

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 827**

51 Int. Cl.:

<b>B01D 71/56</b>	(2006.01) <b>B01D 71/82</b>	(2006.01)
<b>B01D 69/10</b>		(2006.01)
<b>B01D 69/12</b>		(2006.01)
<b>B01J 39/20</b>		(2006.01)
<b>B01J 47/12</b>		(2007.01)
<b>C08F 20/56</b>		(2006.01)
<b>C08J 5/22</b>		(2006.01)
<b>B01D 71/40</b>		(2006.01)
<b>B01D 61/00</b>		(2006.01)
<b>B01D 69/02</b>		(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2014 PCT/JP2014/055192**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014 WO14136697**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2014 E 14759523 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 2965803**

54 Título: **Membrana polimérica funcional y método de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

**07.03.2013 JP 2013045947**  
**07.03.2013 JP 2013045948**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.11.2019**

73 Titular/es:

**FUJIFILM CORPORATION (100.0%)**  
**26-30, Nishiazabu 2-chome, Minato-ku**  
**Tokyo 106-8620 , JP**

72 Inventor/es:

**SANO, SATOSHI;**  
**KODAMA, KEISUKE y**  
**TAKAMOTO, TETSUFUMI**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 731 827 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

Membrana polimérica funcional y método de fabricación de la misma

### 5 Antecedentes de la invención

#### 1. Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a una membrana polimérica funcional útil para una membrana de intercambio iónico, a una célula de combustible, a una membrana para eliminar agregados de proteínas o virus y similares, a un método para producir la membrana, a una membrana de intercambio iónico y una membrana conductora de protones equipada con una membrana polimérica funcional y a un dispositivo de intercambio iónico.

#### 15 2. Descripción de la técnica relacionada

Con respecto a las membranas que tienen diversas funciones como membranas poliméricas funcionales, los ejemplos conocidos incluyen una membrana de intercambio iónico, una membrana de ósmosis inversa, una membrana de ósmosis directa y una membrana de separación de gases.

20 Por ejemplo, una membrana de intercambio iónico se usa para electrodesionización (EDI), electrodesionización continua (CEDI), electrodiálisis (ED), electrodiálisis inversa (EDR) y similares.

La electrodesionización (EDI) es un proceso de tratamiento de agua para retirar iones de un líquido acuoso usando una membrana de intercambio iónico y un potencial eléctrico con el fin de conseguir el transporte de iones. A diferencia de otras tecnologías de purificación de agua, tal como el intercambio iónico convencional, la electrodesionización puede usarse para producir agua ultrapura sin necesidad del uso de agentes químicos tales como ácidos o soda cáustica. La electrodiálisis (ED) y la electrodiálisis inversa (EDR) son procesos de separación electroquímica para retirar iones y similares del agua y otros fluidos.

30 Con respecto a las membranas de intercambio iónico, se están realizando investigaciones sobre mejoras en la permeoselectividad iónica y la resistencia al pH (véase, por ejemplo, el documento WO2013/011272A, el documento WO2011/073637<sup>a</sup> y el documento WO2011/073639<sup>a</sup>). Sin embargo, existe la demanda de una potenciación adicional del rendimiento como membranas poliméricas funcionales y, por tanto, también se requieren potenciaciones de otras características de las membranas poliméricas funcionales.

#### 35 Sumario de la invención

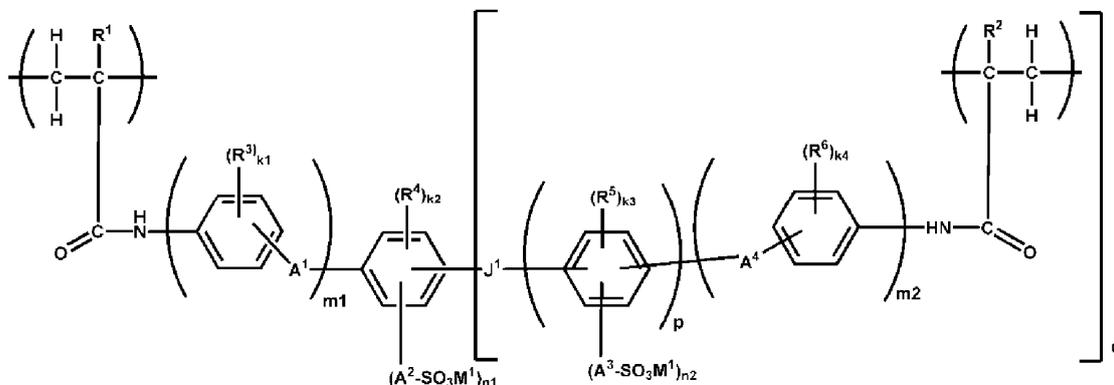
De acuerdo con la investigación realizada por los inventores de la presente invención, se descubrió que con respecto a una membrana polimérica funcional convencional (en lo sucesivo en el presente documento también denominada simplemente "membrana"), con el fin de mejorar significativamente el uso como membrana polimérica funcional, es importante no solo potenciar la permeoselectividad iónica y la resistencia al pH, sino también disminuir adicionalmente el coeficiente de permeabilidad al agua y la resistencia eléctrica de una membrana y mejorar la durabilidad. Además, como resultado de la reducción del espesor de una membrana polimérica funcional junto con la reducción del tamaño de los aparatos de intercambio iónico y similares en los últimos años, o como resultado de la reducción del espesor destinada a disminuir adicionalmente la resistencia, ha disminuido la resistencia al estallido de las membranas. Por tanto, es más importante que nunca aumentar esta resistencia de las membranas.

50 Es un objetivo de la invención proporcionar una membrana polimérica funcional que tenga una excelente permeoselectividad iónica (en lo sucesivo en el presente documento también denominada simplemente "permeabilidad selectiva") teniendo al mismo tiempo un coeficiente de permeabilidad al agua bajo y una baja resistencia eléctrica de la membrana, teniendo la membrana polimérica funcional una resistencia al pH y una durabilidad excelentes o una alta resistencia al estallido, y un método para producir la membrana. La membrana polimérica funcional pertinente puede usarse adecuadamente como una membrana de intercambio iónico y/o una membrana conductora de protones, y es otro objetivo de la invención proporcionar un aparato de intercambio iónico que use esta membrana polimérica funcional.

60 Con el fin de obtener una membrana polimérica funcional que cumpla con los requisitos descritos anteriormente, los inventores de la presente invención prestaron atención a la estructura del polímero que constituye una membrana polimérica funcional y realizaron una investigación exhaustiva. Como resultado, los inventores descubrieron que cuando se usa una membrana polimérica funcional que usa un polímero que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (I) como membrana de intercambio iónico, la membrana polimérica funcional presenta un rendimiento excelente en cuanto a la permeoselectividad, la resistencia al pH, el coeficiente de permeabilidad al agua, la resistencia eléctrica de la membrana y la durabilidad. La invención se consiguió basándose en estos hallazgos.

65 Es decir, los objetivos de la invención se lograron por los siguientes medios.

(1) Una membrana polimérica funcional que incluye un polímero que contiene al menos una estructura representada por la siguiente Fórmula (I):



5

Fórmula (I)

en la que:  $\text{R}^1$  y  $\text{R}^2$  representan cada uno independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo  $\text{C}_1\text{-C}_{10}$  lineal o ramificado;  $\text{R}^3$ ,  $\text{R}^4$ ,  $\text{R}^5$  y  $\text{R}^6$  representan cada uno independientemente un sustituyente seleccionado entre un grupo alquilo  $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ , un grupo cicloalquilo  $\text{C}_3\text{-C}_{30}$ , un grupo alquenoilo  $\text{C}_2\text{-C}_{30}$ , un grupo alquinoilo  $\text{C}_2\text{-C}_{30}$ , un grupo arilo  $\text{C}_6\text{-C}_{30}$ , un grupo amino  $\text{C}_0\text{-C}_{30}$ , un grupo alcoxi  $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ , un grupo arilo  $\text{C}_6\text{-C}_{30}$ , un grupo oxo heterocíclico  $\text{C}_2\text{-C}_{30}$ , un grupo acilo  $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ , un grupo alcóxicarbonilo  $\text{C}_2\text{-C}_{30}$ , un grupo ariloxicarbonilo  $\text{C}_7\text{-C}_{30}$ , un grupo aciloxi  $\text{C}_2\text{-C}_{30}$ , un grupo acilamino  $\text{C}_2\text{-C}_{30}$ , un grupo alcóxicarbonilamino  $\text{C}_2\text{-C}_{30}$ , un grupo ariloxicarbonilamino  $\text{C}_7\text{-C}_{30}$ , un grupo alquil- o arilsulfonilamino  $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ , un grupo sulfamoilo  $\text{C}_0\text{-C}_{30}$ , un grupo carbamoilo  $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ , un grupo alquiltio  $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ , un grupo ariltio  $\text{C}_6\text{-C}_{30}$ , un grupo tio heterocíclico  $\text{C}_2\text{-C}_{30}$ , un grupo alquil- o arilsulfonilo  $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ , un grupo alquil- o arilsulfinoilo  $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ , un grupo ureido  $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ , un grupo amida de ácido fosfórico  $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ , un grupo hidroxilo, un grupo mercapto, un átomo de halógeno, un grupo ciano, un grupo sulfuro, un grupo carboxilo, un grupo oxo, un grupo nitro, un grupo hidroxámico, un grupo sulfino, un grupo hidrazino, un grupo imino, un grupo heterocíclico  $\text{C}_1\text{-C}_{30}$ , un grupo sililo  $\text{C}_3\text{-C}_{40}$  y un grupo sililoxi  $\text{C}_3\text{-C}_{40}$ ;  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  y  $k_4$  representan cada uno independientemente 0 o un número entero; en el caso en el que haya presente una pluralidad de  $\text{R}^3$ ,  $\text{R}^4$ ,  $\text{R}^5$  y  $\text{R}^6$ , los  $\text{R}^3$ ,  $\text{R}^4$ ,  $\text{R}^5$  y  $\text{R}^6$  plurales pueden ser respectivamente idénticos o diferentes entre sí, o pueden estar unidos entre sí y formar un anillo saturado o insaturado condensado con el anillo de fenilo;  $\text{A}^1$ ,  $\text{A}^2$ ,  $\text{A}^3$  y  $\text{A}^4$  representan cada uno independientemente un enlace sencillo o un grupo enlazador divalente;  $\text{M}^1$  representa un ion de hidrógeno, un ion de base orgánica o un ion de metal; en el caso en el que haya presente una pluralidad de  $\text{M}^1$ , los  $\text{M}^1$  plurales pueden ser idénticos o diferentes entre sí;  $n_1$  y  $n_2$  representan cada uno independientemente un número entero de 1 a 4;  $m_1$  y  $m_2$  representan cada uno independientemente 0 o 1;  $\text{J}^1$  representa un enlace sencillo,  $-\text{O}-$ ,  $-\text{S}-$ ,  $-\text{SO}_2-$ ,  $-\text{CO}-$ ,  $-\text{CR}^8\text{R}^9-$  o un grupo alquenoilo;  $\text{R}^8$  y  $\text{R}^9$  representan cada uno independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo metilo o un átomo de flúor;  $p$  representa un número entero de 1 o mayor; y  $q$  representa un número entero de 0 a 4.

10

15

20

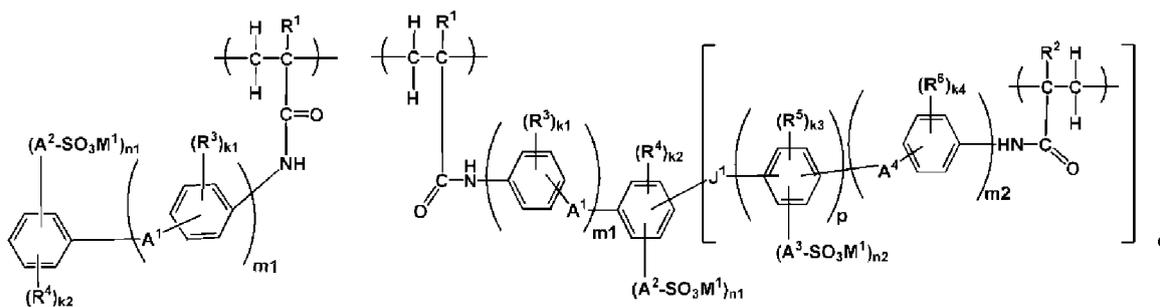
25

30

(2) La membrana polimérica funcional de acuerdo con (1), en la que en la Fórmula (I),  $q$  es 0.

(3) La membrana polimérica funcional de acuerdo con (1), en la que en la Fórmula (I),  $q$  representa un número entero de 1 a 4.

(4) La membrana polimérica funcional de acuerdo con (1), en la que el polímero que contiene al menos una estructura representada por la Fórmula (I) es un polímero que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (I-1):



Fórmula (I-1)

40

en la que  $\text{R}^1$ ,  $\text{R}^2$ ,  $\text{R}^3$ ,  $\text{R}^4$ ,  $\text{R}^5$ ,  $\text{R}^6$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $k_4$ ,  $\text{A}^1$ ,  $\text{A}^2$ ,  $\text{A}^3$ ,  $\text{A}^4$ ,  $\text{M}^1$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $\text{J}^1$ ,  $p$  y  $q$  son como se han definido en (1) anteriormente.

