para formar la capa de soporte **130**, por ejemplo, en las patentes de EE. UU. n.º 3.926.798 y 8.177.978 y en las publicaciones de solicitud de patente de EE. UU. n.º 2011/0174728 y 2014/0014575.

3. Capa de discriminación

Sobre la capa de soporte porosa **130**, se puede formar una capa de discriminación **120**, que se muestra en la parte frontal **110** en la figura 1. La capa de discriminación **120** comprende una capa de poliamida. Además, en realizaciones ejemplares, la capa de discriminación **120** puede diseñarse para filtrar agua de mar o agua salobre. En tales realizaciones, la capa de discriminación se puede diseñar para filtrar la sal del agua de mar o agua salobre o agua del grifo. La capa de discriminación **120** también se puede diseñar para filtrar una solución acuosa.

Aunque la química de la capa de discriminación **120** no debe verse como limitada, una realización ejemplar de la capa de discriminación comprende una capa de poliamida, por ejemplo, que se forma mediante polimerización interfacial de una disolución polar y una disolución no polar. Un ejemplo de disolución polar es una solución acuosa de una poliamina tal como m-fenilendiamina (MPD). Una disolución no polar ejemplar puede ser una fase orgánica que contenga un haluro de ácido polifuncional tal como cloruro de trimesoilo (TMC). También pueden estar presentes varios aditivos para una o ambas disoluciones. En la técnica por lo general se conocen procedimientos y productos químicos que se pueden utilizar para formar la capa de discriminación. Las realizaciones ejemplares de las capas de discriminación, su química y procedimiento de fabricación se describen en las patentes de EE. UU. n.º 4.277.344; 4.902.424; 5.108.607; 5.543.046; 6.337.018; 7.109.140; y 8.177.978.

En la figura 1 se ilustra un diagrama de una membrana de TFC **100** que contiene una capa de fieltro posterior **140**, una capa de soporte **130** y una capa de discriminación **120**. Para facilitar la referencia, la parte frontal de la membrana de TFC se conoce como el elemento **110** y la parte posterior de la membrana de TFC se conoce como el elemento **150**. La capa de soporte **130** puede incluir polisulfona. La capa de fieltro **140** puede contener poliéster. Como se ha explicado anteriormente, la capa de soporte **130** y la capa de fieltro posterior **140** son porosas para permitir que el permeado de la capa de discriminación **120** pase a través de la membrana de TFC. Cabe señalar que el diagrama no

es a escala, ya que la capa de discriminación **120** por lo general es mucho más delgada que la capa de soporte **130** y la capa de fieltro posterior **140**. El espesor no es necesariamente exactamente el mismo a través de la membrana de TFC. La capa de soporte, así como las otras capas de la lámina de membrana de TFC, pueden tener variaciones de espesor menores. Después de la formación, la membrana de TFC normalmente se somete a etapas de acabado, que pueden incluir una serie de etapas de enjuague y secado al aire y/o al horno, opcionalmente seguidas por una etapa de recubrimiento. La(s) etapa(s) de enjuague puede(n) eliminar cualquier exceso de reactivos, pero también puede dar como resultado la eliminación de cualquier agente de secado incorporado en la membrana durante la formación.

C. Revestimiento frontal de la membrana de TFC

Muchas membranas de TFC se someten a un procedimiento de recubrimiento como paso de acabado. Cualquiera o una combinación de materiales de recubrimiento se puede aplicar a la parte frontal de la membrana de TFC como una etapa de acabado. Por ejemplo, se puede aplicar una capa protectora a la superficie de la capa de discriminación como una etapa de acabado. Se describen ejemplos de recubrimientos normales, por ejemplo, en la patente estadounidense n.º 6.177.011; 6.413.425; 7.490.725; 8.011.517; 8.017.050; 8.443.986; y 9.022.227; y la publicación de solicitud de patente estadounidense N.º 2010/0051538 y 2012/0111791). La capa de recubrimiento normalmente recubre una membrana de TFC de ósmosis inversa en el lado que se expone a la disolución de alimentación cuando la membrana esté en uso (por lo general la parte frontal que contiene la capa de discriminación).

En general, no se confía en el recubrimiento para impartir propiedades de separación de ósmosis inversa y, en general, las propiedades de rechazo de las membranas recubiertas son similares a las de una membrana no recubierta de la misma estructura y composición. Por ejemplo, un recubrimiento normal por lo general no cambia el rechazo de la membrana en más de un 10 % en cualquier dirección. Para determinados solutos, el recubrimiento puede dar como resultado un rechazo ligeramente mayor, pero la mejora es normalmente menor, tal como no más de alrededor de un 5 %. En algunos casos, el rechazo puede ser menor después del recubrimiento, pero nuevamente, el cambio es normalmente solo un pequeño porcentaje, tal como un 5 % o menos. Con frecuencia, el rechazo se mantiene dentro de ± 1 % de su valor original después del recubrimiento.

El recubrimiento puede aumentar el espesor de la membrana, y una membrana recubierta con una capa de recubrimiento gruesa puede presentar un flujo de agua menor que el flujo de agua de una membrana no recubierta de la misma estructura y composición. Normalmente, se puede aplicar un recubrimiento de modo que el recubrimiento o película seca resultante en la membrana sea de un espesor que no reduzca considerablemente el flujo de agua de la membrana. En algunas aplicaciones, el recubrimiento se puede aplicar de modo que la reducción en el flujo de agua sea de alrededor de un 10 % o menos, o un 5 % o menos.

Durante la operación prolongada, las membranas recubiertas, en particular aquellas recubiertas con un recubrimiento antiincrustante, normalmente son mucho menos susceptibles a la incrustación que sus equivalentes no recubiertos. Por ejemplo, cuando las membranas recubiertas están expuestas a contaminantes comunes tales como aceites, tensioactivos, otros compuestos orgánicos y metales pesados, las membranas recubiertas por lo general muestran una tasa mucho más lenta de disminución de flujo que las membranas no recubiertas. Se cree que esto se debe a que el recubrimiento minimiza o previene el ensuciamiento interno, provocado por el material atrapado dentro de poros y grietas, y cualquier ensuciamiento de las membranas recubiertas tiende a limitarse al material que se adhiere a la superficie. Como resultado, las membranas recubiertas pueden recuperar su flujo mucho mejor después de la limpieza que una membrana no recubierta de la misma composición y construcción. Por lo tanto, incluso si el recubrimiento da como resultado una pérdida en el flujo de agua, los beneficios obtenidos debido a las propiedades antiincrustantes se pueden usar para justificar la pérdida en el flujo de agua.

D. Tratamiento de la parte posterior con un agente de protección de la estructura de los poros

Los procedimientos proporcionados en esta invención permiten un flujo de agua mejorado de las membranas después del secado y/o la aplicación de un recubrimiento de acabado, tal como un recubrimiento protector o un recubrimiento antiincrustante. Durante la polimerización de la capa de discriminación, los agentes de secado, tales como TEACSA o citrato de sodio, se pueden incluir en la fase acuosa. Después de la formación y secado de la capa de discriminación, la membrana de TFC a menudo se lava o enjuaga para eliminar cualquier exceso de reactivos de la membrana. Cualquier agente de secado incluido en la fase acuosa o fase orgánica durante la polimerización interfacial normalmente se lava fuera de la membrana en estas etapas de lavado o enjuague. Después del lavado o enjuague, la membrana de TFC se puede secar y almacenar para su uso posterior, tal como para incorporarse en un módulo. El flujo de agua después del secado normalmente es menor que una membrana de la misma composición y construcción probada antes del secado.

Después del lavado o enjuague, la membrana de TFC también se puede procesar adicionalmente para incluir un recubrimiento frontal, tal como un recubrimiento protector de acabado. Durante el procedimiento de recubrimiento frontal, el tratamiento térmico a menudo se utiliza para eliminar los disolventes residuales o para promover la reticulación u otras reacciones de los materiales de recubrimiento aplicados. Las altas temperaturas pueden promover la contracción de los poros de la capa de discriminación, lo que puede reducir la porosidad de la película, lo que tiene

un efecto adverso sobre el flujo de agua (disminuye el flujo de agua a través de la membrana incluso más de lo esperado debido a cualquier aumento en el espesor de la membrana debido a la adición de la capa de recubrimiento).

Sorprendentemente, se ha descubierto que, antes del secado final, o antes o simultáneamente con la aplicación de una capa de recubrimiento en la parte frontal **110**, tratar la parte posterior 150 de la membrana de TFC con una disolución de tratamiento de la parte posterior que contiene una combinación del ácido alcanforsulfónico fuerte (CSA) y una amina terciaria como un agente de protección de la estructura de los poros da como resultado un flujo mejorado a través de la membrana después del secado de la membrana o después de que el recubrimiento aplicado se haya secado.

La amina terciaria se puede utilizar con el CSA para formar la sal de amina terciaria del CSA que se puede utilizar como agente de protección de la estructura de los poros. La amina terciaria utilizada para formar la sal de amina terciaria de CSA comprende una trialkilamina que tiene entre 1 y 6 átomos de carbono en el resto alquilo, una piridina que tiene entre 0 y 3 grupos alquilo de entre 1 y 6 átomos de carbono, una alquil-alcohol-amina, una N-alquil-pirrolidina que tiene entre 1 y 6 átomos de carbono en el resto alquilo, una alquilbencilamina y una amina terciaria heteroaromática o una combinación de las mismas. Los ejemplos de aminas terciarias que se pueden usar para formar la sal de amina terciaria de CSA incluyen piridina, 4-dimetilaminopiridina, quinolina, isoquinolina, fenantridina, trietilamina (TEA), etil-diisopropilamina, N,N-dimetil-ciclohexilamina, N-metilpirrolidina trietanolamina, metildietanolamina, etil-dietanolamina, dimetiltitanolamina, butildietanolamina, octadecil-dietanolamina, ciclohexildietanolamina, bencildietanolamina, bencilmetil-etanolamina, dietil-etanolamina, dietilciclohexinolamina, metiloctadecil-etanolamina, metiloctadecil-etolamina, metiltadecanolamina, dimetilbencilamina y una picolina. Estas aminas terciarias son bien conocidas y están disponibles comercialmente (p. ej., de Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MO, EE. UU.). Una combinación preferida es CSA y TEA. La generación de la sal de amina de CSA se puede lograr mediante la reacción de cantidades molares iguales de CSA y la amina terciaria. Por ejemplo, la sal de trietilamina de ácido alcanforsulfónico (TEACSA) se puede preparar haciendo reaccionar 1 mol de CSA con 1 mol de TEA, o mezclando CSA con TEA en una relación en peso de alrededor de 2,32:1,1 CSA:TEA. El exceso de amina terciaria también se puede utilizar en la generación de la sal de amina de CSA.