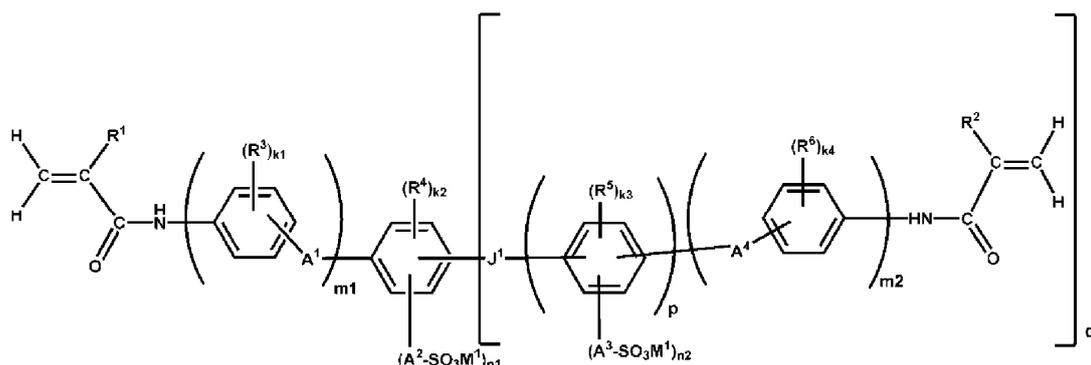
(5) La membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (4), en la que en la Fórmula (I), M<sup>1</sup> representa un ion de base orgánica.

(6) La membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (5), en la que la membrana polimérica tiene un soporte poroso y el polímero que contiene al menos una estructura representada por la Fórmula (I) se forma al menos sobre la superficie del soporte poroso.

(7) La membrana polimérica funcional de acuerdo con (6), en la que el polímero que contiene al menos una estructura representada por la Fórmula (I) rellena los poros del soporte poroso.

(8) La membrana polimérica funcional de acuerdo con (6) o (7), en la que el soporte poroso es un tejido o un tejido no tejido.

(9) La membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (8), que se forma sometiendo una composición que contiene un compuesto polimerizable representado por la siguiente Fórmula (II) a polimerización y una reacción de curado:



Fórmula (II)

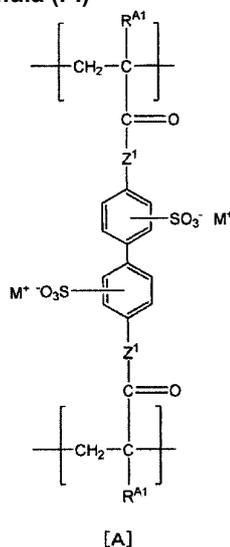
en la que R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup>, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub>, k<sub>4</sub>, A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, A<sup>3</sup>, A<sup>4</sup>, M<sup>1</sup>, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>, J<sup>1</sup>, p y q son como se han definido en (1) anteriormente.

(10) Un método para producir la membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (9), incluyendo el método la formación de una membrana polimérica funcional que contiene un polímero que contiene una estructura representada por la Fórmula (I) irradiando al menos un compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) con radiación activa.

(11) Un aparato de intercambio iónico que incluye al menos una membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (1) a (9).

(12) La membrana polimérica funcional de acuerdo con (1), en la que el polímero que contiene una estructura representada por la Fórmula (I) es un polímero que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (PI), teniendo la membrana polimérica funcional una estructura en la que el polímero se encuentra sobre la superficie y/o está incrustado en los poros (sección de poros) del soporte poroso, y una resistencia al estallido de 3,0 kg/cm<sup>2</sup> o más:

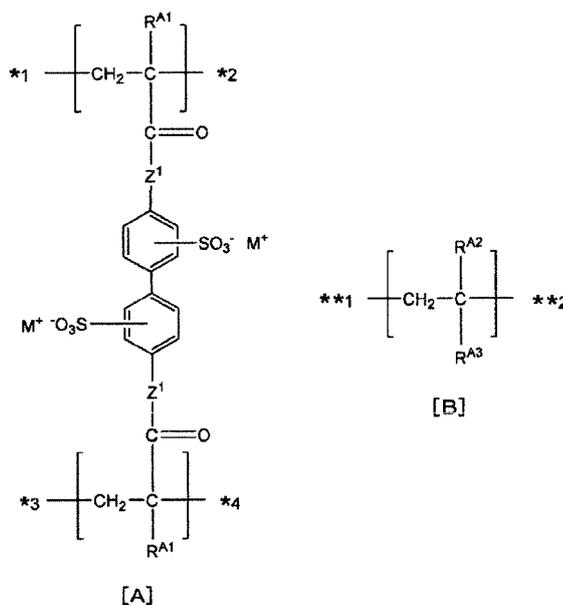
Fórmula (PI)



en la Fórmula (PI), R<sup>A1</sup> representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo; Z<sup>1</sup> representa -O- o -NRa-, en el que Ra representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo; y M<sup>+</sup> representa un ion de hidrógeno o un ion de metal alcalino.

5 (13) La membrana polimérica funcional de acuerdo con (12), en la que el polímero es un polímero que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (CP1), que contiene al menos las siguientes estructuras parciales [A] y [B]:

Fórmula (CP1)



10

en la que en la Fórmula (CP1), R<sup>A1</sup>, Z<sup>1</sup> y M<sup>+</sup> tienen los mismos significados que R<sup>A1</sup>, Z<sup>1</sup> y M<sup>+</sup> en la Fórmula (PI), respectivamente; y R<sup>A2</sup> representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, y R<sup>A3</sup> representa un grupo orgánico que no tiene un grupo etilénicamente insaturado, en la que uno cualquiera de \*1 a \*4 de al menos una estructura parcial [A] está unido a \*\*1 o \*\*2 de al menos una estructura parcial [B].

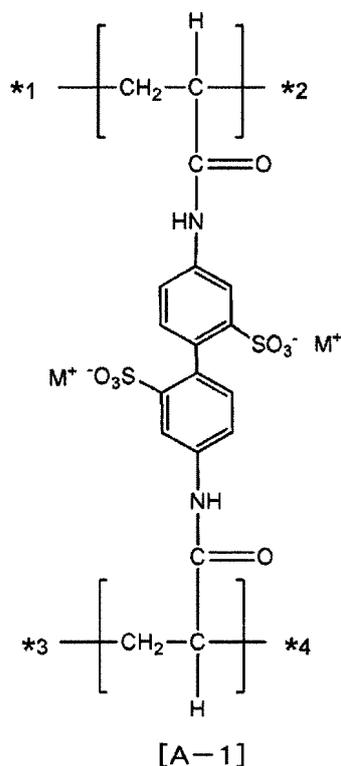
15

(14) La membrana polimérica funcional de acuerdo con (12) o (13), en la que R<sup>A1</sup> y/o R<sup>A2</sup> representa un átomo de hidrógeno y Z<sup>1</sup> representa -NRa-.

(15) La membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (12) a (14), en la que M<sup>+</sup> representa un ion de sodio.

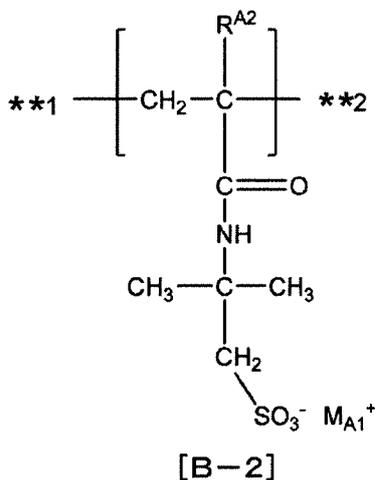
20

(16) La membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (12) a (15), en la que la estructura parcial [A] es la siguiente estructura parcial [A-1]:



en la que, en la estructura parcial [A-1], M<sup>+</sup> representa un ion de hidrógeno o un ion de metal alcalino; y \*1 a \*4 representan sitios de unión.

- 5 (17) La membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (13) a (16), en la que la estructura parcial [B] es la siguiente estructura parcial [B-2]:



- 10 en la que, en la estructura parcial [B-2], R<sup>A2</sup>, \*\*1 y \*\*2 tienen los mismos significados que R<sup>A2</sup>, \*\*1 y \*\*2 en la estructura parcial [B], respectivamente; y M<sub>A1</sub><sup>+</sup> representa un ión de hidrógeno o un ión de metal alcalino.

(18) La membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (12) a (17), en la que la membrana polimérica funcional tiene un espesor de 150 μm o menos.

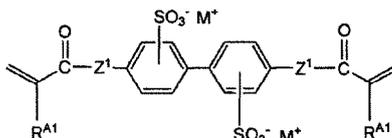
- 15 (19) Una membrana de intercambio iónico equipada con la membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (12) a (18).

(20) Una membrana conductora de protones equipada con la membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (12) a (18).

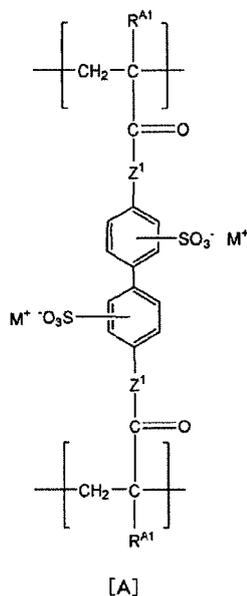
- 20 (21) Un método para producir una membrana polimérica funcional, incluyendo el método la formación de un polímero que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (PI) sometiendo una composición que incluye un compuesto representado por la siguiente Fórmula (MA) a una reacción de polimerización sobre la superficie y/o en los poros de un soporte poroso; y producir de este modo una membrana polimérica funcional

que tiene una resistencia al estallido de 3,0 kg/cm<sup>2</sup> o más:

Fórmula (MA)



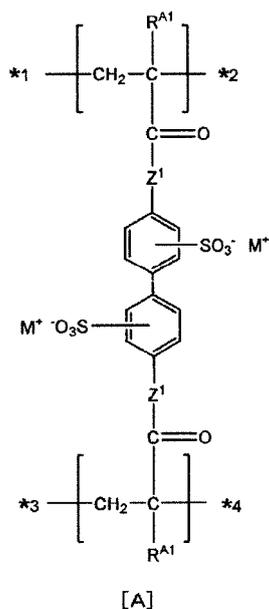
Fórmula (PI)



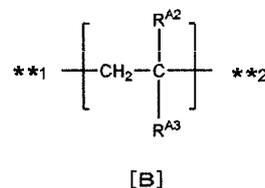
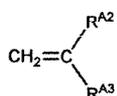
5 en la que, en las Fórmulas (MA) y (PI), R<sup>A1</sup> representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo y Z<sup>1</sup> representa -O- o -NRa-, en el que Ra representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo; y M<sup>+</sup> representa un ion de hidrógeno o un ion de metal alcalino.

10 (22) El método para producir una membrana polimérica funcional de acuerdo con (21), en el que la composición incluye adicionalmente un compuesto representado por la siguiente Fórmula (MB) y un polímero que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (CP1) se forma mediante una reacción de polimerización sobre la superficie y/o en los poros de un soporte poroso para producir una membrana polimérica funcional que tiene una resistencia al estallido de 3,0 kg/cm<sup>2</sup> o más:

Fórmula (CP1)



Fórmula (MB)



15 en la que, en las Fórmulas (MB) y (CP1), R<sup>A1</sup>, Z<sup>1</sup> y M<sup>+</sup> tienen los mismos significados que R<sup>A1</sup>, Z<sup>1</sup> y M<sup>+</sup> en la Fórmula (PI), respectivamente, y R<sup>A2</sup> representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo; R<sup>A3</sup> representa un grupo orgánico que no tiene ningún grupo etilénicamente insaturado, en la que uno cualquiera de \*1 a \*4 de al menos una estructura parcial [A] está unido a \*\*1 o \*\*2 de al menos una estructura parcial [B].

(23) El método para producir una membrana polimérica funcional de acuerdo con (21) o (22), en el que cuando el número de moles de todos los compuestos polimerizables incluidos en la composición se designa como 100, el número de moles incluidos en el compuesto representado por la Fórmula (MA) es de 28 o más.

(24) El método para producir una membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (21) a (23), en el que la composición incluye un disolvente y el contenido del disolvente es del 5 % al 50 % en masa.

(25) El método para producir una membrana polimérica funcional de acuerdo con uno cualquiera de (21) a (24), en el que la reacción de polimerización se realiza en condiciones de irradiación de radiación ultravioleta o un haz de electrones, calentamiento o una combinación de los mismos.

De acuerdo con la presente memoria descriptiva, la membrana polimérica funcional que tiene un soporte poroso es una membrana compuesta funcional.

La "resistencia al estallido" como se usa en el presente documento se refiere a la resistencia medida con un aparato de ensayo de resistencia al estallido de tipo Mullen.

El símbolo "~" como se usa en el presente documento tiene por objeto incluir los valores numéricos descritos antes y después del símbolo como valor límite inferior y valor límite superior. Además, un "grupo disociable" se refiere a un grupo que puede descomponerse reversiblemente como los átomos componentes, los iones, los grupos atómicos o similares del mismo.

De acuerdo con la invención, la descripción "(met)acrilato" o similar significa  $-C(=O)CH=CH_2$  y  $-C(=O)C(CH_3)=CH_2$ , o al menos uno de entre  $-C(=O)CH=CH_2$  y  $-C(=O)C(CH_3)=CH_2$ . "(Met)acrilamida" representa acrilamida y metacrilamida, o al menos uno de entre acrilamida y metacrilamida, y "(met)acrilato" representa acrilato y metacrilato, o al menos uno de entre acrilato y metacrilato.

Además, en las diversas fórmulas, a menos que se indique en particular otra cosa, cuando existen grupos plurales asignados con el mismo símbolo, estos grupos pueden ser idénticos o diferentes entre sí, y de forma similar, cuando hay repeticiones de estructuras parciales plurales, estas repeticiones significan repeticiones idénticas y una mezcla de repeticiones que son diferentes en un grado definido.

Además, con respecto a los isómeros geométricos que son estilos de sustitución de dobles enlaces en las diversas fórmulas, por comodidad de indicación, incluso si se describe uno de los isómeros, a menos que se indique en particular otra cosa, el isómero geométrico puede ser una forma E, una forma Z, o puede haber una mezcla de las mismas.

La membrana polimérica funcional de la invención tiene una excelente capacidad para suprimir el aumento del coeficiente de permeabilidad al agua y tiene una permeoselectividad iónica, una resistencia eléctrica de la membrana, una resistencia al pH y una durabilidad excelentes, o una alta resistencia al estallido. La membrana polimérica funcional de la invención puede usarse en una amplia gama de aplicaciones y puede usarse adecuadamente en particular para membranas de intercambio iónico y/o membranas conductoras de protones. Además, de acuerdo con la invención, puede proporcionarse un aparato de intercambio iónico que use la membrana polimérica funcional pertinente.

Las características y ventajas descritas anteriormente y otras características y ventajas de la invención quedarán más claras a partir de las descripciones que se proporcionan a continuación, con la referencia apropiada al dibujo adjunto.

#### Breve descripción del dibujo

La Fig. 1 es un diagrama esquemático de los canales de flujo de un aparato para medir el coeficiente de permeabilidad al agua de una membrana.

#### Descripción de las realizaciones preferidas

La membrana polimérica funcional de la invención (en lo sucesivo en el presente documento puede denominarse simplemente "membrana") contiene al menos un polímero que tiene una estructura representada por la Fórmula (I).

La membrana de la invención se forma sometiendo una composición que incluye (A) un compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) como componente esencial y, opcionalmente, que incluye adicionalmente (B) otro compuesto polimerizable monofuncional, (C) un iniciador de la polimerización, (D) un cosensibilizador, (E) un inhibidor de la polimerización, (F) un disolvente, (G) un compuesto de metal alcalino y similar (en lo sucesivo en el presente documento simplemente denominada "composición para formar una membrana polimérica funcional"), a polimerización y una reacción de curación.

La membrana polimérica funcional de la invención puede usarse para implementar intercambio iónico, célula de combustible, permeación selectiva de iones, conducción de protones, retirada de agregados de proteínas o virus y

similares. En lo sucesivo en el presente documento, se describirán realizaciones preferidas de la invención tomando un ejemplo del caso en el que la membrana polimérica funcional tiene una función como membrana de intercambio catiónico.

5 La membrana polimérica funcional de la invención es una membrana de intercambio catiónico.

El espesor de la membrana es, incluyendo el soporte, preferentemente inferior a 200  $\mu\text{m}$ , más preferentemente de 5 a 180  $\mu\text{m}$  y mucho más preferentemente de 10 a 150  $\mu\text{m}$ . El espesor de la membrana como se usa en el presente documento es el espesor de la membrana en un estado en el que la membrana se ha impregnado y saturado con una solución acuosa de NaCl 0,5 M.

La membrana polimérica funcional de la invención tiene una capacidad de intercambio iónico de preferentemente 0,5 meq/g o más, más preferentemente 0,8 meq/g o más y, en particular, preferentemente 1,2 meq/g o más, con respecto a la masa seca total de la membrana incluyendo un soporte poroso opcional y un material de refuerzo poroso opcional.

La membrana polimérica funcional de la invención tiene una densidad de carga de preferentemente 20 meq/m<sup>2</sup> o más, más preferentemente 30 meq/m<sup>2</sup> o más y, en particular, preferentemente 40 meq/m<sup>2</sup> o más, con respecto al área de la membrana seca. En este caso, meq significa miliequivalentes.

Con respecto a la membrana polimérica funcional de la invención, la permeoselectividad catiónica para un catión tal como Na<sup>+</sup> es preferentemente superior a 0,9, más preferentemente superior a 0,93, aún más preferentemente superior a 0,95, en particular preferentemente superior a 0,96 y mucho más preferentemente superior a 0,97, y se prefiere en particular que la permeoselectividad catiónica se aproxime al valor teórico, 1,0.

La resistencia eléctrica de la membrana polimérica funcional (resistencia de la membrana) de la invención es preferentemente inferior a 10  $\Omega\cdot\text{cm}^2$ , más preferentemente inferior a 5  $\Omega\cdot\text{cm}^2$  y mucho más preferentemente inferior a 3  $\Omega\cdot\text{cm}^2$ . Se prefiere una resistencia eléctrica más baja y se prefiere tener un valor que sea el más bajo en un intervalo realizable, en vista de proporcionar los efectos de la invención.

La relación de hinchamiento (relación de cambio dimensional provocada por el hinchamiento) en agua de la membrana polimérica funcional de la invención es preferentemente inferior al 30 %, más preferentemente inferior al 15 % y mucho más preferentemente inferior al 8 %. La relación de hinchamiento puede controlarse seleccionando los parámetros apropiados en la etapa de polimerización y curado.

La cantidad de absorción de agua de la membrana polimérica funcional de la invención es preferentemente inferior al 70 %, más preferentemente inferior al 50 % y, en particular, preferentemente inferior al 40 %, con respecto a la masa de la membrana seca.

La resistencia eléctrica, la permeoselectividad y la relación de hinchamiento en agua de la membrana pueden medirse mediante los métodos que se describen en Membrane Science, 319, 217-218 (2008); y Masayuki Nakagaki, Maku-gaku Jikken Ho (Experimentación en Membranología), págs. 193-195 (1984).

El coeficiente de permeabilidad al agua de la membrana polimérica funcional de la invención es preferentemente de  $14 \times 10^{-5}$  ml/m<sup>2</sup>/Pa/h o más, más preferentemente de  $12 \times 10^{-5}$  ml/m<sup>2</sup>/Pa/h o menos, en particular preferentemente de  $10 \times 10^{-5}$  ml/m<sup>2</sup>/Pa/h o menos y mucho más preferentemente de  $5 \times 10^{-5}$  ml/m<sup>2</sup>/Pa/h o menos.

Se prefiere que la membrana polimérica funcional de la invención tenga una alta permeabilidad iónica, que se representa por  $1 / \text{resistencia de la membrana}$  y un coeficiente de permeabilidad al agua bajo.

En la presente invención, la permeabilidad iónica y el coeficiente de permeabilidad al agua no se tienen en cuenta individualmente y, en la práctica, se consigue un equilibrio entre el aumento de la permeabilidad iónica y la disminución del coeficiente de permeabilidad al agua. Por este motivo, la comparación de las relaciones entre el coeficiente de permeabilidad al agua y la permeabilidad iónica (coeficiente de permeabilidad al agua/permeabilidad iónica) es eficaz como criterio de evaluación.

Se prefiere un valor más bajo de la relación de coeficiente de permeabilidad al agua/permeabilidad iónica.

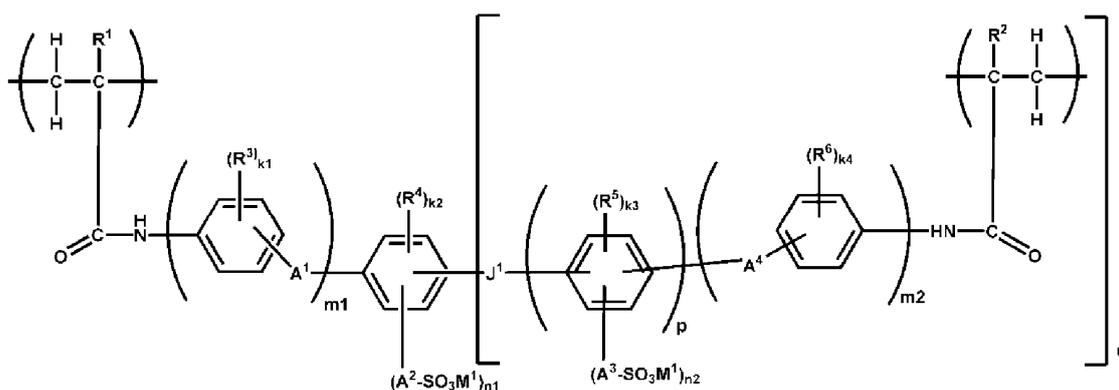
El peso molecular promedio en masa del polímero que constituye la membrana polimérica funcional de la invención es de varios cientos de miles o más porque se ha conseguido la reticulación tridimensional, y el peso molecular promedio en masa no puede medirse sustancialmente. En general, el peso molecular promedio en masa se considera ilimitado.

A continuación, la invención se describirá en detalle basándose en sus realizaciones preferidas.

65 Cuando se usa la palabra "compuesto" o la expresión "resina de" al principio de una expresión, o se indica un

compuesto particular con su nombre o fórmula, si el compuesto pertinente tiene una estructura parcial disociable en la fórmula estructural química además del propio compuesto, el término "compuesto" o la expresión "resina de" se usan para indicar la inclusión de sales y iones del compuesto. Además, cuando se usa la palabra "grupo" delante de una palabra junto con un sustituyente en la presente memoria descriptiva, o cuando un compuesto en particular se denomina por su nombre, está implicado que el grupo o el compuesto puede tener un sustituyente opcional.

La membrana polimérica funcional de la invención contiene al menos un polímero que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (I):



Fórmula (I)

En la Fórmula (I), R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> representan cada uno independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo. El grupo alquilo es un grupo alquilo lineal o ramificado y el número de átomos de carbono es de 1 a 10, más preferentemente de 1 a 5 y, en particular, preferentemente de 1 a 3. Los ejemplos específicos del grupo alquilo incluyen metilo, etilo, isopropilo, *t*-butilo, *n*-octilo, 2-etilhexilo, *n*-decilo y *n*-hexadecilo. El grupo alquilo para R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> puede tener un sustituyente y el sustituyente es preferentemente un grupo seleccionado entre el grupo sustituyente Z que se describirá a continuación.

Preferentemente, R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> representan cada uno independientemente un átomo de hidrógeno o metilo, y se prefiere más un átomo de hidrógeno.

R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup> y R<sup>6</sup> representan cada uno independientemente un sustituyente seleccionado entre un grupo alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo cicloalquilo C<sub>3</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alqueno C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alquino C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo arilo C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo amino C<sub>0</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alcoxi C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo arioxi C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo oxi heterocíclico C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo acilo C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alcoxycarbonilo C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo ariloxycarbonilo C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo aciloxi C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo acilamino C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alcoxycarbonilamino C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo ariloxycarbonilamino C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alquil- o arilsulfonilamino C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo sulfamoilo C<sub>0</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo carbamoilo C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alquilitio C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo ariltio C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo tio heterocíclico C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alquil- o arilsulfonilo C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alquil- o arilsulfinilo C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo ureido C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo amida de ácido fosfórico C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo hidroxilo, un grupo mercapto, un átomo de halógeno, un grupo ciano, un grupo sulfo, un grupo carboxilo, un grupo oxo, un grupo nitro, un grupo hidroxámico, un grupo sulfino, un grupo hidrazino, un grupo imino, un grupo heterocíclico C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo sililo C<sub>3</sub>-C<sub>40</sub> y un grupo sililoxi C<sub>3</sub>-C<sub>40</sub>; k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub> y k<sub>4</sub> representan cada uno independientemente 0 o un número entero. Cuando hay sustituyentes plurales representados por R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup> y R<sup>6</sup>, los sustituyentes plurales representados por R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup> y R<sup>6</sup> pueden ser respectivamente idénticos o diferentes entre sí, o pueden estar unidos entre sí y formar un anillo saturado o insaturado condensado con el anillo de fenilo.

Los ejemplos del sustituyente incluyen grupos seleccionados entre el siguiente grupo sustituyente Z:

un grupo alquilo (un grupo alquilo que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 1 a 10 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen metilo, etilo, isopropilo, *t*-butilo, *n*-octilo, 2-etilhexilo, *n*-decilo y *n*-hexadecilo), un grupo cicloalquilo (un grupo cicloalquilo que tiene preferentemente de 3 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 3 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 3 a 10 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen ciclopropilo, ciclopentilo y ciclohexilo), un grupo alqueno (un grupo alqueno que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 2 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 2 a 10 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen vinilo, alilo, 2-butenilo y 3-pentenilo), un grupo alquino (un grupo alquino que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 2 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 2 a 10 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen propargilo y 3-pentinilo), un grupo arilo (un grupo arilo que tiene preferentemente de 6 a 30 átomos de carbono, más