La disolución de tratamiento de la parte posterior puede incluir una cantidad de sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico de entre alrededor de 0,1 % en peso y alrededor de 33 % en peso. La cantidad de la sal de amina terciaria del ácido alcanforsulfónico presente puede ser 0,1 % en peso, o 0,2 % en peso, o 0,3 % en peso, o 0,4 % en peso, o 0,5 % en peso, o 0,6 % en peso, o 0,7 % en peso, o 0,8 % en peso, o 0,9 % en peso, o 1 % en peso, o 2 % en peso, o 3 % en peso, o 4 % en peso, o 5 % en peso, o 6 % en peso, o 7 % en peso, o 8 % en peso, o 9 % en peso, o 10 % en peso, o 11 % en peso, o 12 % en peso, o 13 % en peso, o 14 % en peso, o 15 % en peso, o 16 % en peso, o 17 % en peso, o 18 % en peso, o 19 % en peso, o 20 % en peso, o 21 % en peso, o 22 % en peso, o 23 % en peso, o 24 % en peso, o 25 % en peso, o 26 % en peso, o 27 % en peso, o 28 % en peso, o 29 % en peso, o 30 % en peso, o 31 % en peso, o 32 % en peso, o 33 % en peso, o una cantidad en un intervalo comprendido entre, o alrededor de, **a** y, o alrededor de, **b**, donde **a** es cualquiera de los valores de % en peso anteriores de sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico, y **b** es cualquiera de los valores de % en peso anteriores de sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico que es **>a**, tal como entre alrededor de un 0,3 % en peso y alrededor de un 30 % en peso, o entre alrededor de un 0,5 % en peso y alrededor de un 25 % en peso, o entre alrededor de un 1 % en peso y alrededor de un 20 % en peso, etc.

Cuando la sal de amina terciaria del ácido alcanforsulfónico está presente en una cantidad menor que alrededor de un 0,1 % en peso en la disolución de tratamiento de la parte posterior, no se observa ningún aumento en el flujo de agua. El rendimiento de una membrana tratada en la parte posterior con una disolución de tratamiento de la parte posterior que contiene menos de un 0,1 % en peso de sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico fue casi el mismo que el tratamiento de la parte posterior con agua desionizada. Cuando la sal de amina terciaria del ácido alcanforsulfónico está presente en una cantidad mayor que alrededor de un 33% en peso en la disolución de tratamiento de la parte posterior, no se observa ninguna mejora adicional en el flujo de agua, en comparación con la sal de amina terciaria del ácido alcanforsulfónico presente en una cantidad de alrededor de un 33 % en peso. La mayor concentración de sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico no provoca ningún problema (p. ej., no tiene ningún efecto negativo en el rechazo de la lama), pero no produce ningún beneficio adicional sobre el logrado usando aproximadamente un 33 % en peso de sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico en la disolución de tratamiento de la parte posterior.

La disolución de tratamiento de la parte posterior puede ser acuosa. La disolución de tratamiento de la parte posterior puede incluir un disolvente miscible con agua. Por ejemplo, la disolución de tratamiento de respaldo puede incluir un alcohol C₁-C₄, una cetona C₁-C₄, un glicol, un polialquilenglicol o un mono o di-alquíler de etilenglicol o cualquier combinación de estos. Los ejemplos de disolventes miscibles en agua incluyen metanol, etanol, propanol, isopropanol, terc-butanol, acetona, dimetilcetona, metiletilcetona, monoacetato de etilenglicol, etilenglicol, propilenglicol, hexilenglicol y un polietilenglicol de peso molecular de aproximadamente 400 o menos, y sus mezclas. La disolución de la parte posterior puede contener agua y un disolvente miscible en agua. Cuando está presente, el disolvente miscible en agua puede estar presente en una cantidad que no interfiera con la solubilidad de la sal de amina terciaria del ácido alcanforsulfónico. En algunos casos, el disolvente miscible en agua puede estar presente en una cantidad de entre alrededor de un 0,01 % en peso y alrededor de un 50 % en peso en función del peso de la disolución de

tratamiento de la parte posterior.

La disolución de tratamiento de la parte posterior puede incluir un tensioactivo o un disolvente aprótico polar, o una combinación de los mismos. La cantidad de tensioactivo o disolvente aprótico polar en la disolución de tratamiento de la parte posterior puede ser de entre alrededor de un 0,001 % en peso y alrededor de un 10 % en peso en función del peso de la disolución de tratamiento de la parte posterior. Los disolventes apróticos polares ejemplares incluyen dimetilformamida, dimetilacetamida, tetrahidrofurano, sulfóxido de dimetilo, 1,3-dimetil-2-imidazolidinona, éter dietílico, N-metil-2-pirrolidona, diclorometano, acetato de etilo, acetato de isopropilo, acetona, metiletilcetona, metilisobutilcetona, acetonitrilo y cualquier combinación de estos.

Si está presente, el tensioactivo se puede seleccionar de entre tensioactivos no iónicos, catiónicos, aniónicos y zwitteriónicos (de ión híbrido). Los tensioactivos ejemplares incluyen lauril sulfato de sodio (SLS), sulfatos de éter de alquilo, sulfatos de alquilo, sulfonatos de olefina, carboxilatos de éter de alquilo, sulfosuccinatos, sulfonatos aromáticos, etoxilatos de octilfenol, nonilfenoles etoxilados, poli(óxido de etileno) alquilo, copolímeros de poli(óxido de etileno) y poli(óxido de propileno) (comercialmente llamados poloxámeros o poloxaminas), poliglucósidos de alquilo, por ejemplo, glucósido de octilo o maltosido de decilo, alcoholes grasos, por ejemplo, alcohol cetílico o alcohol oleílico, MEA de cocamida, DEA de cocamida, cloruro de alquil hidroxietildimetilamonio, bromuro o cloruro de cetiltrimetilamonio, bromuro o cloruro de hexadeciltrimetilamonio y betaínas de alquilo. Entre estos se prefieren SLS, etoxilatos de octilfenol y nonilfenoles etoxilados. En algunas realizaciones, la cantidad de tensioactivo en la disolución de tratamiento de la parte posterior puede ser de entre alrededor de un 0,005 % en peso y alrededor de un 5 % en peso, o de entre alrededor de un 0,01 % en peso y alrededor de un 1 % en peso en función del peso de la disolución de tratamiento de la parte posterior.

La disolución de tratamiento de la parte posterior puede tener un pH mayor que 5, o mayor que 6, o mayor que 7, o mayor que 8 o mayor que 9. La disolución de tratamiento de la parte posterior puede tener un pH de entre alrededor de 5 y alrededor de 10. Se prefiere un pH de entre alrededor de 6 y alrededor de 10.

La disolución de tratamiento de la parte posterior se puede aplicar a la parte posterior de la membrana de TFC a cualquier temperatura. Por lo general, la temperatura de la disolución de tratamiento de la parte posterior es inferior a 90 °C, o inferior a 80 °C, o inferior a 70 °C, o inferior a 60 °C, o inferior a 50 °C cuando se aplica a la parte posterior de la membrana de TFC. En algunas realizaciones, la temperatura de la disolución de tratamiento de la parte posterior cuando se aplica es la temperatura ambiente. Por ejemplo, la temperatura de la disolución de tratamiento de la parte posterior puede ser de entre alrededor de 10 °C y alrededor de 40 °C en el momento de la aplicación.

La disolución de tratamiento de la parte posterior se puede aplicar a la parte posterior de la membrana de TFC a cualquier presión. En algunos casos, la disolución de tratamiento de la parte posterior se aplica a presión ambiental, tal como entre alrededor de 0,98 atmósferas (atm) y alrededor de 1 atm, o entre alrededor de 101,32 kPa y alrededor de 101,325 kPa, o entre alrededor de 0,099 MPa (14,4 psi) y alrededor de 0,101 MPa (14,7 psi). La disolución de tratamiento de la parte posterior se puede aplicar a la parte posterior de la membrana de TFC a una presión elevada. La presión de aplicación puede ser, p. ej., de entre alrededor de 0,103 MPa (15 psi) y alrededor de 0,517 MPa (75 psi).

La disolución de tratamiento de la parte posterior se puede aplicar a la parte posterior **150** de la membrana de TFC utilizando cualquier técnica conocida, tal como inmersión, recubrimiento, pulverización o cualquier combinación de estos. Se ilustra una técnica ejemplar en la figura 2, que muestra una técnica de charco. En dichos procedimientos, una membrana de TFC **215** en el rodillo de desenrollado **210** se dirige a la zona de tratamiento de la parte posterior **240**, donde una perla o charco de la disolución de tratamiento de la parte posterior **230** se mantiene entre un rodillo de la parte posterior **235** y la parte posterior **B** de la membrana de TFC **215** usando gravedad y desbordamiento ligero en los bordes de la red de la membrana de TFC **215**. La disolución de tratamiento de la parte posterior se alimenta al centro del charco usando la alimentación de disolución de tratamiento de la parte posterior **220** a una velocidad suficiente como para mantener un charco de disolución de tratamiento de la parte posterior **230**. La velocidad de aplicación puede ajustarse hacia arriba o hacia abajo en función de la velocidad de la línea (la velocidad a la que la membrana de TFC se mueve a través del sistema). La disolución de tratamiento de la parte posterior aplicada se extiende entre el rodillo de la parte posterior **235** y la parte posterior **B** de la membrana de TFC **215** para formar un charco de disolución de tratamiento de la parte posterior **230**. Se aplica un recubrimiento de la disolución de tratamiento de la parte posterior a la membrana para formar una membrana tratada que sale de la zona de tratamiento de la parte posterior **240**. La membrana tratada se puede secar y almacenar para su uso adicional, tal como para incorporarse en un módulo.

El procedimiento se puede integrar fácilmente en un procedimiento que incluye la aplicación de un recubrimiento a la parte frontal **110** de la membrana de TFC. Aún con referencia a la figura 2, la membrana tratada también se puede dirigir desde la zona de tratamiento de la parte posterior **240** a una zona de recubrimiento de la parte frontal **270** donde se puede aplicar un recubrimiento de la parte frontal. El recubrimiento frontal se aplica a la membrana de TFC en la parte frontal **F** de la membrana de TFC **215**. La parte frontal de la membrana se expondrá a la disolución de alimentación en uso. La aplicación del recubrimiento frontal se puede lograr utilizando cualquier técnica conveniente, tal como inmersión, recubrimiento, pulverización o cualquier combinación de estas. En la figura 2, el recubrimiento

frontal se muestra aplicado usando una técnica de recubrimiento de charco. Como se muestra en la figura 2, la membrana de TFC tratada por la parte posterior entra en la zona de recubrimiento de la parte frontal **270** donde se mantiene una perla o charco de la disolución de recubrimiento de la parte frontal **260** entre un rodillo de la parte frontal **265** y la parte frontal **F** de la membrana de TFC **215** usando la gravedad y desbordamiento ligero en los bordes de la red de membrana de TFC **215**. La disolución de recubrimiento frontal **260** se alimenta al centro del charco usando la alimentación de disolución de recubrimiento frontal **250** a una velocidad suficiente como para mantener un charco de disolución de recubrimiento frontal **260**. La tasa de aplicación se puede ajustar hacia arriba o hacia abajo en función de la velocidad de la línea (la velocidad a la que la membrana de TFC se mueve a través del sistema) para lograr el recubrimiento deseado. La disolución de recubrimiento frontal aplicada **260** se extiende entre el rodillo frontal **265** y la parte frontal **F** de la membrana de TFC **215** para formar una membrana recubierta que sale de la zona de recubrimiento frontal **270**.