preferentemente de 6 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 6 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen fenilo, p-metilfenilo, naftilo y antranoilo), un grupo amino (que incluye un grupo amino, un grupo alquilamino y un grupo arilamino); un grupo amino que tiene preferentemente de 0 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 0 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 0 a 10 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen amino, metilamino, dimetilamino, dietilamino, dibencilamino, difenilamino y ditolilamino), un grupo alcoxi (un grupo alcoxi que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 1 a 10 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen metoxi, etoxi, butoxi y 2-etilhexiloxi), un grupo ariloxi (un grupo ariloxi que tiene preferentemente de 6 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 6 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 6 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen feniloxi, 1-naftiloxi y 2-naftiloxi), un grupo oxo heterocíclico (un grupo oxo heterocíclico preferentemente que tiene de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 2 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 2 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen piridiloxi, piraziloxi, pirimidiloxi y quinoliloxi), un grupo acilo (un grupo acilo que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 1 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen acetilo, benzoilo, formilo y pivaloilo), un grupo alcoxycarbonilo (un grupo alcoxycarbonilo que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 2 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 2 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen metoxycarbonilo y etoxycarbonilo), un grupo ariloxycarbonilo (un grupo ariloxycarbonilo que tiene preferentemente de 7 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 7 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 7 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen feniloxycarbonilo), un grupo aciloxi (un grupo aciloxi que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 2 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 2 a 10 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen acetoxi y benzoiloxi), un grupo acilamino (un grupo acilamino que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 2 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 2 a 10 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen acetilamino y benzoilamino), un grupo alcoxycarbonilamino (un grupo alcoxycarbonilamino que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 2 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 2 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen metoxycarbonilamino), un grupo ariloxycarbonilamino (un grupo ariloxycarbonilamino que tiene preferentemente de 7 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 7 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 7 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen feniloxycarbonilamino), un grupo alquil- o arilsulfonilamino (preferentemente que tiene de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 1 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen metanosulfonilamino y bencenosulfonilamino), un grupo sulfamoilo (incluyendo un grupo sulfamoilo y un grupo alquil- o arilsulfamoilo; un grupo sulfamoilo que tiene preferentemente de 0 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 0 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 0 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen sulfamoilo, metilsulfamoilo, dimetilsulfamoilo y fenilsulfamoilo), un grupo carbamoilo (que incluye un grupo carbamoilo y un grupo alquil- o arilcarbamoilo; un grupo carbamoilo que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 1 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen carbamoilo, metilcarbamoilo, dietilcarbamoilo y fenilcarbamoilo), un grupo alquiltio (un grupo alquiltio que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 1 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen metiltio y etiltio), un grupo ariltio (un grupo ariltio que tiene preferentemente de 6 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 6 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 6 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen feniltio), un grupo tio heterocíclico (un grupo tio heterocíclico que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 2 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 2 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen piridiltio, 2-bencimidazoliltio, 2-benzoxazoliltio y 2-benzotiazoliltio), un grupo alquil- o arilsulfonilo (un grupo alquil- o arilsulfonilo que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 1 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen metanosulfonilo y bencenosulfonilo), un grupo ureido (un grupo ureido que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 1 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen ureido, metilureido y fenilureido), un grupo amida de ácido fosfórico (un grupo amida de ácido fosfórico que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 20 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 1 a 12 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen amida de ácido dietilfosfórico y amida de ácido fenilfosfórico), un grupo hidroxilo, un grupo mercapto, un átomo de halógeno (los ejemplos incluyen un átomo de flúor, un átomo de cloro, un átomo de bromo y un átomo de yodo, y se prefiere más un átomo de flúor), un grupo ciano, un grupo sulfo, un grupo carboxilo, un grupo oxo, un grupo nitro, un grupo ácido hidroxámico, un grupo sulfino, un grupo hidrazino, un grupo imino, un grupo heterocíclico (un grupo heterocíclico que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono y más preferentemente de 1 a 12 átomos de carbono, y el heteroátomo que constituye el anillo es preferentemente, por ejemplo, un átomo de nitrógeno, un átomo de oxígeno, y un átomo de azufre; los ejemplos específicos incluyen imidazolilo, piridilo, quinolilo, furilo, tienilo,

piperidilo, morfolino, benzoxazolilo, benzoimidazolilo, benzotiazolilo, carbazolilo y azepinilo), un grupo sililo (un grupo sililo que tiene preferentemente de 3 a 40 átomos de carbono, más preferentemente de 3 a 30 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 3 a 24 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen trimetilsililo y trifenilsililo) y un grupo sililo (un grupo sililo que tiene preferentemente de 3 a 40 átomos de carbono, más preferentemente de 3 a 30 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 3 a 24 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen trimetilsililo y trifenilsililo). Estos sustituyentes pueden estar sustituidos adicionalmente con uno o más sustituyentes seleccionados entre el grupo sustituyente Z anterior.

Paralelamente, de acuerdo con la invención, cuando existen sustituyentes plurales en un sitio estructural, esos sustituyentes pueden estar unidos entre sí y formar un anillo, o pueden formar un anillo condensado con una porción o la totalidad de los sitios estructurales descritos anteriormente y, por tanto, formar un anillo aromático o un anillo heterocíclico insaturado.

A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, A<sup>3</sup> y A<sup>4</sup> representan cada uno independientemente un enlace sencillo o un grupo enlazador divalente. Los ejemplos del grupo enlazador divalente incluyen un grupo alquileo lineal, ramificado o cíclico (un grupo alquileo que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 12 átomos de carbono y aún más preferentemente de 1 a 4 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen metileno, etileno, propileno, butileno, pentileno, hexileno, octileno y decileno; paralelamente, en el caso de un grupo alquileo cíclico, es decir, un grupo cicloalquileo, se prefiere un grupo cicloalquileo que tenga preferentemente de 3 a 12 átomos de carbono, más preferentemente de 3 a 8 átomos de carbono y aún más preferentemente de 3 a 6 átomos de carbono), un grupo alquileo lineal, ramificado o cíclico (un grupo alquileo que tiene preferentemente de 2 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 2 a 12 átomos de carbono y aún más preferentemente de 2 a 4 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen etenileno y propenileno; paralelamente, el grupo alquileo cíclico es preferentemente un grupo cicloalquileo que tiene un anillo de 5 miembros o de 6 miembros), un grupo alquilenoxi (un grupo alquilenoxi que tiene preferentemente de 1 a 30 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 12 átomos de carbono y aún más preferentemente de 1 a 4 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen metileno, etileno, propileno, butileno, pentileno, hexileno, octileno y decileno), un grupo aralquileo (un grupo aralquileo que tiene preferentemente de 7 a 30 átomos de carbono y más preferentemente de 7 a 13 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen bencilideno y cinamilideno), un grupo arileno (un grupo arileno que tiene preferentemente de 6 a 30 átomos de carbono y más preferentemente de 6 a 15 átomos de carbono, y los ejemplos incluyen fenileno, cumenileno, mesitileno, toлилeno y xileno), un grupo éter (-O-), un grupo tioéter (-S-), un grupo sulfonilo (-SO<sub>2</sub>-) y un grupo carbonilo (-C(=O)-). Estos pueden tener adicionalmente un sustituyente. Además, el sustituyente es preferentemente un grupo hidroxilo o un átomo de halógeno.

M<sup>1</sup> representa un ion de hidrógeno, un ion de base orgánica o un ion de metal. Los ejemplos de los iones de base orgánica incluyen iones de base orgánica seleccionados entre iones de amonio (por ejemplo, amonio, metilamonio, dimetilamonio, trimetilamonio, dietilamonio, trietilamonio y dibencilamonio) y iones heterocíclicos orgánicos (se prefiere un ión heterocíclico que contenga nitrógeno y el anillo heterocíclico en el ion heterocíclico que contiene nitrógeno es preferentemente un anillo de 5 miembros o de 6 miembros y puede ser cualquiera de entre un anillo aromático o un anillo heterocíclico simple; el anillo heterocíclico también puede condensarse con otro anillo tal como un anillo de benceno, o puede formar un anillo espiro o un anillo unido; los ejemplos incluyen piridinio, N-metilimidazol, N-metilmorfolino, 1,8-diazabicyclo[5.4.0]-7-undecano, 1,8-diazabicyclo[4.3.0]-7-noneno y guanidino). Los ejemplos del ion de metal incluyen iones de metal seleccionados entre iones de metal alcalino (por ejemplo, ion de litio, ion de sodio y ion de potasio) y iones de metal alcalinotérreo (por ejemplo, ion de berilio, ion de magnesio y ion de calcio) y se prefiere un ion de metal alcalino. Cuando existen M<sup>1</sup> plurales, los M<sup>1</sup> plurales puede ser idénticos o diferentes entre sí.

M<sup>1</sup> es preferentemente un ion de hidrógeno, un ion de base orgánica o un ion de metal alcalino, y se prefiere más un ion de hidrógeno, un ion heterocíclico orgánico, un ion de litio, un ion de sodio o un ion de potasio, aunque más preferentemente, se prefiere en particular un ion de hidrógeno, piridinio, N-alquilmorfolino (preferentemente, N-metilmorfolino), N-alquylimidazol (preferentemente, N-metilimidazol), un ion de litio o un ion de sodio.

n<sub>1</sub> y n<sub>2</sub> representan cada uno independientemente un número entero de 1 a 4 y m<sub>1</sub> y m<sub>2</sub> representan cada uno 0 o 1.

n<sub>1</sub> y n<sub>2</sub> son cada uno independientemente preferentemente de 1 a 3, más preferentemente 1 o 2 y, en particular, preferentemente 1. m<sub>1</sub> y m<sub>2</sub> son cada uno 0 o 1 y preferentemente 0.

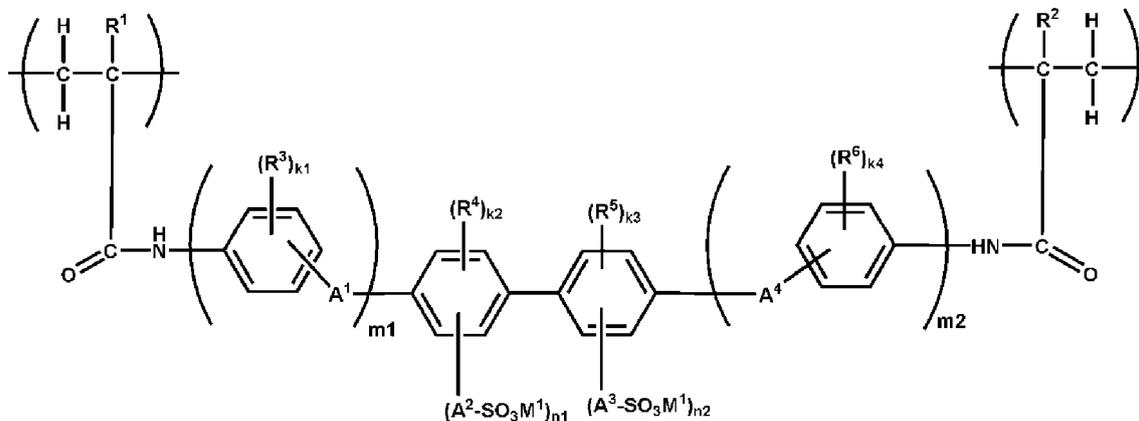
J<sup>1</sup> representa un enlace sencillo, -O-, -S-, -SO<sub>2</sub>-, -CO-, -CR<sup>8</sup>R<sup>9</sup>- o un grupo alquileo y R<sup>8</sup> y R<sup>9</sup> representan cada uno independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo metilo o un átomo de flúor.

J<sup>1</sup> es preferentemente un enlace sencillo, -O-, -S-, -SO<sub>2</sub>-, -CO-, -CR<sup>8</sup>R<sup>9</sup>- o un grupo alquileo (preferentemente, un grupo etileno); más preferentemente un enlace sencillo, -SO<sub>2</sub>-, -CR<sup>8</sup>R<sup>9</sup>- o un grupo alquileo; y, en particular, preferentemente un enlace sencillo.

p representa un número entero de 1 o más y es preferentemente de 1 a 5, más preferentemente de 1 a 3 y, en

particular, preferentemente 1. q representa un número entero de 0 a 4 y es preferentemente de 0 a 3, más preferentemente de 0 a 2 y, en particular, preferentemente 0 o 1.

El polímero que contiene una estructura representada por la Fórmula (I) es preferentemente un polímero que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (III):



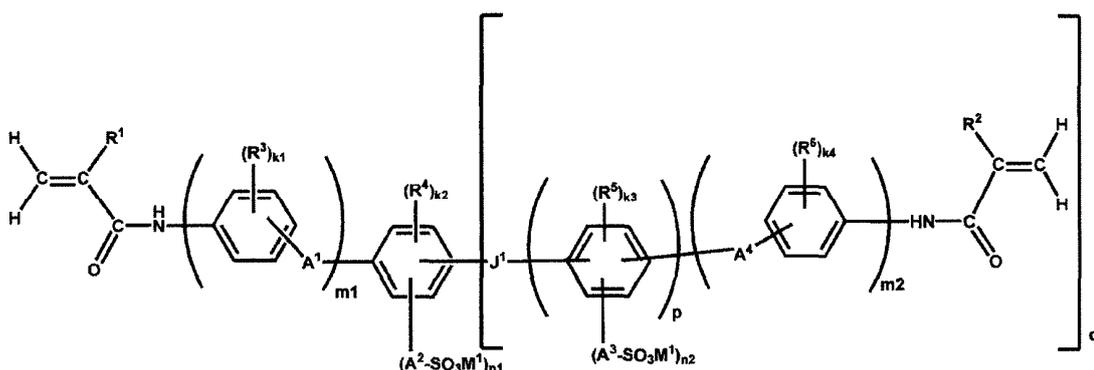
Fórmula (III)

en la que en la Fórmula (III),  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$ ,  $R^6$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $k_4$ ,  $A^1$ ,  $A^2$ ,  $A^3$ ,  $A^4$ ,  $M^1$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $m_1$  y  $m_2$  tienen los mismos significados que  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$ ,  $R^6$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $k_4$ ,  $A^1$ ,  $A^2$ ,  $A^3$ ,  $A^4$ ,  $M^1$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $m_1$  y  $m_2$  en la Fórmula (I), respectivamente, y los intervalos preferidos también son iguales.

En lo sucesivo en el presente documento, se explicarán el componente (A) como componente esencial, los componentes (B) a (G) como componentes opcionales y otros componentes incluidos en la composición para formar una membrana polimérica funcional de acuerdo con la invención y el soporte.

(A) Compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II)

La membrana polimérica funcional de la invención se forma sometiendo una composición para formar una membrana polimérica funcional, que incluye un compuesto polimerizable representado por la siguiente Fórmula (II), a una reacción de polimerización, es decir, una reacción de polimerización.