La membrana recubierta se dirige a una zona de secado **280** para secar la membrana de TFC tratada y recubierta. El secado se puede lograr utilizando cualquier técnica, tal como mediante el uso de secadores de aire forzado, secadores de aire forzado calentado, secadores IR, secadores UV o cualquier combinación de estos. La temperatura y la velocidad de la red a través del secador o secadores se pueden ajustar de modo que la temperatura de una superficie de la red alcance una temperatura suficiente como para evaporar al menos una porción de los disolventes de la disolución de tratamiento de la parte posterior y la disolución de recubrimiento. La temperatura y velocidad de la red a través del secador o secadores pueden ajustarse de modo que la temperatura de la red o al menos una superficie de esta alcance una temperatura de al menos 75 °C, opcionalmente al menos 80 °C, u opcionalmente al menos 85 °C, u opcionalmente al menos 90 °C, o al menos 95 °C. Cuando el disolvente de la disolución de recubrimiento se evapora o se seca, se queda una fina capa de polímero o película en la parte frontal de la membrana de TFC. La membrana seca se recoge con el rodillo de absorción **290**.

Tal como se analizó anteriormente, la disolución de recubrimiento frontal puede contener cualquiera de los polímeros conocidos y utilizados en la materia como recubrimiento de acabado o recubrimiento protector. Los ejemplos de dichos polímeros incluyen alcohol polivinílico, polivinilpirrolidona, polietileno, polipropileno, polietersulfona, fluoruro de polivinilideno, politetrafluoroetileno, tereftalato de polietileno, tereftalato de politrimetileno, tereftalato de polibutileno, poliestireno, poliacrilonitrilo, metacrilato de polimetilo, polialcoholes de acetato de polivinilo, óxidos de polialquileño, poliiminas, ácidos poliacrílicos, poliaminas, poliuretanos, poliureas y derivados de estos y copolímeros de estos. Un recubrimiento de ejemplo contiene un 2 % en peso de alcohol polivinílico.

La disolución de recubrimiento incluye un disolvente para disolver al menos parcialmente el polímero. El disolvente se puede seleccionar para disolver completamente el polímero. Los ejemplos de disolventes incluyen agua, un alcohol C₁-C₄, una cetona C₁-C₄, un glicol, un polialquilenglicol o un mono o di-alquiléter de etilenglicol o cualquier combinación de estos. Por ejemplo, el disolvente puede incluir agua, metanol, etanol, propanol, isopropanol, terc-butanol, acetona, dimetilcetona, metiletilcetona, monoacetato de etilenglicol, etilenglicol, propilenglicol, hexilenglicol o un polietilenglicol de peso molecular aproximadamente 400 o menos, o una combinación de estos.

La disolución de recubrimiento por lo general está bastante diluida con respecto al polímero, pero por lo general contiene al menos un 0,1 % en peso de polímero, o al menos un 0,5 % en peso de polímero. La disolución de recubrimiento puede contener polímero en una cantidad de entre alrededor de un 0,1 % en peso y alrededor de un 10 % en peso de polímero, o de entre alrededor de un 0,25 % en peso y alrededor de un 5 % en peso de polímero, o de entre alrededor de un 0,1 % en peso y alrededor de un 5 % en peso de polímero, o de entre alrededor de un 0,5 % en peso y alrededor de un 2,5 % en peso de polímero.

La disolución de recubrimiento puede incluir un humectante. Los ejemplos de humectantes que se pueden incluir en la disolución de recubrimiento incluyen glicerol, poliglicerol, polietilenglicol, un alquilenglicol tal como propilenglicol y butilenglicol, un alcohol de azúcar tal como sorbitol o xilitol y cualquier combinación de estos. Cuando está presente, la cantidad de humectante en la disolución de recubrimiento puede ser al menos 0,1 % en peso, o al menos 0,5 % en peso, o al menos 1 % en peso, o al menos 5 % en peso, o al menos 10 % en peso. La cantidad de humectante en la disolución de recubrimiento puede ser de entre alrededor de un 0,1 % en peso y alrededor de un 40 % en peso, o de entre alrededor de un 0,5 % en peso y alrededor de un 25 % en peso. Un recubrimiento de ejemplo contiene un 2 % en peso de alcohol polivinílico y un 2 % en peso de glicerol.

Después de la aplicación de la disolución de recubrimiento a la membrana de TFC y la evaporación del disolvente, se deja un recubrimiento de película de polímero en la membrana. El recubrimiento de película de polímero seco tiene normalmente menos de aproximadamente 30 micras de espesor, y puede tener menos de aproximadamente 5 micras de espesor. El recubrimiento de película de polímero seco puede tener menos de 1 micra de espesor, o menos de 500 nm de espesor, o en el intervalo de entre alrededor de 50 y alrededor de 500 nm.

La disolución de tratamiento de la parte posterior también se puede aplicar a la parte posterior **150** de la membrana de TFC usando una técnica de inmersión, p. ej., como se ilustra en la figura 3. En dichos procedimientos de recubrimiento, una membrana de TFC **315** en el rodillo de desenrollado **310** se transporta sobre el rodillo **340** dentro y a través del tanque de recubrimiento por inmersión **325** que contiene la disolución de tratamiento de la parte posterior **330**, que trata la parte posterior **B** de la membrana de TFC móvil **315** con la disolución de tratamiento de la parte posterior **330**, que da como resultado una membrana tratada. Cualquier exceso de disolución de tratamiento de la

parte posterior **330** se puede retirar en la estación de extracción de exceso **345**, que puede incluir cualquier aparato o técnica para eliminar el exceso de disolución de tratamiento de la parte posterior, tal como una cuchilla de aire, una cuchilla de limpiaparabrisas de goma, un rodillo de presión, una esponja o cualquier combinación de estos, u otro dispositivo o procedimiento. La membrana tratada sale de la zona de recubrimiento posterior **340**. La membrana tratada se puede secar y almacenar para su uso adicional, tal como para incorporarse en un módulo.

El procedimiento se puede integrar fácilmente en un procedimiento que incluya la aplicación de un recubrimiento a la parte frontal de la membrana de TFC. Aún con referencia a la figura 3, la membrana tratada también se puede dirigir desde la zona de recubrimiento de la parte posterior **340** a una zona de recubrimiento de la parte frontal **370** donde se aplica un recubrimiento de la parte frontal. El recubrimiento frontal se aplica a la membrana de TFC en la parte frontal **F** de la membrana de TFC **315**. La parte frontal **F** de la membrana se expone a la disolución de alimentación en uso. La aplicación del recubrimiento frontal se puede lograr utilizando cualquier técnica conveniente, tal como inmersión, recubrimiento, pulverización o cualquier combinación de estas. En la figura 3, el recubrimiento frontal se muestra aplicado usando una técnica de recubrimiento de charco. La membrana de TFC tratada por la parte posterior entra en la zona de recubrimiento de la parte frontal **370** donde se mantiene una perla o charco de la disolución de recubrimiento de la parte frontal **360** entre un rodillo de la parte frontal **365** y la parte frontal **F** de la membrana de TFC **315** usando la gravedad y desbordamiento ligero en los bordes de la red de la membrana de TFC **315**. La disolución de recubrimiento frontal **360** se alimenta al centro del charco usando la alimentación de disolución de recubrimiento frontal **350** a una velocidad suficiente como para mantener un charco de disolución de recubrimiento frontal **360**. La velocidad de aplicación puede ajustarse hacia arriba o hacia abajo en función de la velocidad de la línea para lograr el recubrimiento deseado. La disolución de recubrimiento frontal aplicada **360** se extiende entre el rodillo frontal **365** y la parte frontal **F** de la membrana de TFC **315** para formar una membrana recubierta que sale de la zona de recubrimiento frontal **370** y se dirige a una zona de secado **380** para secar la membrana de TFC tratada y recubierta. La membrana seca se recoge con el rodillo de absorción **390**.

E. Módulos

Para su uso, las membranas se pueden alojar en módulos de membrana. Se prefieren los módulos enrollados en espiral, el estándar para la industria. Las membranas de TFC producidas usando los procedimientos descritos en esta invención se pueden enrollar en espiral alrededor de un tubo de recogida de permeado poroso central para producir un módulo de membrana semipermeable para su uso en un recipiente a presión. Ejemplos representativos de módulos de filtración enrollados en espiral, las técnicas de fabricación correspondientes y los modos de funcionamiento se describen en las patentes de EE. UU. n.º 4.842.736; 5.096.584; 5.114.582; 5.147.541; 5.538.642; 5.681.467; 6.277.282; y 6.881.336; y la publicación de patente de EE.UU. n.º US 2007/0272628 y US 2008/0295951. El módulo incluye al menos una envoltura de membrana enrollada concéntricamente alrededor de un tubo de recogida de permeado. La envoltura de la membrana se forma preferentemente a partir de una o más láminas de membrana que están selladas alrededor de una parte de su periferia. Un borde de la envoltura de la membrana está alineado axialmente a lo largo de un tubo de recogida de permeado de manera que la envoltura de la membrana esté en comunicación fluida con el tubo de recogida de permeado pero, por lo demás, está sellada contra el fluido de alimentación que atraviesa la superficie exterior de la envoltura de la membrana.

Un módulo de membrana semipermeable enrollado en espiral normal incluye una pluralidad de hojas que son envolturas individuales de material de membrana semipermeable en forma de hoja que intercalan entre ellas una capa de material portador de permeado poroso, tal como material de hoja fibrosa de poliéster. El material de la membrana semipermeable incluye las membranas producidas usando los procedimientos descritos en esta invención.

Entre las hojas adyacentes por lo general hay trozos de material espaciador, que pueden ser tejidos o no tejidos u otra malla abierta, diseños transversales en forma de pantalla de filamentos sintéticos, por ejemplo, filamentos de polipropileno extruidos en cruz, que proporcionan conductos de flujo para el agua de alimentación que se bombea desde de un extremo a otro a través del recipiente a presión. A continuación, se enrolla en espiral una disposición apropiada de dichas hojas alternas y hojas espaciadoras alrededor de un tubo hueco que tiene una pared lateral porosa para crear un módulo cilíndrico circular recto.

Los módulos que contienen membranas producidas usando los procedimientos descritos en esta invención se pueden utilizar para producir una corriente de agua potable a partir de agua de mar a una presión de aproximadamente 5,51 MPa (800 psi) o menos. Los módulos que contienen membranas producidas usando los procedimientos descritos en esta invención pueden usarse para producir una corriente de agua potable a partir de agua salobre en condiciones de presión relativamente baja, es decir, no mayor de aproximadamente 1,55 MPa (225 psi), y en algunas realizaciones a presiones de aproximadamente 1,03 MPa (150 psi) o menos. Estas condiciones de baja presión pueden permitir el uso de recipientes a presión, bombas, válvulas y tuberías que tengan una clasificación de presión más moderada que la requerida normalmente para los sistemas de ósmosis inversa y evitar así el coste de los costosos sistemas de OI de alta presión. Esto reduce sustancialmente no solo los costes de capital iniciales, sino también los costes operativos, en comparación con los sistemas estándar de desalinización de agua de mar de alta presión. Los costes de capital se pueden reducir significativamente porque las presiones de operación son de aproximadamente la mitad a aproximadamente dos tercios de las que se usan en los sistemas convencionales de desalinización de agua de mar y se pueden usar recipientes a presión clasificados para una presión de aproximadamente 1,55 MPa (225 psi) o menos,

evitando los costes asociados con el diseño y fabricación de recipientes de alta presión. Además, debido a que la presión de operación es menor que la requerida para las instalaciones convencionales de desalinización por OI de agua de mar, los costes de energía son menores.

- 5 Como alternativa a la preparación de las membranas en forma de hoja plana, las membranas se pueden formar como fibras huecas, como se conoce en la técnica. Las membranas de fibra hueca se pueden encapsular en módulos de fibra hueca (por ejemplo, ver la patente de EE. UU. n.º 5.032.268; 5.160.673, 5.183.566; 5.484.528; y 8.551.388 y la publicación de solicitud de patente estadounidense n.º 2011/0031180 y 2015/0107455).

10 F. CARACTERÍSTICAS DE LA MEMBRANA

El flujo de agua se puede determinar midiendo el flujo de permeado usando la Ecuación 1:

$$\text{Flujo (gfd)} = \frac{\text{permeable (galones)}}{\text{area de la membrana (ft}^2\text{)} \cdot \text{tiempo (día)}}$$

- 15 El rechazo de sal (R, en %) se puede calcular usando la Ecuación 2:

$$R (\%) = \left(1 - \frac{C_p}{C_f} \right) \times 100$$

- 20 donde C_i son las concentraciones de sal en el agua de alimentación y (C_p son las concentraciones de sal en el permeado, las cuales pueden medirse usando un conductímetro calibrado.

G. EJEMPLOS

- 25 Los siguientes ejemplos se incluyen solamente con fines ilustrativos y no pretenden limitar el alcance de las realizaciones proporcionadas en esta invención.

Ejemplo 1

30 Preparación de la membrana con agua de mar

- Se preparó una fase acuosa. La fase acuosa contenía un 4,5 % en peso de alcanforsulfonato de trietilamonio (TEACSA, Sunland Chemicals, Los Ángeles, CA) y un 4 % en peso de m-fenilendiamina (MPD, Dupont, Wilmington, DE). La fase acuosa se preparó agregando primero el agua DI a un recipiente de mezcla, seguido de la adición de TEACSA y MPD, aunque se puede usar cualquier orden de adición.

- Se preparó una fase orgánica. La disolución de fase orgánica contenía un 0,2 % en peso de TMC (Sigma Aldrich, St. Louis, MO) en un disolvente isoparafínico, Isopar™ G solvent (un disolvente bajo en hidrocarburo aromático y bajo en olor de ExxonMobile Chemical Company, Houston, TX). La fase orgánica se preparó colocando el Isopar G en un recipiente y mezclando en el TMC.

Formación de membrana

- Se utilizó un soporte de polisulfona reforzado no tejido de poliéster. La fase acuosa se aplicó al soporte de polisulfona a temperatura (25 °C) y presión (1 atm) ambiente. Después de 10 segundos, cualquier exceso de disolución acuosa que quedaba en la superficie de la capa de soporte se absorbió o se empujó con un rodillo para eliminar las gotitas. Después de eliminar las gotitas de la superficie, se aplicó la fase orgánica. Después de 10 segundos, se cambió la orientación de la membrana para permitir que se escurriera cualquier exceso de fase orgánica, y se dejó escurrir la membrana durante 10 segundos. A continuación, la membrana se secó en un horno con la red alcanzando una temperatura de 95 °C. La membrana permaneció en el horno durante 6 minutos.

Ejemplo 2

Preparación de la membrana con agua salobre

- 55 Se preparó una fase acuosa. La fase acuosa contenía un 6,75 % en peso de alcanforsulfonato de trietilamonio (TEACSA, Sunland Chemicals, Los Ángeles, CA) y un 3,5 % en peso de m-fenilendiamina (MPD, Dupont, Wilmington, DE). La fase acuosa se preparó agregando primero el agua DI a un recipiente de mezcla, seguido de la adición de

TEACSA y MPD, aunque se puede usar cualquier orden de adición.

Se preparó una fase orgánica. La solución de fase orgánica contenía un 0,25 % en peso de TMC (Sigma Aldrich, St. Louis, MO) en un disolvente isoparafínico, Isopar™ G solvent (un disolvente bajo en hidrocarburo aromático y bajo en olor de ExxonMobile Chemical Company, Houston, TX). La fase orgánica se preparó colocando el Isopar G en un recipiente y mezclando en el TMC.

Formación de membrana

Se utilizó un soporte de polisulfona reforzado no tejido de poliéster. La fase acuosa se aplicó al soporte de polisulfona a temperatura (25 °C) y presión (1 atm) ambiente. Después de 10 segundos, cualquier exceso de disolución acuosa que quedaba en la superficie de la capa de soporte se absorbió o se empujó con un rodillo para eliminar las gotitas. Después de eliminar las gotitas de la superficie, se aplicó la fase orgánica. Después de 10 segundos, se cambió la orientación de la membrana para permitir que se escurriera cualquier exceso de fase orgánica, y se dejó escurrir la membrana durante 10 segundos. A continuación, la membrana se secó en un horno con la membrana alcanzando una temperatura de 95 °C. La membrana permaneció en el horno durante 6 minutos.

Ejemplos Comparativos 3 y 4

Secado sin tratamiento de la parte posterior

Después de la formación de cada una de las membranas descritas en los Ejemplos 1 y 2, cada membrana se enjuagó con agua a 60 °C varias veces para eliminar cualquier exceso de compuestos residuales en la membrana. Después de enjuagar, cada membrana se secó en un horno alcanzando la membrana una temperatura de 95 °C. Cada membrana permaneció en el horno durante 6 minutos.

El rendimiento de la membrana se midió en un aparato de prueba de celda de hoja plana. La prueba se llevó a cabo en un número de Reynolds de 2500, de modo que la acumulación de solutos rechazados en la superficie de la membrana conduce a una concentración de no más de un 10 % más alta que la de la masa. Las pruebas para el Ejemplo comparativo 3 se realizaron en agua de mar (AM, 32.000 ppm de NaCl en agua desionizada o de Ol) a 5,51 MPa (800 psi), a 25 °C. Las pruebas para el Ejemplo comparativo 4 se realizaron en agua salobre (AS, 2.000 ppm de NaCl en agua desionizada o de Ol) a 1,55 MPa (225 psi), a 25 °C. Las membranas se ejecutaron durante 1 hora antes de medir las características de rendimiento (p. ej., flujo de agua y rechazo de sal). Se evaluaron dos membranas de cada condición, con 3 cupones en una membrana, de modo que se probaron un total de 6 réplicas de cupones para llegar a un valor promedio y la desviación estándar establecida.

El flujo de agua se determinó midiendo el flujo de permeado como se describió anteriormente, usando la Ecuación 1. Las concentraciones de sal en el agua de alimentación (C_i) y el permeado (C_p) se midieron usando un conductímetro calibrado, y el rechazo de sal R (en %) se calculó usando la Ecuación 2. Los resultados para cada ejemplo comparativo se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.

	Flujo (l/m ² /h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ej. comparativo 3 (Membrana del Ejemplo 1) Secado sin tratamiento de la parte posterior (AM, 5,51 MPa (800 psi), 32000 ppm de NaCl)	17,35 (10,2 gfd)	0,5	99,77	0,04
Ej. comparativo 4 (Membrana del Ejemplo 2) Secado sin tratamiento de la parte posterior AS, (1,55 MPa (225 psi), 2000 ppm de NaCl)	20,92 (12,3 gfd)	0,8	99,65	0,05

Ejemplos comparativos 5 y 6 y Ejemplos 7 y 8

Secado con tratamiento de la parte posterior

Después de la formación de cada una de las membranas descritas en los Ejemplos 1 y 2, cada membrana se enjuagó con agua a 60 °C varias veces para eliminar cualquier exceso de compuestos residuales en la membrana. Las membranas separadas del Ejemplo 1 y el Ejemplo 2 se trataron a continuación en la parte posterior con una disolución

al 10 % en peso de citrato de sodio (Ejemplos comparativos 5 y 6) o con una disolución al 10 % en peso de TEACSA (Ejemplos 7 y 8). La disolución que contenía el citrato de sodio o el TEACSA se aplicó a la parte posterior de la membrana de TFC a temperatura (25 °C) y presión (1 atm) ambiente y después de 10 segundos, la orientación de la membrana se cambió para permitir que cualquier exceso de disolución se drenara y la membrana se dejó drenar durante 10 segundos. A continuación, cada una de las membranas tratadas se secó en un horno alcanzando la membrana una temperatura de 95 °C. Cada membrana permaneció en el horno durante 6 minutos.

El rendimiento de la membrana se midió en un aparato de prueba de celda de hoja plana. La prueba se llevó a cabo en un número de Reynolds de 2500, de modo que la acumulación de solutos rechazados en la superficie de la membrana conduce a una concentración de no más de un 10 % más alta que la de la masa. Las pruebas para el Ejemplo comparativo 5 y el Ejemplo 7 se realizaron en agua de mar (AM, 32.000 ppm de NaCl en agua desionizada o de OI) a 5,51 MPa (800 psi), a 25 °C. Las pruebas para el Ejemplo comparativo 6 y el Ejemplo 8 se realizaron en agua salobre (AS, 2.000 ppm de NaCl en agua desionizada o de OI) a 1,55 (225 psi), a 25 °C. Las membranas se ejecutaron durante 1 hora antes de medir las características de rendimiento (p. ej., flujo de agua y rechazo de sal). Se evaluaron dos membranas de cada condición, con 3 cupones en una membrana, de modo que se probaron un total de 6 réplicas de cupones para llegar a un valor promedio y la desviación estándar establecida.

El flujo de agua y el rechazo se determinaron como se describió anteriormente. Los resultados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Rendimiento de la membrana con tratamiento de la parte posterior

Membranas con agua de mar				
Prueba con agua de mar, 5,51 MPa (800 psi), 32000 ppm de NaCl	Flujo (l/m ² /h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ej. comp. 3 - Control	17,35 (10,2 gfd)	0,5	99,77	0,04
Ej. comp. 5 - Secado con citrato de Na al 10 %	23,98 (14,1 gfd)	0,6	99,78	0,05
Cambio desde el control (%)	38,24	--	0,01	--
Ejemplo 7 - Secado con TEACSA al 10 %	24,83 (14,6 gfd)	0,6	99,82	0,01
Cambio desde el control (%)	43,14	--	0,05	--
Membranas con agua salobre				
Prueba con agua salobre, 1,55 MPa (225 psi), 2000 ppm de NaCl	Flujo (l/m ² /h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ej. comp. 4 - Control	20,92 (12,3 gfd)	0,8	99,65	0,05
Ej. comp. 6 - Secado con citrato de Na al 10 %	25,00 (14,7 gfd)	0,6	99,64	0,07
Cambio desde el control (%)	19,51	--	-0,01	--
Ejemplo 8 - Secado con TEACSA al 10 %	31,97 (18,8 gfd)	0,2	99,68	0,04
Cambio desde el control (%)	52,85	--	0,03	--

Como se puede observar a partir de los datos, el tratamiento posterior de la membrana de TFC con una disolución acuosa que contiene 10 % en peso de TEACSA después del enjuague después de la formación de la capa de discriminación y antes del secado mejoró considerablemente el flujo de agua de la membrana mientras se mantiene el rechazo de sal en comparación con las membranas de control preparadas sin la aplicación de un agente de protección de la estructura de los poros a la parte posterior de la membrana.