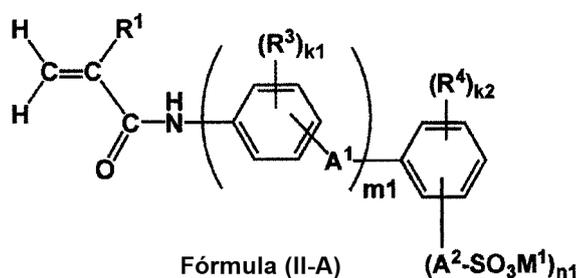


Fórmula (II)

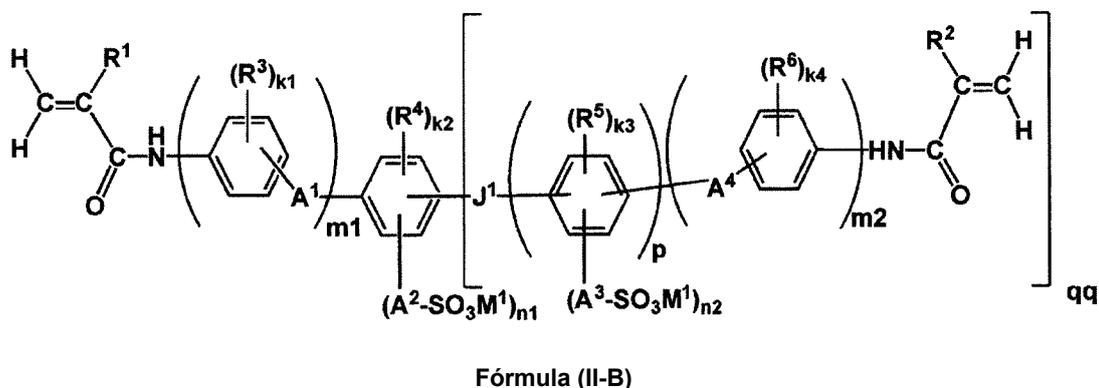
en la que en la Fórmula (II),  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$ ,  $R^6$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $k_4$ ,  $A^1$ ,  $A^2$ ,  $A^3$ ,  $A^4$ ,  $M^1$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $J^1$ ,  $p$  y  $q$  tienen los mismos significados que  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$ ,  $R^6$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $k_4$ ,  $A^1$ ,  $A^2$ ,  $A^3$ ,  $A^4$ ,  $M^1$ ,  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $J^1$ ,  $p$  y  $q$  en la Fórmula (I), respectivamente, y los intervalos preferidos también son iguales.

Entre los compuestos polimerizables representados por la Fórmula (II), un compuesto en el que  $q$  es 0, es un compuesto polimerizable monofuncional y tiene por objeto introducir un grupo aniónico en el polímero. Se prefiere usar el compuesto relevante en combinación con un compuesto polimerizable polifuncional divalente o de mayor valencia (también denominado agente de reticulación).

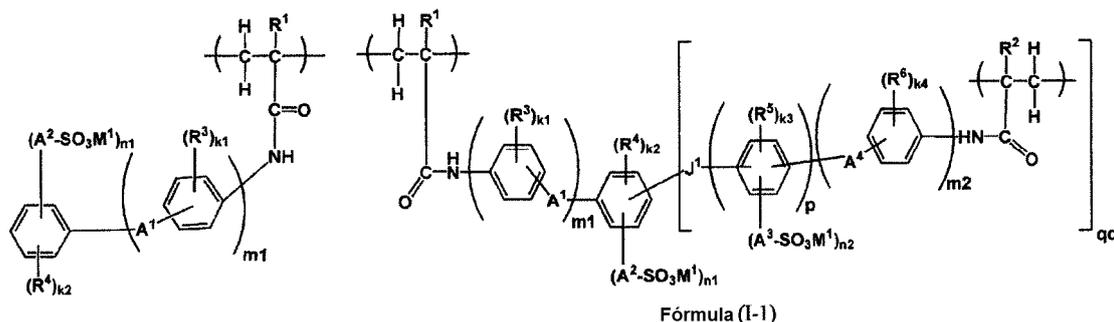
- El compuesto polimerizable polifuncional divalente o de mayor valencia puede ser, entre los compuestos polimerizables representados por la Fórmula (II), un compuesto polimerizable en el que q representa un número entero de 1 a 4, o puede ser otro compuesto polimerizable polifuncional divalente o de mayor valencia; sin embargo, entre los compuestos polimerizables representados por la Fórmula (II), se prefiere un compuesto polimerizable en el que q representa un número entero de 1 a 4. Además, de acuerdo con la invención, se prefiere una membrana polimérica funcional obtenida sometiendo un compuesto polimerizable monofuncional en el que q en la Fórmula (II) es 0, y un compuesto polimerizable polifuncional en el que q en la Fórmula (II) es 1, 2, 3 o 4, a una reacción de polimerización.
- Entre los compuestos polimerizables representados por la Fórmula (II), un compuesto en el que q representa un número entero de 1 a 4 es un compuesto polimerizable polifuncional y es útil para introducir un grupo aniónico en el polímero, o es útil como agente de reticulación para obtener resistencia de la membrana de la membrana polimérica funcional simultáneamente con la introducción de un grupo aniónico.
- En este caso, el compuesto polimerizable en el que q es 0 está representado por la siguiente Fórmula (II-A) y el compuesto polimerizable en el que q representa un número entero de 1 a 4 está representado por la siguiente Fórmula (II-B):



20



- en la que en las Fórmulas (II-A) y (II-B), mientras qq representa un número entero de 1 a 4, los grupos respectivos restantes tienen los mismos significados que los grupos correspondientes en la Fórmula (II) y los intervalos preferidos de los mismos también son iguales.
- En este caso, el polímero formado sometiendo el compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II-A) y el compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II-B) a una reacción de polimerización, es decir, una reacción de curado por polimerización, forma un copolímero y se transmite con una unidad estructural derivada del compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II-A) como compañero de copolimerización. Por tanto, el polímero se representa como un polímero que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (1-1):

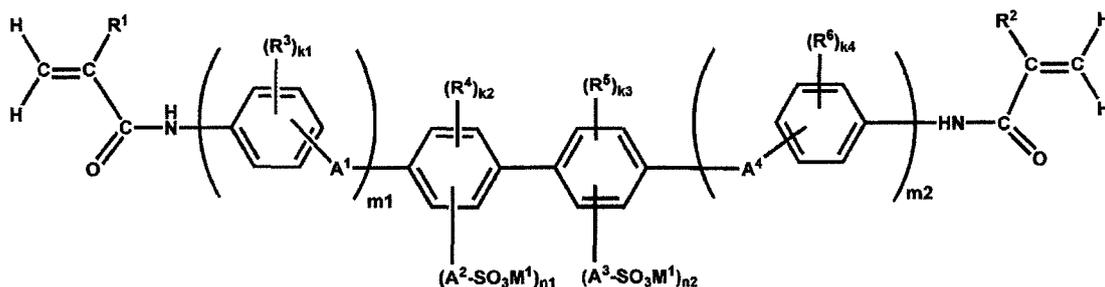


en la que en la Fórmula (I-1), los diversos sustituyentes tienen todos los mismos significados que los sustituyentes pertinentes en las Fórmulas (II-A) y (II-B), respectivamente, y los intervalos preferidos también son iguales.

5 Paralelamente, la relación de combinación del compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II-A) y el compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II-B) es, como relación molar, preferentemente de 5:95 a 95:5, más preferentemente de 20:80 a 80:20 y, en particular, preferentemente de 30:70 a 70:30.

10 Como tal, cuando se copolimeriza un compuesto polimerizable en el que q es 0 y un compuesto polimerizable en el que q es 1 o más, esto se prefiere porque puede obtenerse una membrana que tenga un coeficiente de permeabilidad al agua bajo y una excelente resistencia mecánica.

15 El compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) es más preferentemente un compuesto polimerizable representado por la siguiente Fórmula (IV):

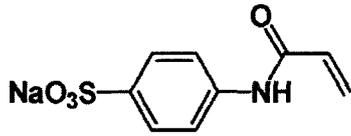


20 en la que en la Fórmula (IV), R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup>, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub>, k<sub>4</sub>, A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, A<sup>3</sup>, A<sup>4</sup>, M<sup>1</sup>, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, m<sub>1</sub> y m<sub>2</sub> tienen los mismos significados que R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup>, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub>, k<sub>4</sub>, A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, A<sup>3</sup>, A<sup>4</sup>, M<sup>1</sup>, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, m<sub>1</sub> y m<sub>2</sub> en la Fórmula (II), respectivamente, y los intervalos preferidos también son iguales.

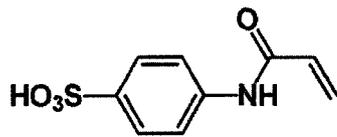
25 Se prefiere que la membrana polimérica funcional de la invención tenga un soporte con porosidad (de acuerdo con la presente memoria descriptiva, también denominado "soporte poroso") y se prefiere que un polímero que contiene al menos una estructura representada por la Fórmula (I) se forme al menos sobre la superficie de este soporte poroso.

30 A continuación, se desvelan ejemplos específicos preferidos del compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) de acuerdo con la invención; sin embargo, la invención no pretende limitarse a los mismos.

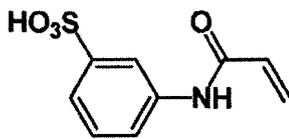
35 Paralelamente, M-1 a M-10 son compuestos polimerizables monofuncionales y actúan como monómeros para introducir grupos aniónicos, y M-11 a M-22 son compuestos polimerizables polifuncionales y actúan como monómeros para introducir grupos aniónicos o como agentes de reticulación que también actúan como monómeros para la introducción de grupos aniónicos.



**M-1**



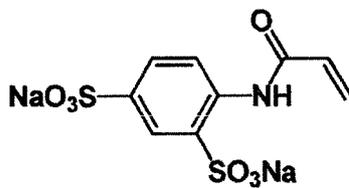
**M-2**



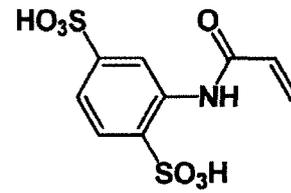
**M-3**



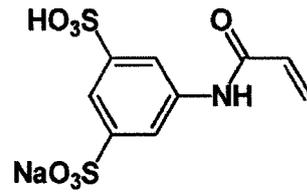
**M-4**



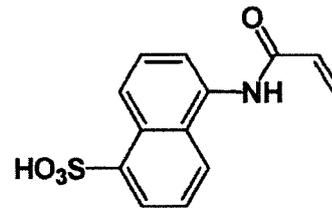
**M-5**



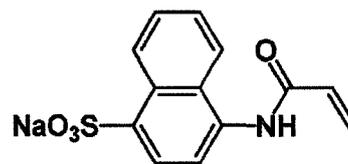
**M-6**



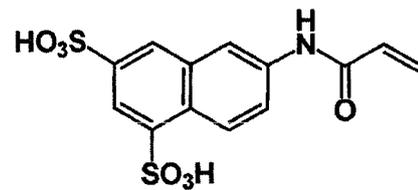
**M-7**



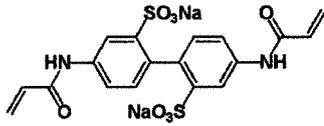
**M-8**



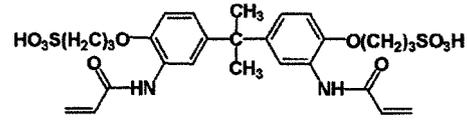
**M-9**



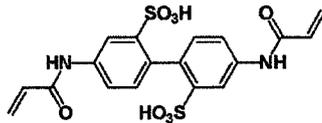
**M-10**



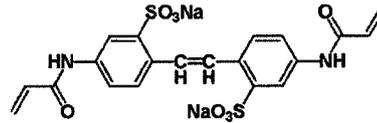
M-11



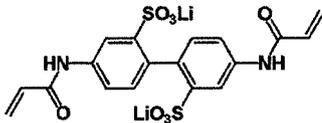
M-16



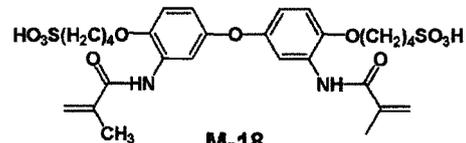
M-12



M-17

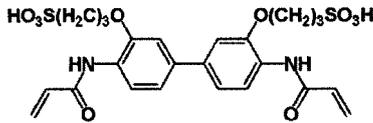


M-13

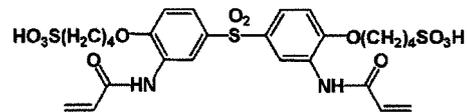


M-18

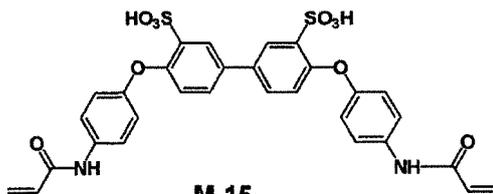
5



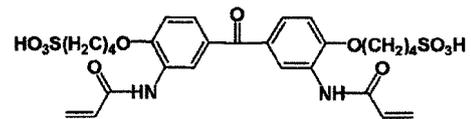
M-14



M-19

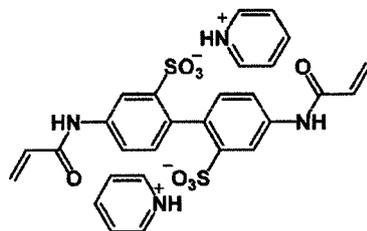


M-15



M-20

10



M-21



M-22

15

El contenido del compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) es preferentemente de 1 % al 95 % en masa, más preferentemente del 10 % al 60 % en masa y aún más preferentemente del 15 % al 30 % en masa, con respecto a la masa total del contenido de sólidos de la composición para formar una membrana polimérica funcional.

Cuando el contenido está en el intervalo preferido, se obtienen la capacidad de curado deseada y una resistencia al pH, una resistencia mecánica y una flexibilidad excelentes.

20

(B) Otros compuestos polimerizables monofuncionales

De acuerdo con la invención, el polímero que tiene una estructura representada por la Fórmula (I) puede ser un copolímero del compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) del componente (A) y otro compuesto polimerizable monofuncional del componente (B).

- 5 En este caso, el otro compuesto polimerizable monofuncional del componente (B) sirve para regular la hidrofobia, la hidrofilia y la densidad de reticulación de la membrana con el fin de regular la permeabilidad al agua de la membrana polimérica funcional de la invención o la resistencia eléctrica de la membrana.

10 El "otro compuesto polimerizable monofuncional" se refiere a un compuesto polimerizable monofuncional que tiene una estructura química que es diferente de la del compuesto polimerizable, en particular un compuesto polimerizable monofuncional, representado por la Fórmula (II).