Con las membranas de TFC con agua de mar, la mejora del flujo de agua fue mejor que la lograda mediante la

aplicación de una disolución al 10 % en peso de citrato de sodio en la parte posterior de la membrana antes de secar la membrana. Con las membranas de TFC con agua salobre se realizaron mejoras de flujo de membrana grande utilizando TEACSA al 10 % en peso como un agente de protección de la estructura de los poros en una disolución de tratamiento de la parte posterior. En comparación con un control sin tratar, se logró una mejora de más del 50 % en el flujo de agua a través de la membrana en la membrana tratada en la parte posterior con TEACSA al 10 % en peso. La mejora en el flujo de agua fue casi tres veces mayor que la observada en una membrana tratada en la parte posterior con citrato de sodio al 10 % en peso. Sin limitarse a ninguna teoría en particular, se cree que las presiones más bajas que impulsan la permeación en condiciones salobres están relacionadas con la mejora considerable del flujo para la membrana salobre en comparación con las membranas de agua de mar porque, en condiciones salobres, las restricciones al flujo provocadas por el colapso de los poros podrían tener un efecto más importante porque hay menos fuerza impulsora para superar las restricciones provocadas por los poros colapsados.

Ejemplos 9 al 18

Cantidades variables de TEACSA en el tratamiento de la parte posterior

Se midió el efecto de la concentración de la sal de amina terciaria en el tratamiento de la parte posterior antes del secado sobre el rendimiento de la membrana. Después de la formación de cada una de las membranas descritas en los Ejemplos 1 y 2, cada membrana se enjuagó con agua a 60 °C varias veces para eliminar cualquier exceso de compuestos residuales en la membrana. Las membranas

Separadas del Ejemplo 1 y el Ejemplo 2 se trataron a continuación en la parte posterior con disoluciones de TEACSA de concentraciones variables. Para las membranas con agua de mar del Ejemplo 1, el Ejemplo 9 se trató con TEACSA al 5 % en peso, el Ejemplo 10 se trató con TEACSA al 10 % en peso, el Ejemplo 11 se trató con TEACSA al 20 % en peso, el Ejemplo 12 se trató con TEACSA al 30 % en peso y el Ejemplo 13 se trató con TEACSA al 40 % en peso. Para las membranas con agua salobre del Ejemplo 2, el Ejemplo 14 se trató con TEACSA al 5 % en peso, el Ejemplo 15 se trató con TEACSA al 10 % en peso, el Ejemplo 16 se trató con TEACSA al 20 % en peso, el Ejemplo 17 se trató con TEACSA al 30 % en peso y el Ejemplo 18 se trató con TEACSA al 40 % en peso.

La solución que contenía TEACSA se aplicó a la parte posterior de la membrana de TFC a temperatura (25 °C) y presión (1 atm) ambiente y después de 10 segundos, la orientación de la membrana se cambió para permitir que cualquier exceso de disolución se drenara y la membrana se dejó drenar durante 10 segundos. A continuación, cada una de las membranas tratadas se secó en un horno alcanzando la membrana una temperatura de 95 °C. Cada membrana permaneció en el horno durante 6 minutos.

El rendimiento de la membrana se midió en un aparato de prueba de celda de hoja plana como se describe más adelante. La prueba se llevó a cabo en un número de Reynolds de 2500, de modo que la acumulación de solutos rechazados en la superficie de la membrana conduce a una concentración de no más de un 10 % más alta que la de la masa. Las pruebas para los Ejemplos 9-12 se realizaron en agua de mar (AM, 32.000 ppm de NaCl en agua desionizada o de OI) a 5,51 MPa (800 psi), a 25 °C. Las pruebas para los Ejemplos 13-16 se realizaron en agua salobre (AS, 2.000 ppm de NaCl en agua desionizada o de OI) a 1,552 MPa (225 psi), a 25 °C. Las membranas se ejecutaron durante 1 hora antes de medir las características de rendimiento (p. ej., flujo de agua y rechazo de sal). Se evaluaron dos membranas de cada condición, con 3 cupones en una membrana, de modo que se probaron un total de 6 réplicas de cupones para llegar a un valor promedio y la desviación estándar establecida. El flujo de agua y el rechazo se determinaron como se describió anteriormente. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Rendimiento de la membrana

Membranas con agua de mar				
Prueba con agua de mar, 5,51 MPa (800 psi), 32000 ppm de NaCl	Flujo (l/m ² /h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ej. comp. 3 - Control	17,35 (10,2 gfd)	0,5	99,77	0,04
Ejemplo 9 Secado con TEACSA al 5 %	24,32 (14,3 gfd)	0,6	99,79	0,05
Cambio desde el control (%)	40,20	--	0,02	--
Ejemplo 10 - Secado con TEACSA al 10 %	24,83 (14,6 gfd)	0,6	99,82	0,01
Cambio desde el control (%)	43,14	--	0,05	--

Membranas con agua de mar				
Prueba con agua de mar, 5,51 MPa (800 psi), 32000 ppm de NaCl	Flujo (l/m ² /h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ejemplo 11 Secado con TEACSA al 20 %	24,66 (14,5 gfd)	0,4	99,81	0,02
Cambio desde el control (%)	42,16	--	0,04	--
Ejemplo 12 - Secado con TEACSA al 30 %	24,66 (14,5 gfd)	0,4	99,77	0,03
Cambio desde el control (%)	42,16	--	0	--
Ejemplo 13 - Secado con TEACSA al 40 %	24,15 (14,2 gfd)	0,3	99,76	0,02
Cambio desde el control (%)	39,22	--	-0,01	--
Membranas con agua salobre				
Prueba con agua salobre, 1,55 MPa (225 psi), 2000 ppm de NaCl	Flujo (l/m ² /h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ej. comp. 4 - Control	20,92 (12,3 gfd)	0,8	99,65	0,05
Membranas con agua salobre				
Prueba con agua salobre, 1,55 MPa (225 psi), 2000 ppm de NaCl	Flujo (l/m ² /h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ejemplo 14 Secado con TEACSA al 5 %	30,44 (17,9 gfd)	0,4	99,69	0,03
Cambio desde el control (%)	45,53	--	0,04	--
Ejemplo 15 - Secado con TEACSA al 10 %	31,97 (18,8 gfd)	0,2	99,68	0,04
Cambio desde el control (%)	52,85	--	0,03	--
Ejemplo 16 Secado con TEACSA al 20 %	31,80 (18,7 gfd)	0,5	99,67	0,06
Cambio desde el control (%)	52,03	--	0,02	--
Ejemplo 17 - Secado con TEACSA al 30 %	31,29 (18,4 gfd)	0,5	99,68	0,02
Cambio desde el control (%)	49,59	--	0,03	--
Ejemplo 18 - Secado con TEACSA al 40 %	30,27 (17,8 gfd)	0,7	99,66	0,04
Cambio desde el control (%)	44,71	--	0,01	--

Para las membranas con agua de mar, se observó un mejor rendimiento del flujo de agua de las membranas para cada concentración analizada de TEACSA. A medida que la concentración de TEACSA aumentó del 5 % en peso al 10 % en peso, el flujo de agua mostró un aumento asociado. El cambio en el flujo de agua del 20 % en peso de TEACSA al 30 % en peso de TEACSA fue aproximadamente equivalente. La aplicación a la parte posterior de la membrana de cantidades de un 40 % en peso de TEACSA no tuvo ningún efecto positivo adicional en el flujo de agua, ni tuvo ningún efecto negativo sustancial en el rechazo de sal para las membranas con agua de mar.

Para las membranas de agua salobre, se observó un mejor rendimiento del flujo de agua de las membranas para cada concentración probada de TEACSA. A medida que la concentración de TEACSA aumentó del 5 % en peso al 20 % en peso, el flujo de agua mostró un aumento asociado. El flujo de agua de la membrana tratada en la parte posterior con un 30 % en peso de TEACSA fue considerablemente mejor que el control, pero menor que el observado con el tratamiento en la parte posterior con un 20 % en peso de TEACSA mientras se mantiene el rechazo de sal. El flujo de agua de la membrana tratada en la parte posterior con un 40 % en peso de TEACSA fue considerablemente mejor que el control, pero menor que el observado con el tratamiento en la parte posterior con un 20 % en peso de TEACSA mientras se mantiene el rechazo de sal.

Ejemplos comparativos 19 a 20 y Ejemplo 21

Membrana con AM - Tratamiento de la parte posterior con revestimiento de la parte frontal

Se investigó el efecto del tratamiento de la parte posterior antes del recubrimiento y secado de la parte frontal sobre el rendimiento de una membrana con agua de mar.

Se preparó una membrana con agua de mar usando la formulación para la capa de discriminación descrita en el Ejemplo 1. Se utilizó un aparato para la fabricación continua de una membrana de polímero para fundir la membrana de TFC. Se utilizó un soporte de polisulfona reforzado no tejido de poliéster como soporte microporoso. La fase acuosa se aplicó al soporte microporoso mediante recubrimiento por inmersión. Se hizo correr una longitud de membrana de soporte microporosa a través de un baño de recubrimiento que contenía la disolución acuosa de amina. La fase acuosa se aplicó al soporte de polisulfona en movimiento constante a temperatura (25 °C) y presión (1 atm) ambiente. Después de aproximadamente 10 segundos, cualquier exceso de disolución acuosa que quedara en la superficie de la capa de soporte se absorbió o empujó con un rodillo para eliminar las gotitas, dando como resultado un soporte tratado. A continuación, el soporte tratado se puso en contacto con la fase orgánica. El contacto con la fase orgánica se logró al hacer pasar el soporte tratado móvil a través de un segundo baño que contenía la fase orgánica, aunque la fase orgánica también podría haberse aplicado como un vapor al rociarlo sobre el soporte tratado. Una vez puesta en contacto, la amina y el cloruro ácido reaccionaron en la interfaz de disolución para formar una capa de discriminación de poliamida reticulada. La membrana de TFC que contiene la capa de discriminación se retiró del baño, se lavó en una serie de etapas de enjuague en

una estación de enjuague y se trasladó a una estación de recubrimiento de charco, que tenía una zona para el tratamiento de la parte posterior y una zona para el recubrimiento de la parte frontal, similar al esquema de ejemplo representado en la figura 2.