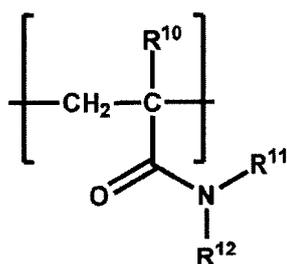
15 Los ejemplos de dichos otros compuestos polimerizables monofuncionales incluyen monómeros conocidos tales como ésteres de ácido acrílico, ésteres de ácido metacrílico, acrilamidas, metacrilamidas, ésteres vinílicos, estirenos, ácido acrílico, ácido metacrílico, acrilonitrilo, anhídrido maleico e imida de ácido maleico. Cuando estos monómeros se copolimerizan, pueden mejorarse diversas propiedades físicas tales como propiedades de formación de película, resistencia de membrana, hidrofilia, hidrofobia, solubilidad, reactividad y estabilidad. Con respecto al método para sintetizar los monómeros, por ejemplo, puede hacerse referencia a elementos tales como la síntesis de ésteres en "Lectures on Experimental Science, 5ª edición, Vol. 16, Synthesis of Organic Compounds (II-1)", editado por Maruzen Co., Ltd. o elementos tales como el manejo y purificación de monómeros en "Lectures on Experimental Science, 5ª edición, Vol. 26, Polymer Chemistry".

25 Entre estas, en vista de la estabilidad y la resistencia al pH de la membrana polimérica funcional obtenida de este modo, se prefiere un compuesto que no tenga un enlace éster, un compuesto de (met)acrilamida, un compuesto de vinil éter, un compuesto de vinilo aromático, un compuesto de N-vinilo (un monómero polimerizable que tiene un enlace amida) y un compuesto de alilo, y se prefiere en particular un compuesto de (met)acrilamida.

30 Los ejemplos de otros compuestos polimerizables monofuncionales incluyen los compuestos descritos en los documentos JP2008-208190A y JP2008-266561A. Estos compuestos polimerizables monofuncionales tienen preferentemente un grupo disociable, como se describirá a continuación, con el fin de transmitir funciones a la membrana polimérica.

35 Por ejemplo, con respecto a un compuesto de (met)acrilato, también se prefiere uno que tenga un sustituyente (los ejemplos preferidos del sustituyente incluyen los sustituyentes que se describen a continuación) en el resto alcohol del éster y, en particular, uno que tenga un grupo disociable en el resto alquilo del alcohol.

40 Con respecto a la producción de la membrana polimérica funcional de la invención, cuando se usa un compuesto polimerizable monofuncional que tiene una estructura de (met)acrilamida como otro compuesto polimerizable monofuncional, se prefiere que el polímero incluido en esta membrana polimérica funcional tenga una estructura representada por la siguiente Fórmula (V):



Fórmula (V)

45 en la que en la Fórmula (V), R<sup>10</sup> representa un átomo de hidrógeno o metilo; R<sup>11</sup> representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo sustituido o sin sustituir; R<sup>12</sup> representa un grupo alquilo sustituido o sin sustituir; y R<sup>11</sup> y R<sup>12</sup> pueden unirse entre sí y formar un anillo.

50 R<sup>10</sup> es preferentemente un átomo de hidrógeno.

El número de átomos de carbono del grupo alquilo para R<sup>11</sup> y R<sup>12</sup> es preferentemente de 1 a 18, más preferentemente de 1 a 12 y, en particular, preferentemente de 1 a 6. Los ejemplos del mismo incluyen metilo, etilo, n-propilo, isopropilo, n-butilo, t-butilo, n-pentilo, n-hexilo, 2-etilhexilo, n-octilo, t-octilo, n-decilo y n-octadecilo.

55 Estos grupos alquilo son preferentemente grupos alquilo lineales o ramificados y un grupo alquilo de este tipo puede

tener un sustituyente.

Los ejemplos del sustituyente para el grupo alquilo incluyen un grupo hidroxilo, un grupo sulfo o una sal del mismo, un grupo carboxilo o una sal del mismo, un grupo onio (amoníaco, piridinio, sulfonio o similares), un átomo de halógeno, un grupo alquilo, un grupo arilo, un grupo heterocíclico, un grupo alcoxi, un grupo ariloxi, un grupo alquiltio, un grupo ariltio, un grupo amino (que incluye un grupo amino, un grupo alquilamino, un grupo arilamino y un grupo amino heterocíclico), un grupo amida, un grupo sulfonamida, un grupo carbamoilo, un grupo sulfamoilo, un grupo acilo y un grupo ciano.

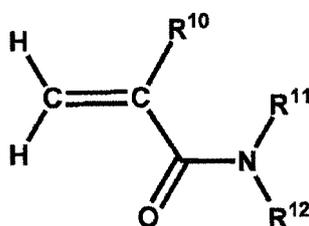
De acuerdo con la invención, en particular con el fin de transmitir funciones a la membrana polimérica, también se prefiere que las funciones se transmitan por medio del sustituyente de este grupo alquilo. Por tanto, entre los sustituyentes descritos anteriormente, se prefieren un grupo dissociable y un sustituyente polar y se prefiere en particular un grupo dissociable.

El grupo dissociable es preferentemente un grupo hidroxilo (en particular, un grupo hidroxilo fenólico o enólico), un grupo sulfo o una sal del mismo, un grupo carboxilo o una sal del mismo, o un grupo ácido fosfórico o una sal del mismo, como se ha descrito anteriormente; y más preferentemente un grupo sulfo o una sal del mismo.

En este caso, los ejemplos preferidos de contracción para el grupo sulfo o el grupo carboxilo incluyen un ion de base orgánica tal como N-metilmorfolinilo o piridinio, o un catión de un átomo de metal alcalino, por ejemplo, un catión de litio, un catión de potasio o un catión de sodio.

El polímero incluido en la membrana polimérica funcional de la invención es preferentemente un copolímero del polímero que tiene una estructura representada por la Fórmula (III) y el polímero que tiene una estructura representada por la Fórmula (V), y la relación de composición es preferentemente de 10:90 a 100:0, más preferentemente de 20:80 a 90:10 y aún más preferentemente de 30:70 a 80:20, como relación molar por unidad de estructura.

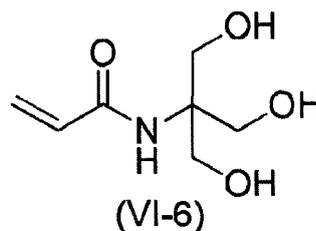
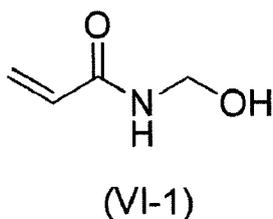
Una membrana polimérica funcional que incluye el polímero que contiene una estructura representada por la Fórmula (V) se produce preferentemente sometiendo una composición para formar una membrana polimérica funcional que incluye un compuesto polimerizable monofuncional representado por la siguiente Fórmula (VI), a una reacción de curado por polimerización:

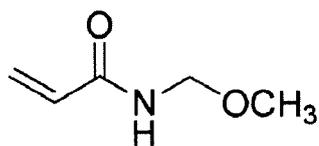


Fórmula (VI)

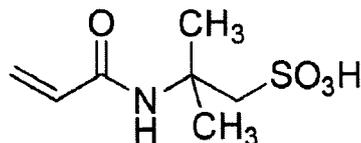
en la que en la Fórmula (VI),  $R^{10}$ ,  $R^{11}$  y  $R^{12}$  tienen los mismos significados que  $R^{10}$ ,  $R^{11}$  y  $R^{12}$  en la Fórmula (V) anterior, respectivamente, y los intervalos preferidos también son iguales.

A continuación, se enumeran ejemplos específicos preferidos del compuesto polimerizable representado por la Fórmula (VI); sin embargo, la invención no pretende limitarse a los mismos.

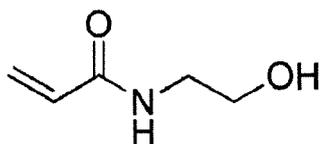




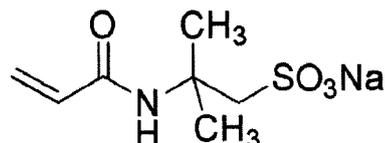
(VI-2)



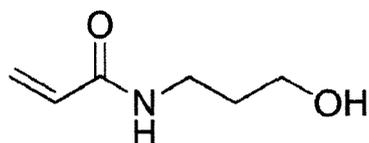
(VI-7)



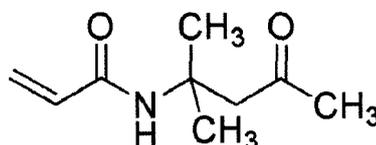
(VI-3)



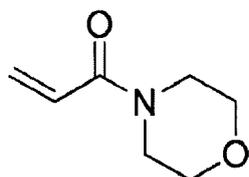
(VI-8)



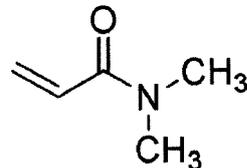
(VI-4)



(VI-9)



(VI-5)

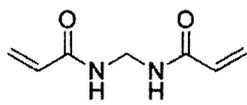


(VI-10)

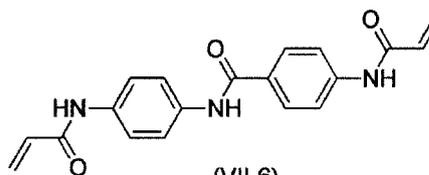
5

Estos compuestos están disponibles en el mercado en Kohjin Co., Ltd., Kyowa Hakko Chemical Co., Ltd., Fluka Chemicals, Ltd., Sigma-Aldrich Co. y Toagosei Co., Ltd., o pueden sintetizarse fácilmente mediante métodos conocidos.

Además, la membrana polimérica funcional de la invención también puede producirse combinando el compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) y un compuesto polimerizable polifuncional con bifuncionalidad o funcionalidad superior, que no tenga un grupo disociable. Se enumeran a continuación ejemplos preferidos específicos del compuesto polimerizable polifuncional con bifuncionalidad o funcionalidad superior, que no tenga un grupo disociable; sin embargo, la invención no pretende limitarse a los mismos.

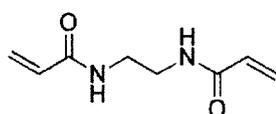


(VII-1)

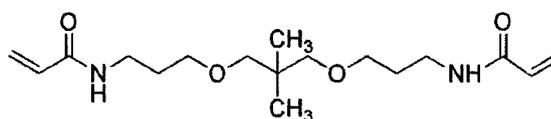


(VII-6)

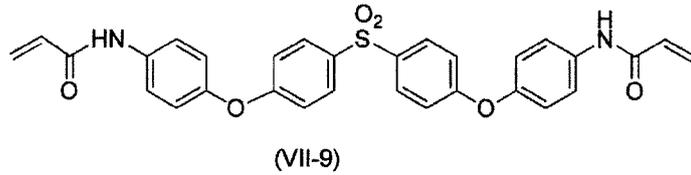
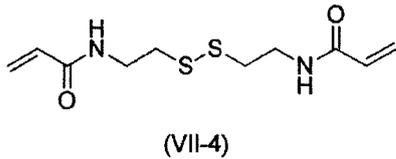
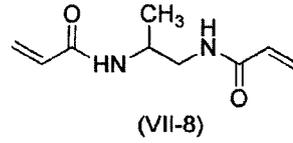
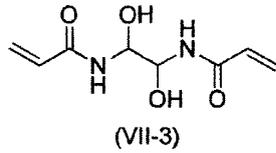
20



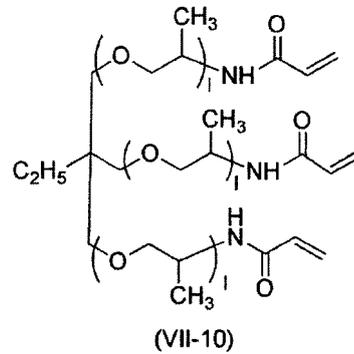
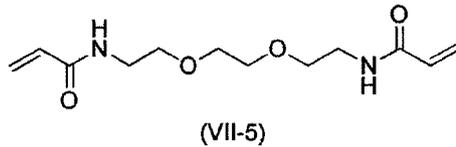
(VII-2)



(VII-7)



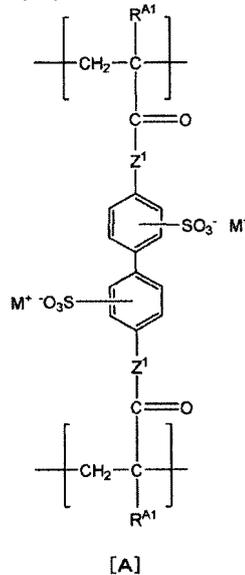
5



En este caso, 1 en el compuesto (VII-10) representa un número entero de 1 o más.

- 10 De acuerdo con la invención, el polímero que contiene una estructura representada por la Fórmula (I) es preferentemente un polímero que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (P1):

Fórmula (P1)



- 15 en la que en la Fórmula (P1),  $R^{A1}$  tiene el mismo significado que  $R^1$  en la Fórmula (I) anterior y el intervalo preferido del mismo también es igual;  $Z^1$  representa -O- o -NRa-, en el que Ra representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo; y  $M^+$  representa un ion de hidrógeno o un ion de metal alcalino.

- 20  $Z^1$  representa -O- o -NRa-.

En este caso, Ra representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, mientras que el grupo alquilo es un grupo alquilo lineal o ramificado que preferentemente tiene de 1 a 10 átomos de carbono, más preferentemente de 1 a 5 átomos de carbono y, en particular, preferentemente de 1 a 3 átomos de carbono. Los ejemplos específicos del grupo alquilo incluyen metilo, etilo, isopropilo, *t*-butilo, *n*-octilo, 2-etilhexilo, *n*-decilo y *n*-hexadecilo.

Ra es preferentemente un átomo de hidrógeno, un grupo metilo o un grupo etilo y más preferentemente un átomo de hidrógeno.

Z<sup>1</sup> es preferentemente -NRa-, entre otros.

M<sup>+</sup> representa un ion de hidrógeno o un ion de metal alcalino. Los ejemplos preferidos del ion de metal alcalino incluyen un ion de litio, un ion de potasio y un ion de sodio.

M<sup>+</sup> es preferentemente un ion de hidrógeno, un ion de litio, un ion de potasio o un ion de sodio; más preferentemente un ion de hidrógeno o un ion de sodio; y aún más preferentemente un ion de sodio.

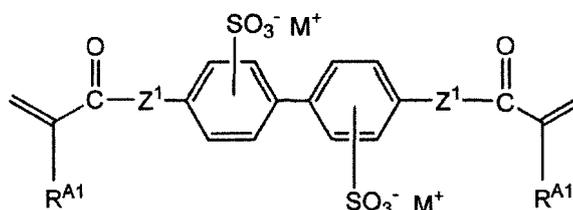
Dentro de los intervalos preferidos descritos anteriormente, se obtienen características de curabilidad, una resistencia al pH, una resistencia mecánica y una flexibilidad excelentes, según se desee.

De acuerdo con la invención, el compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) es preferentemente un compuesto representado por la siguiente Fórmula (MA). El polímero que tiene una estructura representada por la Fórmula (P1) se obtiene sometiendo un compuesto representado por la siguiente Fórmula (MA) a una reacción de polimerización, es decir, una reacción de curado.

El compuesto representado por la Fórmula (MA) se explica a continuación.

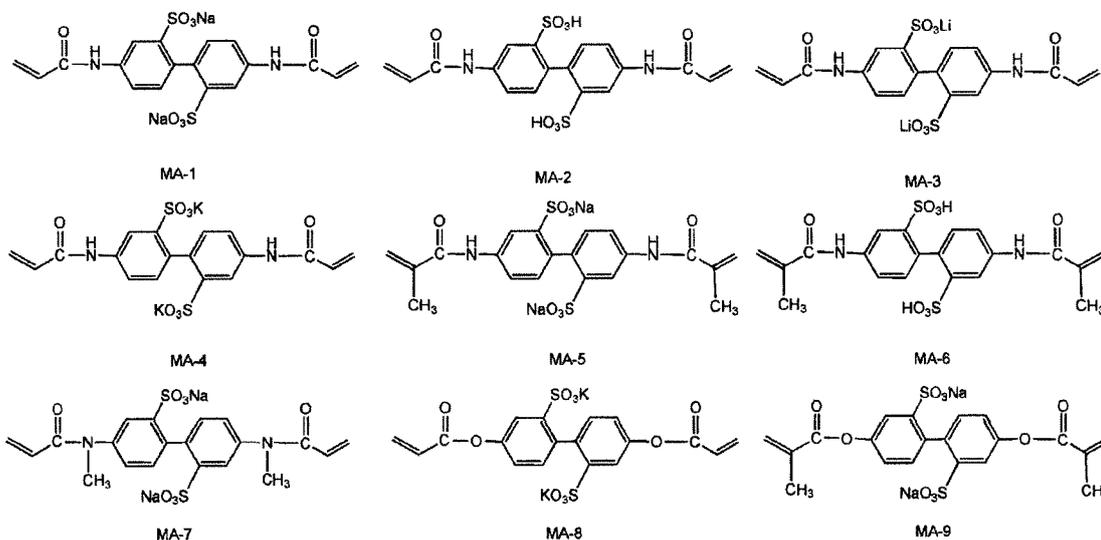
(A) Compuesto representado por la Fórmula (MA)

Fórmula (MA)



en la que en la Fórmula (MA), R<sup>A1</sup>, Z<sup>1</sup> y M<sup>+</sup> tienen los mismos significados que R<sup>A1</sup>, Z<sup>1</sup> y M<sup>+</sup> en la Fórmula (P1), respectivamente, y los intervalos preferidos de los mismos también son iguales.

Se enumeran a continuación ejemplos específicos del compuesto representado por la Fórmula (MA); sin embargo, la invención no pretende limitarse a los mismos.



Estos compuestos pueden sintetizarse mediante los métodos que se desvelan en los ejemplos que se describen a continuación o métodos equivalentes a estos.

5 El polímero (A) que tiene una estructura representada por la Fórmula (P1) puede ser una repetición de la estructura representada por la Fórmula (P1) solamente o puede ser un copolímero con (B) otro monómero copolimerizable.

De acuerdo con la invención, se prefiere un polímero que tenga una estructura en la que se incorpore una estructura que puede obtenerse a partir de otro monómero copolimerizable.

10 En este caso, el (B) otro monómero copolimerizable contribuye a la regulación del equilibrio entre el coeficiente de permeabilidad al agua de la membrana polimérica funcional de la invención y la resistencia eléctrica de la membrana, o a los efectos del ajuste de la viscosidad del líquido de recubrimiento, el ajuste de la estabilidad a lo largo del tiempo del líquido de recubrimiento o similares.

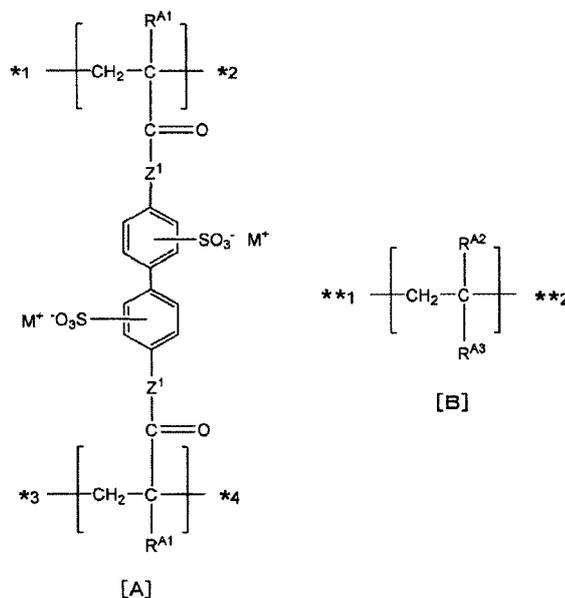
15 Un monómero de este tipo puede ser cualquier monómero arbitrario. El monómero puede ser un compuesto polimerizable monofuncional o puede ser un compuesto polimerizable polifuncional que tenga una estructura diferente de la del compuesto polimerizable polifuncional representado por la Fórmula (MA) descrito anteriormente.

20 De acuerdo con la invención, el (B) otro monómero copolimerizable es preferentemente un compuesto polimerizable monofuncional representado por la Fórmula (MB) que se describe a continuación.

Se prefiere un polímero que tenga una estructura representada por la siguiente Fórmula (CP1), que se obtiene copolimerizando el compuesto polimerizable monofuncional representado por la Fórmula (MB) y el compuesto representado por la Fórmula (MA).

25

Fórmula (CP1)



30 en la que en la Fórmula (CP1),  $\text{R}^{\text{A1}}$ ,  $\text{Z}^1$  y  $\text{M}^+$  tienen los mismos significados que  $\text{R}^{\text{A1}}$ ,  $\text{Z}^1$  y  $\text{M}^+$  en la Fórmula anterior (P1), respectivamente;  $\text{R}^{\text{A2}}$  representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo; y  $\text{R}^{\text{A3}}$  representa un grupo orgánico que no tiene ningún grupo etilénicamente insaturado. En este caso, uno cualquiera de  $*1$  a  $*4$  de al menos una estructura parcial [A] está unido a  $**1$  o  $**2$  de al menos la estructura parcial [B]. Paralelamente, en la Fórmula (CP1), puede haber una parte en la que las estructuras parciales [A] estén unidas entre sí o puede haber una parte en la que las estructuras parciales [B] estén unidas entre sí.

35

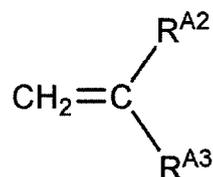
En este caso, la estructura parcial [A] es una estructura que puede obtenerse a partir de la Fórmula (MA) y la estructura parcial [B] es una estructura que puede obtenerse a partir de la Fórmula (MB).

40 Cuando estas estructuras se someten a una reacción de curado por polimerización, uno cualquiera de  $*1$  a  $*4$  de la estructura parcial [A] está unido a  $**1$  o  $**2$  de la estructura parcial [B].

No existen limitaciones particulares en el modo de unión y, por ejemplo, las estructuras parciales [A] y [B] pueden estar unidas en forma de bloque o pueden unirse aleatoriamente.

(B) Otro monómero copolimerizable

**Fórmula (MB)**



5

En la Fórmula (MB),  $\text{R}^{\text{A}2}$  representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo.

$\text{R}^{\text{A}2}$  tiene el mismo significado que  $\text{R}^{\text{A}1}$  en la Fórmula (MA) y el intervalo preferido del mismo también es igual.

10  $\text{R}^{\text{A}3}$  representa un grupo orgánico que no tiene ningún grupo etilénicamente insaturado.

En este caso, el grupo etilénicamente insaturado es un grupo capaz de experimentar una reacción de curado por polimerización, tal como un grupo vinilo, un grupo alilo o un grupo (met)acrilóilo y esto significa que el compuesto representado por la Fórmula (MB) es un compuesto polimerizable monofuncional. Además, el grupo orgánico es un grupo orgánico tal como un grupo alquilo, un grupo cicloalquilo, un grupo arilo o un grupo heterocíclico y, por ejemplo, este grupo orgánico no está sustituido con un grupo etilénicamente insaturado como sustituyente.

15

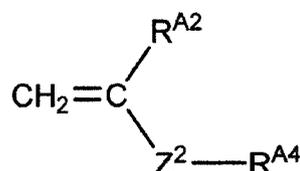
Los ejemplos de  $\text{R}^{\text{A}3}$  incluyen un grupo alquilo, un grupo arilo, un grupo alcoxi, un grupo ariloxi, un grupo alquiltio, un grupo ariltio, un grupo alquilamino, un grupo arilamino, un grupo acilo, un aciloxi grupo y un grupo acilamino. Se prefieren un grupo aciloxi y un grupo acilamino.

20

El compuesto polimerizable monofuncional representado por la Fórmula (MB) es preferentemente un compuesto representado por la siguiente Fórmula (MB- $\alpha$ ):

25

**Fórmula (MB- $\alpha$ )**



30

en la que en la Fórmula (MB- $\alpha$ ),  $\text{R}^{\text{A}2}$  tiene el mismo significado que  $\text{R}^{\text{A}2}$  en la Fórmula (MB) y el intervalo preferido del mismo también es igual.  $\text{R}^{\text{A}4}$  tiene el mismo significado que  $\text{R}^{\text{A}3}$  en la Fórmula (MB) y el intervalo preferido del mismo también es igual.

35

$\text{Z}^2$  tiene el mismo significado que  $\text{Z}^1$  en la Fórmula (P1) y el intervalo preferido del mismo también es igual. Entre otros,  $\text{Z}^2$  es preferentemente -NRa- y se prefiere más -NH-.

De acuerdo con la invención, en particular con el fin de transmitir las funciones de una membrana polimérica, también se prefiere que las funciones se transmitan por medio de un sustituyente del grupo alquilo para  $\text{R}^{\text{A}2}$  a  $\text{R}^{\text{A}4}$ . Por tanto, entre los sustituyentes descritos anteriormente, se prefiere un grupo disociable o un sustituyente polar y se prefiere en particular un grupo disociable.

40

El grupo disociable es preferentemente un grupo hidroxilo (en particular un grupo hidroxilo fenólico o enólico), un grupo sulfo o una sal del mismo, un grupo carboxilo o una sal del mismo o un grupo ácido fosfórico o una sal del mismo como se ha descrito anteriormente y se prefiere más un grupo sulfo o una sal del mismo.

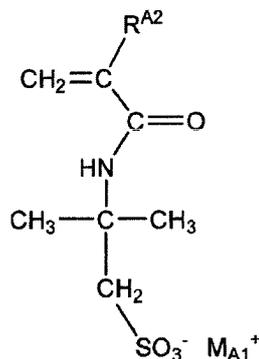
45

En este caso, con respecto a la sal para el grupo sulfo o el grupo carboxilo, se prefiere un catión de un átomo de metal alcalino, por ejemplo, un catión de litio, un catión de potasio o un catión de sodio.

50

El compuesto representado por la Fórmula (MB- $\alpha$ ) es preferentemente un compuesto representado por la siguiente Fórmula (MB- $\beta$ ):

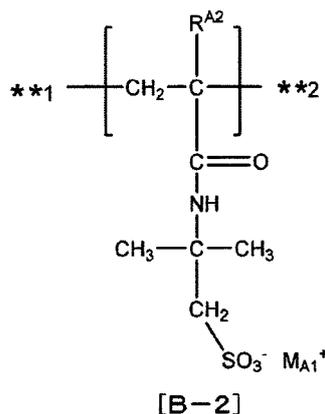
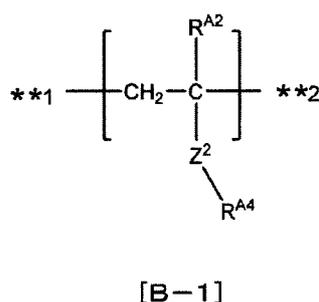
Fórmula (MB-β)



5 en la que en la Fórmula (MB-β), R<sup>A2</sup> tiene el mismo significado que R<sup>A2</sup> en la Fórmula anterior (MB-α) y el intervalo preferido del mismo también es igual; y M<sub>A1</sub><sup>+</sup> representa un átomo de hidrógeno o un ión de metal alcalino y tiene el mismo intervalo preferido que el de M<sup>+</sup> en la Fórmula (P1).