Al meterla en la zona de tratamiento de la parte posterior se aplicó una disolución de tratamiento de la parte posterior a la parte posterior de la membrana de TFC utilizando una técnica de recubrimiento de charco, donde se mantuvo una perla de la disolución de tratamiento de la parte posterior entre un rodillo de la parte posterior y la parte posterior de la membrana utilizando gravedad y desbordamiento ligero en los bordes de la red. La disolución de tratamiento de la parte posterior se alimentó al centro de la perla a una velocidad de alrededor de 130 ml/min con una velocidad de la línea de recubrimiento de alrededor de 25 pies por minuto.

Para el Ejemplo comparativo 19, la disolución de tratamiento de la parte posterior fue solo agua desionizada. Para el Ejemplo comparativo 20, la disolución de tratamiento de la parte posterior contenía citrato de sodio al 10 % en peso en agua desionizada. Para el Ejemplo 21, la disolución de tratamiento de la parte posterior contenía 10 % en peso de TEACSA en agua desionizada.

Después de salir de la zona de tratamiento de la parte posterior, la membrana de TFC tratada en la parte posterior se dirigió a la zona de recubrimiento de la parte frontal. Al meterla en la zona de recubrimiento de la parte frontal se aplicó una disolución de recubrimiento que contenía un 2 % en peso de alcohol polivinílico en agua desionizada al parte frontal de la membrana de TFC usando una técnica de recubrimiento de charco, donde se mantuvo una perla de la disolución de recubrimiento entre un rodillo de la parte frontal y la parte frontal de la membrana usando gravedad y desbordamiento ligero en los bordes de la red. La disolución de recubrimiento frontal se alimentó al centro de la perla a una velocidad de alrededor de 130 ml/min con una velocidad de la línea de recubrimiento de alrededor de 25 pies por minuto. Después de salir de la zona de recubrimiento frontal, la membrana de TFC recubierta se dirigió a una cámara de secado. La cámara de secado calentó la membrana para eliminar el disolvente residual y el secador se ajustó de modo que la membrana alcanzara una temperatura de aproximadamente 95 °C.

El rendimiento de la membrana se midió en un aparato de prueba de celda de hoja plana como se describe más adelante. La prueba se llevó a cabo en un número de Reynolds de 2500, de modo que la acumulación de solutos rechazados en la superficie de la membrana conduce a una concentración de no más de un 10 % más alta que la de la masa. La prueba se realizó en agua de mar (AM, 32.000 ppm de NaCl en agua desionizada o de OI) a 5,51 MPa (800 psi), a 25 °C. Las membranas se ejecutaron durante 1 hora antes de medir las características de rendimiento (p. ej., flujo de agua y rechazo de sal). Se evaluaron dos membranas de cada condición, con 3 cupones en una membrana, de modo que se probaron un total de 6 réplicas de cupones para llegar a un valor promedio y la desviación estándar establecida. El flujo de agua y el rechazo se determinaron como se describió anteriormente. Los resultados se

presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Rendimiento de membrana de la membrana con AM recubierta

Membranas con agua de mar				
Prueba con agua de mar, 5,51 MPa (800 psi), 32000 ppm de NaCl	Flujo (l/m ² /h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ej. comp- 3 - Control	17,35 (10,2 gfd)	0,5	99,77	0,04
Ej. comp. 19 PVOH solo en la parte frontal	19,39 (11,4 gfd)	0,03	99,81	0,00
Cambio desde el control (%)	11,76	--	0,04	--
Ej. comp. 20 - citrato al 10 % en la parte posterior, PVOH en la parte frontal	24,15 (14,2 gfd)	0,05	99,78	0,01
Cambio desde el control (%)	39,22	--	0,01	--
Ejemplo 21 - TEACSA al 10 % en la parte posterior, PVOH en la parte frontal	25,68 (15,1 gfd)	0,04	99,80	0,02
Cambio desde el control (%)	48,04	--	0,03	--

Los datos muestran que el tratamiento de la parte posterior con TEACSA al 10 % en peso como un agente de protección de la estructura de los poros antes de recubrir la parte frontal de la membrana con 2 % en peso de PVOH mejoró considerablemente el flujo de agua de una membrana con agua de mar mientras se mantiene el rechazo de sal de la membrana. La mejora lograda en el flujo de agua fue considerablemente mejor que la lograda al recubrir la parte posterior con una cantidad equivalente de citrato de sodio antes de recubrir la parte frontal con PVOH.

Ejemplos Comparativos 22 y 23 y Ejemplo 24

Membrana con AS - Tratamiento de la parte posterior y revestimiento de la parte frontal

Se investigó el efecto del tratamiento de la parte posterior antes del recubrimiento y secado de la parte frontal sobre el rendimiento de una membrana con agua salobre.

Se preparó una membrana con AS usando la formulación para la capa de discriminación descrita en el Ejemplo 2. Se utilizó un aparato para la fabricación continua de una membrana de polímero para fundir la membrana de TFC. Se utilizó un soporte de polisulfona reforzada no tejida de poliéster como soporte microporoso. La fase acuosa se aplicó al soporte microporoso mediante recubrimiento por inmersión. Se hizo correr una longitud de membrana de soporte microporosa a través de un baño de recubrimiento que contenía la disolución acuosa de amina. La fase acuosa se aplicó al soporte de polisulfona en movimiento constante a temperatura (25 °C) y presión (1 atm) ambiente. Después de aproximadamente 10 segundos, cualquier exceso de disolución acuosa que quedara en la superficie de la capa de soporte se absorbió o empujó con un rodillo para eliminar las gotitas, dando como resultado un soporte tratado. A continuación, el soporte tratado se puso en contacto con la fase orgánica. El contacto con la fase orgánica se logró al hacer pasar el soporte tratado móvil a través de un segundo baño que contenía la fase orgánica, aunque la fase orgánica también podría haberse aplicado como un vapor al rociarlo sobre el soporte tratado. Una vez puesta en contacto, la amina y el cloruro ácido reaccionaron en la interfaz de disolución para formar una capa de discriminación de poliamida reticulada. La membrana de TFC que contiene la capa de discriminación se retiró del baño, se lavó en una serie de etapas de enjuague en una estación de enjuague y se trasladó a una estación de recubrimiento de charco, que tiene una zona para el tratamiento de la parte posterior y una zona para el recubrimiento de la parte frontal, similar al esquema de ejemplo representado en la figura 2.

Al meterla en la zona de tratamiento de la parte posterior se aplicó una disolución de tratamiento de la parte posterior a la parte posterior de la membrana de TFC utilizando una técnica de recubrimiento de charco, donde se mantuvo una perla de la disolución de tratamiento de la parte posterior entre un rodillo de la parte posterior y la parte posterior de la membrana utilizando gravedad y desbordamiento ligero en los bordes de la red. La disolución de tratamiento de la parte posterior se alimentó al centro de la perla a una velocidad de alrededor de 130 ml/min con una velocidad de la línea de recubrimiento de alrededor de 25 pies por minuto.

Para el Ejemplo comparativo 22, la disolución de tratamiento de la parte posterior fue solo agua desionizada. Para el Ejemplo comparativo 23, la disolución de tratamiento de la parte posterior contenía citrato de sodio al 10 % en peso en agua desionizada. Para el Ejemplo 24, la disolución de tratamiento de la parte posterior contenía 10 % en peso de TEACSA en agua desionizada.

Después de salir de la zona de tratamiento de la parte posterior, la membrana de TFC tratada en la parte posterior se dirigió a la zona de recubrimiento de la parte frontal. Al meterla en la zona de recubrimiento de la parte frontal, se aplicó una disolución de recubrimiento que contenía un 2 % en peso de alcohol polivinílico y un 2 % en peso de glicerol en agua desionizada a la parte frontal de la membrana de TFC usando una técnica de recubrimiento de charco, donde se mantuvo una perla de la disolución de recubrimiento entre un rodillo de la parte frontal y la parte frontal de la membrana usando gravedad y desbordamiento ligero en los bordes de la red. La disolución de recubrimiento frontal se alimentó al centro de la perla a una velocidad de alrededor de 130 ml/min con una velocidad de la línea de recubrimiento de alrededor de 25 pies por minuto. Después de salir de la zona de recubrimiento frontal, la membrana de TFC recubierta se dirigió a una cámara de secado. La cámara de secado calentó la membrana para eliminar el disolvente residual y el secador se ajustó de modo que la superficie de la membrana alcanzara una temperatura de aproximadamente 95 °C.

El rendimiento de la membrana se midió en un aparato de prueba de celda de hoja plana como se describe más adelante. La prueba se llevó a cabo en un número de Reynolds de 2500, de modo que la acumulación de solutos rechazados en la superficie de la membrana conduce a una concentración de no más de un 10 % más alta que la de la masa. La prueba se realizó en agua salobre (AS, 2000 ppm de NaCl en agua desionizada o de OI) a 5,51 MPa (225 psi), a 25 °C. Las membranas se ejecutaron durante 1 hora antes de medir las características de rendimiento (por ejemplo, flujo de agua y rechazo de sal). Se evaluaron dos membranas de cada condición, con 3 cupones en una membrana, de modo que se probaron un total de 6 réplicas de cupones para llegar a un valor promedio y la desviación estándar establecida. El flujo de agua y el rechazo se determinaron como se describió anteriormente. Los resultados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Rendimiento de membrana de la membrana con AS recubierta

Membranas con agua salobre				
Prueba con agua salobre, 1,55 Mpa (225 psi), 2000 ppm de NaCl	Flujo (l/m ² /h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ej. comp. 4 - Control	20,92 (12,3 gfd)	0,8	99,65	0,05
Ej. comp. 22 - PVOH solo en la parte frontal	22,45 (13,2 gfd)	0,5	99,68	0,04
Cambio desde el control (%)	7,32	--	0,03	--
Ej. comp. 23 - Citrato al 10 % en la parte posterior, PVOH en la parte frontal	24,83 (14,6 gfd)	1,0	99,67	0,02
Cambio desde el control (%)	18,7	--	0,02	--
Ejemplo 24 - TEACSA al 10 % en la parte posterior, PVOH en la parte frontal	31,80 (18,7 gfd)	0,6	99,68	0,04
Cambio desde el control (%)	52,03	--	0,03	--

Como se puede observar a partir de los datos, el tratamiento de la parte posterior con TEACSA al 10 % en peso como un agente de protección de la estructura de los poros antes de recubrir la parte frontal de la membrana con un 2 % en peso de PVOH y un 2 % en peso de glicerol mejoró considerablemente el flujo de agua de una membrana de agua salobre mientras se mantiene el rechazo de sal de la membrana. La mejora lograda en el flujo de agua fue considerablemente mejor (casi tres veces mejor) que la lograda al recubrir la parte posterior con una cantidad equivalente de citrato de sodio antes de recubrir la parte frontal con PVOH.

Ejemplos Comparativos 25 y 26

Después de la formación de cada una de las membranas descritas en los Ejemplos 1 y 2, cada membrana se enjuagó con agua a 60 °C varias veces para eliminar cualquier exceso de compuestos residuales en la membrana. Las membranas separadas del Ejemplo 1 y el Ejemplo 2 se trataron a continuación tanto en la parte frontal como en la parte posterior con una solución al 10 % en peso de TEACSA (Ejemplos comparativos 25 y 26). La solución que contenía el TEACSA se aplicó en la parte frontal y en la parte posterior de la membrana de TFC a temperatura (25 °C) y presión (1 atm) ambiente y después de 10 segundos la orientación de la membrana se cambió para permitir que cualquier exceso de disolución se drenara y la membrana se dejó drenar durante 10 segundos. A continuación, cada una de las membranas tratadas se secó en un horno alcanzando la membrana una temperatura de 95 °C. Cada membrana permaneció en el horno durante 6 minutos.

El rendimiento de la membrana se midió en un aparato de prueba de celda de hoja plana. La prueba se llevó a cabo en un número de Reynolds de 2500, de modo que la acumulación de solutos rechazados en la superficie de la

membrana conduce a una concentración de no más de un 10 % más alta que la de la masa. Las pruebas para el Ejemplo comparativo 25 se realizaron en agua de mar (AM, 32.000 ppm de NaCl en agua desionizada o de OI) a 5,51 MPa (800 psi), a 25 °C. Las pruebas para el Ejemplo comparativo 26 se realizaron en agua salobre (AS, 2.000 ppm de NaCl en agua desionizada o de OI) a 1,55 MPa (225 psi), a 25 °C. Las membranas se ejecutaron durante 1 hora antes de medir las características de rendimiento (p. ej., flujo de agua y rechazo de sal). Se evaluaron dos membranas de cada condición, con 3 cupones en una membrana, de modo que se probaron un total de 6 réplicas de cupones para llegar a un valor promedio y la desviación estándar establecida.

El flujo de agua y el rechazo se determinaron como se describió anteriormente. Los resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Rendimiento de la membrana con tratamiento de la parte posterior

Membranas con agua de mar				
Prueba con agua de mar, 5,51 MPa (800 psi), 32000 ppm de NaCl	Flujo (l/m²/h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ej. comp. 3 - Control	17,35 (10,2 gfd)	0,5	99,77	0,04
Ej. comp. 5 - Secado con citrato de Na al 10 %	23,98 (14,1 gfd)	0,6	99,78	0,05
Cambio desde el control (%)	38,24	--	0,01	--
Ejemplo 7 - Secado con TEACSA al 10 %	24,83 (14,6 gfd)	0,6	99,82	0,01
Cambio desde el control (%)	43,14	--	0,05	--
Ej. comp. 25 - TEACSA al 10 % en la parte posterior, TEACSA al 10 % en la parte frontal	23,81 (14,0 gfd)	0,4	99,77	0,02
Cambio desde el control (%)	37,25	--	0,00	--
Membranas con agua salobre				
Prueba con agua salobre, 1,55 MPa (225 psi), 2000 ppm de NaCl	Flujo (l/m²/h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ej. comp. 4 - Control	20,92 (12,3 gfd)	0,8	99,65	0,05
Ej. comp. 6 - Secado con citrato de Na al 10 %	25,00 (14,7 gfd)	0,6	99,64	0,07
Cambio desde el control (%)	19,51	--	-0,01	--

(continuación)

Membranas con agua salobre				
Prueba con agua salobre, 1,55 MPa (225 psi), 2000 ppm de NaCl	Flujo (l/m²/h)		Rechazo (%)	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Ejemplo 8 - Secado con TEACSA al 10 %	32,97 (18,8 gfd)	0,2	99,68	0,04
Cambio desde el control (%)	52,85	--	0,03	--
Ej. comp. 26 - TEACSA al 10 % en la parte posterior, TEACSA al 10 % en la parte frontal	30,61 (18,0 gfd)	0,3	99,66	0,04

Cambio desde el control (%)	46,34	--	0,00	--
-----------------------------	-------	----	------	----

Como se puede observar a partir de los datos, el tratamiento frontal y posterior de la membrana de TFC con una disolución acuosa que contiene TEACSA al 10 % en peso después del enjuague después de la formación de la capa de discriminación y antes del secado (Ejemplos comparativos 25 y 26) provocó una mejora menor que la lograda al aplicar una disolución al 10 % en peso de citrato de sodio a la parte posterior de la membrana antes del secado de la membrana (Ejemplos 7 y 8). En particular, con las membranas de TFC con agua de mar, la mejora del flujo de agua en el Ejemplo comparativo 25 fue mejor que la lograda mediante la aplicación de una disolución al 10 % en peso de citrato de sodio en la parte posterior de la membrana antes de secar la membrana (Ejemplo comparativo 5).

Una disolución acuosa que contiene 10 % en peso de TEACSA es iónica, pero la parte frontal de la membrana de TFC es relativamente hidrófoba. Por lo tanto, cuando se aplica una disolución acuosa que contiene un 10 % en peso de TEACSA a la parte frontal de la membrana de TFC, la membrana de TFC no se impregna con la disolución acuosa que contiene un 10 % en peso de TEACSA. Por lo tanto, el TEACSA en la parte frontal de la membrana de TFC no funciona para el rendimiento de la membrana de TFC y más bien agota la mejora del flujo de agua. Además, el TEACSA que permanece en la parte frontal de la membrana de TFC fluye hacia el agua de prueba. Por lo tanto, es necesario un procedimiento de lavado durante mucho tiempo para lograr un rendimiento exacto.

Cuando se agrega TEACSA en una fase acuosa que contiene un compuesto de amina tal como m-fenilendiamina para formar una capa de discriminación (capa de poliamida) de una membrana de TFC mediante polimerización interfacial, el TEACSA afecta el procedimiento de formación de la poliamida. Sin embargo, cuando el TEACSA se aplica a la parte frontal de la membrana de TFC después de formar una capa de discriminación (capa de poliamida) de una membrana de TFC por polimerización interfacial, el TEACSA no afecta al procedimiento de formación de poliamida, por lo que el TEACSA no puede cambiar las propiedades de una capa de poliamida.

LISTA DE NÚMEROS DE REFERENCIA

La siguiente es una lista de los números de referencia utilizados en la descripción y los dibujos adjuntos.

100	Membrana de TFC
110	Parte frontal de la membrana de TFC
120	Capa de discriminación
130	Capa de soporte
140	Capa de fieltro de la parte posterior
150	Parte posterior de la membrana de TFC
210	Rollo desenrollado
215	Membrana de TFC
220	Alimentación de la disolución de tratamiento de la parte posterior
230	Disolución de tratamiento de la parte posterior
235	Rodillo de la parte posterior
240	Zona de tratamiento de la parte posterior
250	Alimentación de disolución de recubrimiento
260	Disolución de recubrimiento de la parte frontal
265	Rodillo de la parte frontal
270	Zona de recubrimiento de la parte frontal
280	Zona de secado
290	Rollo de recogida
310	Rollo desenrollado
315	Membrana de TFC
325	Depósito de recubrimiento por inmersión
330	Disolución de tratamiento de la parte posterior
340	Rodillo
345	Estación de eliminación de exceso
350	Alimentación de disolución de recubrimiento de la parte frontal
360	Disolución de recubrimiento de la parte frontal
365	Rodillo de la parte frontal
370	Zona de recubrimiento de la parte frontal
380	Zona de secado
390	Rollo de recogida
B	Parte posterior de la membrana de TFC
F	Parte frontal de la membrana de TFC

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para mejorar el flujo de agua de una membrana de material compuesto de película delgada (TFC) (100), que comprende:

(a) proporcionar al menos una membrana de TFC (100) que tiene al menos una capa de fieltro (140) en una parte posterior (150), una capa de soporte (130) y una capa de discriminación (120) en una parte frontal (110);
 (b) aplicar una disolución de tratamiento de la parte posterior que contiene entre un 0,1 % en peso y un 33 % en peso de una sal de amina terciaria de ácido alcanforsulfónico como un agente de protección de la estructura de los poros solo a la parte posterior (150) de la membrana de TFC (100) para formar una membrana de TFC tratada en la parte posterior; y

(c) secar la membrana de TFC tratada en la parte posterior (100) para proporcionar una membrana de TFC tratada (100), donde la membrana de TFC tratada (100) tiene un flujo de agua que es mayor que el flujo de agua de una membrana de TFC (100) preparada sin tratar la parte posterior con la disolución de tratamiento de la parte posterior,

donde la amina terciaria de la sal de amina terciaria del ácido alcanforsulfónico se selecciona de entre una trietilamina que tiene entre 1 y 6 átomos de carbono en el resto alquilo, una piridina que tiene de 0 a 3 grupos alquilo de entre 1 y 6 átomos de carbono, una alquil-alcohol-amina, una N-alquil-pirrolidina que tiene entre 1 y 6 átomos de carbono en el resto alquilo, una alquilbencilamina y una amina terciaria heteroaromática o una combinación de los mismos,

donde la capa de discriminación (120) comprende una poliamida,

donde la etapa de secado comprende calentar la membrana de TFC tratada (100) hasta que una superficie de la membrana de TFC tratada alcance una temperatura de al menos 75 °C.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde la amina terciaria de la sal de amina terciaria del ácido alcanforsulfónico se selecciona de entre piridina, 4-dimetilaminopiridina, quinolina, isoquinolina, fenantridina, trietilamina (TEA), etildiiso-propilamina, N,N-dimetil-ciclohexilamina, N-metilpirrolidina trietanolamina, metildietanolamina, etil-dietanolamina, dimetiletanolamina, butildietanolamina, octadecil-dietanolamina, ciclohexildietanolamina, bencildietanolamina, bencilenetil-etanolamina, dietil-etanolamina, dietilciclohexinolamina, metiloctadecil-etanolamina, metiloctadeceniletanolamina, dimetilbencilamina y una picolina.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, donde la disolución de tratamiento de la parte posterior comprende además un disolvente seleccionado de entre agua, un alcohol C₁-C₄, una cetona C₁-C₄, un glicol, un polialquilenglicol, un mono-alquiléter de etilenglicol y un di-alquiléter de etilenglicol, y una combinación de estos.

4. El procedimiento según la reivindicación 1, donde el recubrimiento comprende entre un 0,1 % en peso y un 10 % en peso de un polímero seleccionado de entre alcohol polivinílico, polivinilpirrolidona, polietileno, polipropileno, polietersulfona, fluoruro de polivinilideno, politetrafluoroetileno, tereftalato de polietileno, tereftalato de politrimetileno, tereftalato de polibutileno, poliestireno, poliacrilonitrilo, metacrilato de polimetilo, un polialcohol de acetato de polivinilo, un óxido de polialquileño, una poliimina, un ácido poliacrílico, una poliamina, un poliuretano y una poliurea, y derivados de los mismos y copolímeros de los mismos.

5. El procedimiento de la reivindicación 4, donde el recubrimiento comprende además entre un 0,1 % en peso y un 40 % en peso de un humectante seleccionado de entre glicerol, poliglicerol, polietilenglicol, un alquilenglicol y un alcohol de azúcar, y cualquier combinación de los mismos.

6. El procedimiento de la reivindicación 1, donde la membrana de TFC (100) es una membrana de ósmosis inversa.

7. Una membrana de TFC (100) preparada según el procedimiento de la reivindicación 1.

8. Un módulo de ósmosis inversa, que comprende la membrana de TFC (100) de la reivindicación 7 enrollada en espiral alrededor de un tubo perforado central.

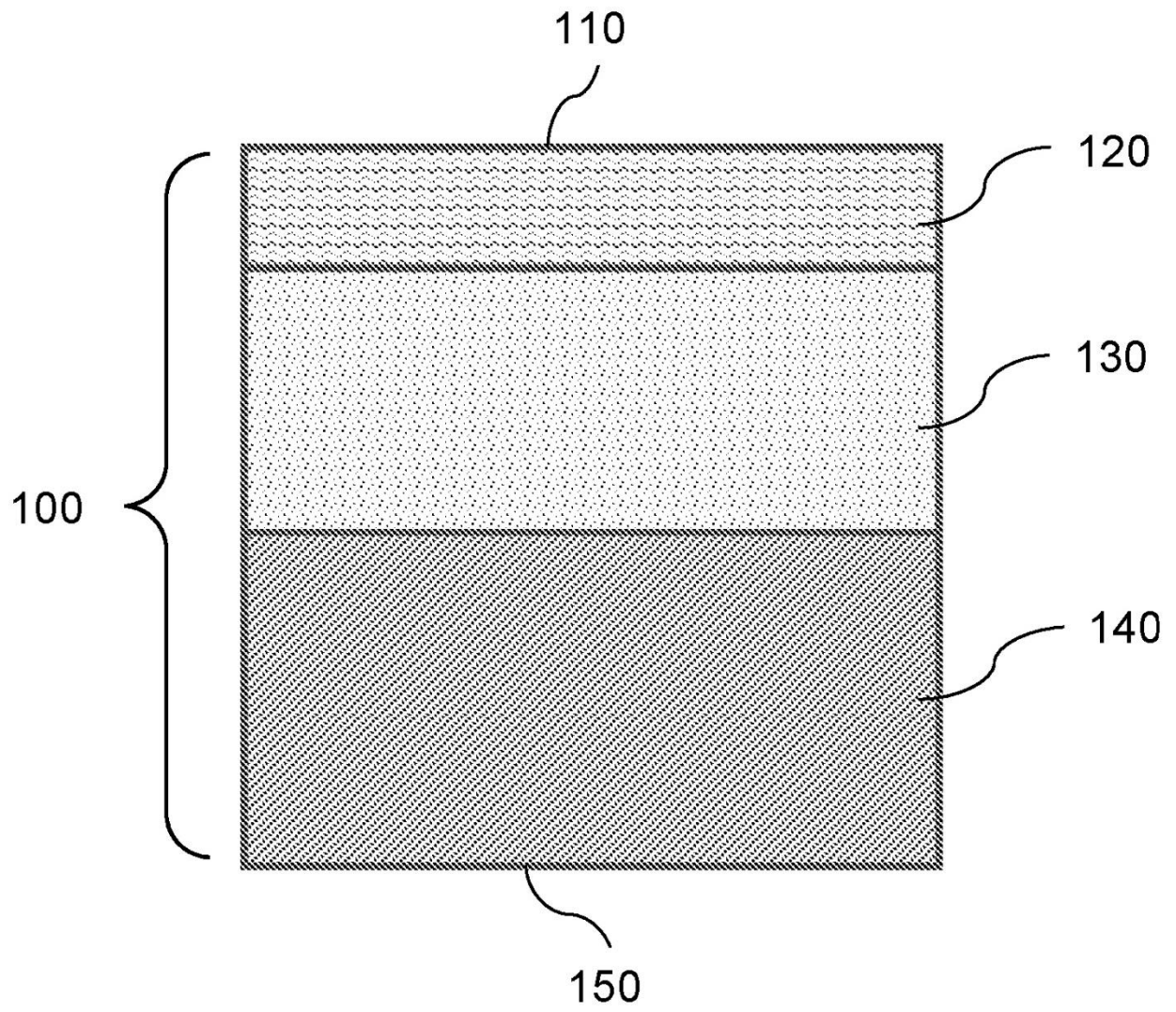


FIGURA 1

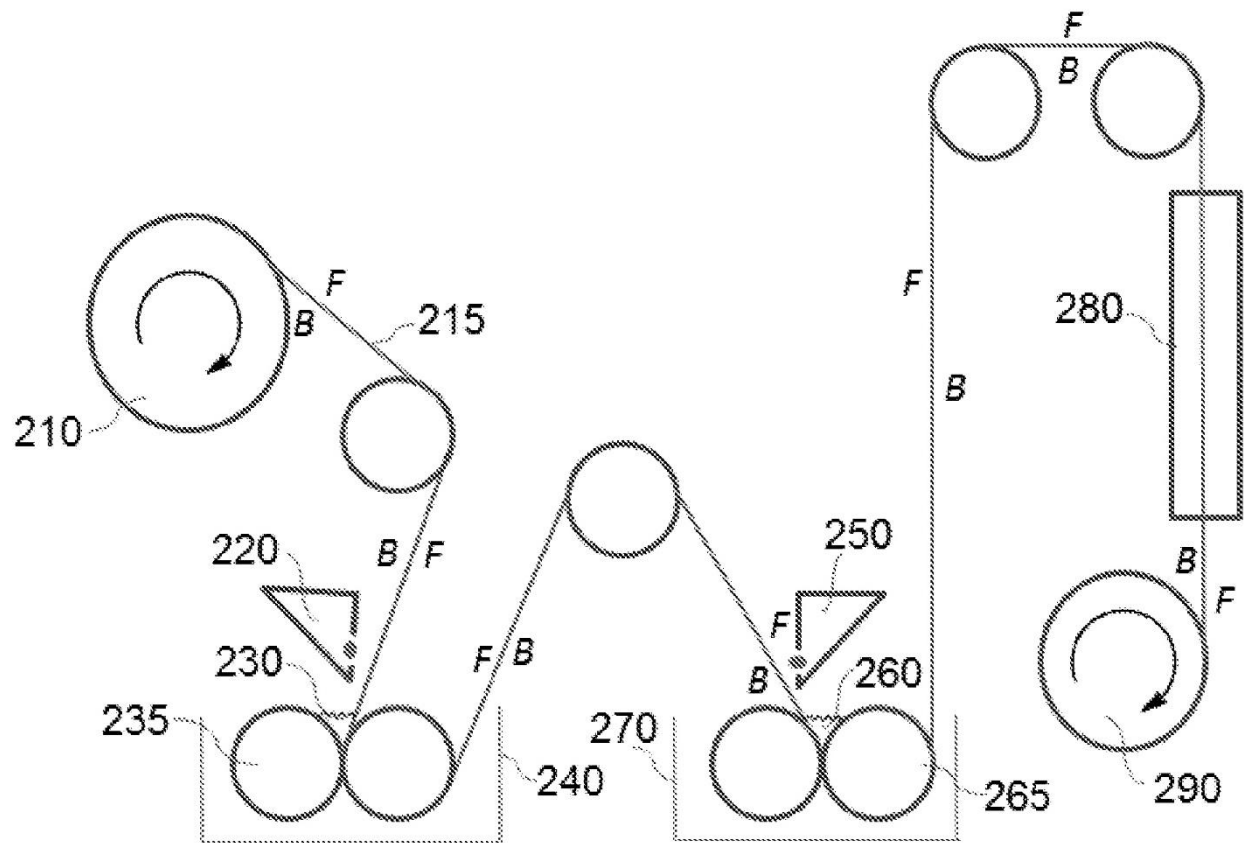


FIGURA 2

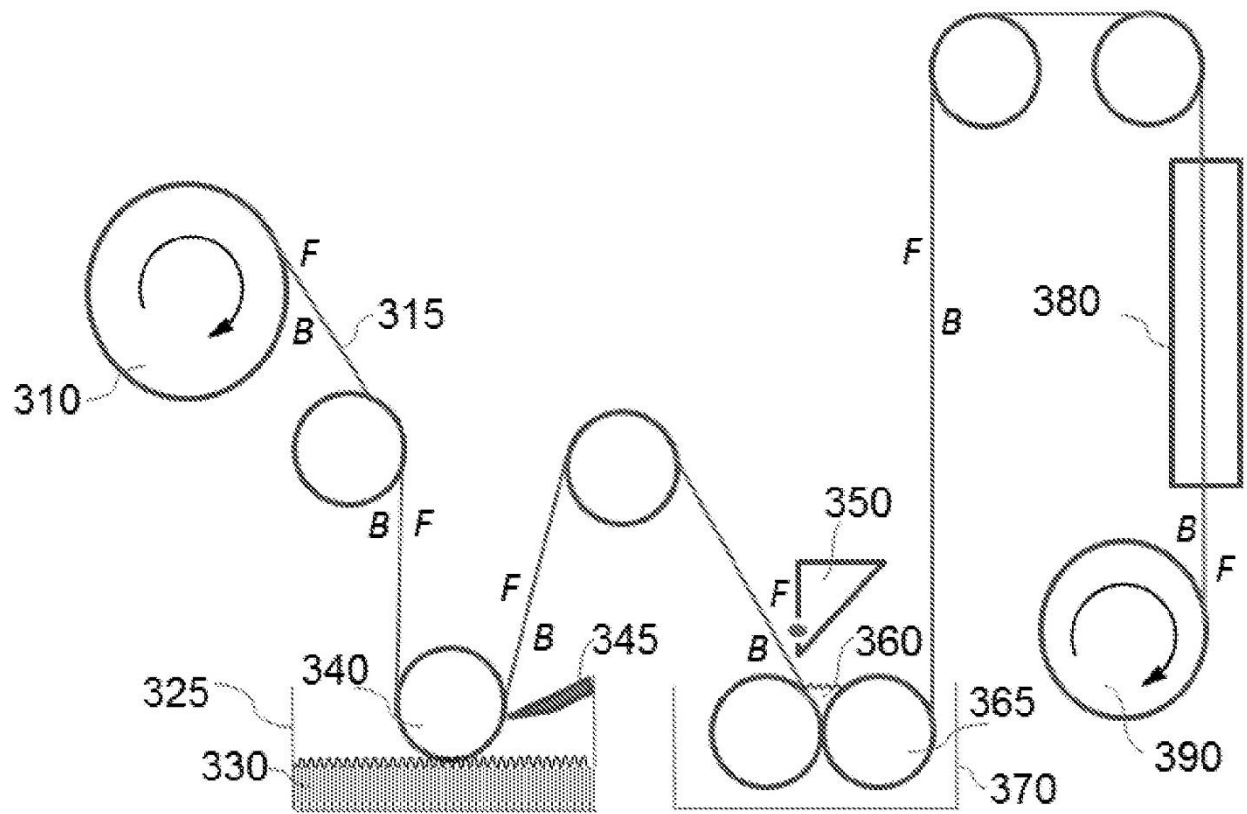


FIGURA 3