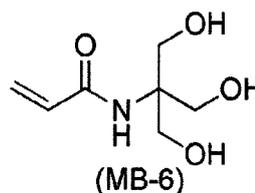
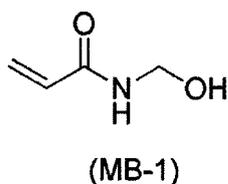
10 La estructura que puede obtenerse a partir de los compuestos representados por las Fórmulas (MB-α) y (MB-β) (estructura incorporada en el polímero) tiene la siguiente estructura.

En este caso, la siguiente estructura parcial [B-1] puede obtenerse a partir de un compuesto representado por la Fórmula (MB-α) y la siguiente estructura parcial [B-2] puede obtenerse a partir de un compuesto representado por la Fórmula (MB-β).

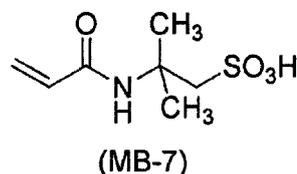
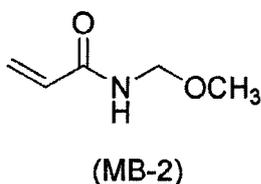


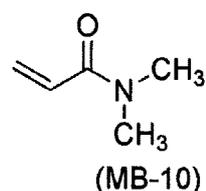
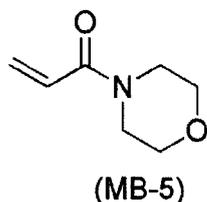
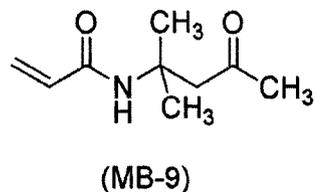
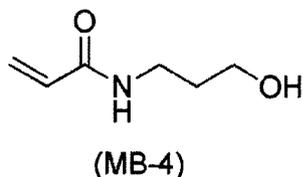
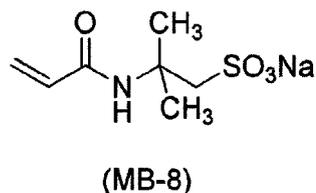
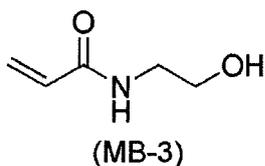
15 en la que en las estructuras parciales [B-1] y [B-2], R<sup>A2</sup>, \*\*1 y \*\*2 tienen los mismos significados que R<sup>A2</sup>, \*\*1 y \*\*2 en la estructura parcial [B], respectivamente; M<sub>A1</sub><sup>+</sup> representa un átomo de hidrógeno o un ion de metal alcalino; Z<sup>2</sup> y R<sup>A4</sup> tienen el mismo significado que Z<sup>2</sup> y R<sup>A4</sup> en la Fórmula (MB-α), respectivamente, y los intervalos preferidos también son iguales.

20 Se enumeran a continuación ejemplos específicos del compuesto polimerizable monofuncional representado por la Fórmula (MB); sin embargo, la invención no pretende limitarse a los mismos.



25





5

Estos compuestos están disponibles en el mercado en Kohjin Co., Ltd., Kyowa Hakko Chemical Co., Ltd., Fluka Chemicals, Ltd., Sigma-Aldrich Co. y Toagosei Co., Ltd., o pueden sintetizarse fácilmente mediante métodos conocidos.

10

Con respecto a la membrana polimérica funcional de la invención, la relación de composición de la estructura parcial [A] con respecto a la estructura parcial [B] en la Fórmula (CP1) se determina por la relación molar de los compuestos polimerizables en la composición para obtener una membrana funcional.

15

En una composición de este tipo, el compuesto representado por la Fórmula (MA) se incluye preferentemente en una cantidad de 28 moles o más, más preferentemente en una cantidad de 28 a 95 moles y aún más preferentemente en una cantidad de 30 a 90 moles, cuando el número total de moles de los compuestos polimerizables incluidos en la composición se designa como 100, es decir, se designa como 100 moles. Además, se prefiere que el compuesto polimerizable restante sea un compuesto representado por la Fórmula (MB) descrita anteriormente.

20

Existe una correlación entre el coeficiente de permeabilidad al agua y la resistencia de la membrana, y se pueden regular el coeficiente de permeabilidad al agua, la resistencia de la membrana y la resistencia al estallido de la membrana polimérica funcional de la invención estableciendo adecuadamente la relación molar de la estructura parcial [A] con respecto a la estructura parcial [B] en la Fórmula (CP1).

25

(C) Iniciador de la polimerización

30

La composición para formar una membrana polimérica funcional de acuerdo con la invención incluye preferentemente un iniciador de la polimerización.

Entre los iniciadores de la polimerización, se prefiere un iniciador de la fotopolimerización que sea capaz de realizar la polimerización por irradiación de radiación activa en la presente invención.

35

Los ejemplos del iniciador de la fotopolimerización incluyen cetonas aromáticas, un compuesto de acilfosfina, un compuesto de sal de onio aromática, un óxido organificado, un tio compuesto, un compuesto de hexaarilimidazol, un compuesto de ceto éster de oxima, un compuesto de borato, un compuesto de azinio, un compuesto de metaloceno, un compuesto de éster activo, un compuesto que tiene un enlace carbono-halógeno y un compuesto de alquilamina.

40

Los ejemplos preferidos de las cetonas aromáticas, el compuesto de óxido de acilfosfina y el tio compuesto incluyen los compuestos que tienen una estructura principal de benzofenona o una estructura principal de tioxantona como se describe en "Radiation Curing in Polymer Science and Technology", págs. 77-117 (1993). Los ejemplos más preferidos de los mismos incluyen el compuesto de  $\alpha$ -tiobenzofenona que se describe en el documento JP1972-006416B (JP-S47-006416B); el compuesto de benzoín éter que se describe en el documento JP1972-003981B (JP-S47-003981B); el compuesto de benzoína  $\alpha$ -sustituida que se describe en el documento JP1972-022326B (JP-S47-022326B); el derivado de benzoína que se describe en el documento JP1972-023664B (JP-S47-023664B); el éster del ácido aroilfosfónico que se describe en el documento JP1982-030704A (JP-S57-030704A); la dialcoxibenzofenona que se describe en el documento JP1985-026483B (JP-S60-026483B); los benzoín éteres que

45

se describen en los documentos JP1985-026403B (JP-S60-026403B) y JP1987-081345A (JP-S62-081345A); las  $\alpha$ -aminobenzofenonas que se describen en los documentos JP1989-034242B (JP-H01-034242B), US4318791A y EP0284561A; el p-di(dimetilaminobenzoil)benceno que se describe en el documento JP1990-211452A (JP-H02-211452A); las cetonas aromáticas tio-sustituidas que se describen en el documento JP1986-194062A (JP-S61-194062A); los sulfuros de acilfosfina que se describen en el documento JP1990-009597B (JP-H02-009597B); las acilfosfinas que se describen en el documento JP1990-009596B (JP-H02-009596B); las tioxantonas que se describen en el documento JP1988-061950B (JP-S63-061950B); y las cumarinas que se describen en el documento JP1984-042864B (JP-S59-042864B). Además, también se prefieren los iniciadores de la polimerización que se describen en los documentos JP2008-105379A y JP2009-114290A. Otros ejemplos incluyen los iniciadores de la polimerización que se describen en Kiyoshi Kato, "Shigaisen Koka Shisutemu (Sistema de curado UV)" (publicado por Sogo Gijutsu Senta Co., Ltd.; 1989), págs. 65-148.

De acuerdo con la invención, se prefiere un iniciador de la polimerización hidrosoluble.

En este caso, cuando se dice que un iniciador de la polimerización es hidrosoluble, esto implica que el iniciador de la polimerización se disuelve en agua destilada a 25 °C en una cantidad del 0,5 % en masa o más. Se prefiere más que el iniciador de la fotopolimerización hidrosoluble se disuelva en agua destilada a 25 °C en una cantidad de 1 % en masa o más y, en particular, preferentemente en una cantidad del 3 % en masa o más.

Entre estos, un iniciador de la fotopolimerización adecuado para la composición para formar una membrana polimérica funcional de acuerdo con la invención son las cetonas aromáticas (en particular, un compuesto de benzoína  $\alpha$ -hidroxi-sustituida) o un compuesto de óxido de acilfosfina. En particular, los ejemplos preferidos incluyen p-fenilbenzofenona (fabricado por Wako Pure Chemical Industries, Ltd.), óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoil)fenilfosfina (IRGACURE 819, fabricado por BASF Japan, Ltd.), óxido de 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina (DAROCUR TPO, fabricado por BASF Japan, Ltd.), 2-bencil-2-dimetilamino-1-(4-morfolinofenil)-butanona-1 (IRGACURE 369, fabricado por BASF Japan, Ltd.), 2-metil-1-(4-metiltiofenil)-2-morfolinopropan-1-ona (IRGACURE 907, fabricado por BASF Japan, Ltd.), 1-[4-(2-hidroxietoxi)fenil]-2-hidroxi-2-metil-1-propan-1-ona (IRGACURE 2959, fabricado por BASF Japan, Ltd.) y 2-hidroxi-2-metil-1-fenil-propan-1-ona (DAROCUR 1173, fabricado por Ciba Specialty Chemicals Corp.) y, desde el punto de vista de la solubilidad en agua y la resistencia a la hidrólisis, se prefieren más IRGACURE 2959 (fabricado por BASF Japan, Ltd.) y DAROCUR 1173 (fabricado por Ciba Specialty Chemicals Corp.).

De acuerdo con la invención, el contenido del iniciador de la polimerización es preferentemente de 0,1 a 10 partes en masa, más preferentemente de 0,1 a 5 partes en masa y aún más preferentemente de 0,3 a 2 partes en masa, con respecto a 100 partes en masa de la masa total del contenido de sólidos de la composición para formar una membrana polimérica funcional.

(D) Co-sensibilizador

Además, con respecto al proceso de producción para la membrana polimérica funcional de la invención, puede añadirse un compuesto conocido que tenga el efecto de aumentar adicionalmente la sensibilidad o suprimir la inhibición de la polimerización provocada por el oxígeno como co-sensibilizador.

Los ejemplos de un co-sensibilizador de este tipo incluyen aminas, por ejemplo, los compuestos que se describen en M.R. Sander, et al., "Journal of Polymer Society", Vol. 10, pág. 3173 (1972); el documento JP1969-020189B (JP-S44-020189B), el documento JP1976-082102A (JP-S51-082102A), el documento JP1977-134692A (JP-S52-134692A), el documento JP1984-138205A (JP-S59-138205A), el documento JP1985-084305A (JP-S60-084305A), el documento JP1987-018537A (JP-S62-018537A), el documento JP1989-033104A (JP-S64-033104A); y *Research Disclosure*, N.º 33825. Los ejemplos específicos incluyen trietanolamina, éster etílico del ácido p-dimetilaminobenzoico, p-formildimetilanilina y p-metiliodimetilanilina.

Otros ejemplos de los mismos incluyen tioles y sulfuros, por ejemplo, los compuestos de tiol que se describen en el documento JP1978-000702A (JP-S53-000702A), el documento JP1980-500806B (JP-S55-500806B) y el documento JP1993-142772A (JP-H05-142772A); y los compuestos disulfuro que se describen en el documento JP1981-075643A (JP-S56-075643A). Los ejemplos específicos de los mismos incluyen 2-mercaptobenzotiazol, 2-mercaptobenzoxazol, 2-mercaptobencimidazol, 2-mercapto-4(3H)-quinazolina y  $\beta$ -mercaptonaftaleno.

Otros ejemplos incluyen compuestos de aminoácidos (por ejemplo, N-fenilglicina), los compuestos organometálicos que se describen en el documento JP1973-042965B (JP-S48-042965B) (por ejemplo, acetato de tributilestaño), los donadores de hidrógeno que se describen en el documento JP1980-034414B (JP-S55-034414B), los compuestos de azufre que se describen en el documento JP1994-308727A (JP-H06-308727A) (por ejemplo, tritiano), los compuestos de fósforo que se describen en el documento JP1994-250387A (JP-H06-250387A) (dietilfosfito y similares) y los compuestos de Si-H y Ge-H que se describen en el documento JP1996-065779A (JP-H08-065779A).

(E) Inhibidor de la polimerización

De acuerdo con la invención, también se prefiere incorporar un inhibidor de polimerización con el fin de transmitir estabilidad al líquido de recubrimiento.

5 Con respecto al inhibidor de la polimerización, puede usarse cualquier inhibidor de la polimerización conocido y los ejemplos del mismo incluyen un compuesto de fenol, un compuesto de hidroquinona, un compuesto de amina y un mercapto compuesto.

10 Los ejemplos específicos del compuesto de fenol incluyen fenol impedido (un fenol que tiene un grupo *t*-butilo en la posición orto y un ejemplo representativo es 2,6-di-*t*-butil-4-metilfenol) y bisfenoles. Los ejemplos específicos del compuesto de hidroquinona incluyen monometil éter hidroquinona.

Estos inhibidores de la polimerización pueden usarse individualmente o en combinación de dos o más tipos de los mismos.

15 El contenido del inhibidor de la polimerización es preferentemente de 0,01 a 5 partes en masa, más preferentemente de 0,01 a 1 parte en masa y aún más preferentemente de 0,01 a 0,5 partes en masa, con respecto a 100 partes en masa de la masa total del contenido de sólidos de la composición para formar una membrana polimérica funcional.

#### 20 (F) Disolvente

La composición para formar una membrana polimérica funcional de acuerdo con la invención puede incluir un disolvente. El contenido del (F) disolvente en la composición para formar una membrana polimérica funcional es preferentemente del 5 % al 50 % en masa, más preferentemente del 10 % al 50 % en masa y aún más preferentemente del 10 % al 40 % en masa, con respecto a la cantidad total de la composición para formar una membrana polimérica funcional.

30 Cuando la composición incluye un disolvente, la reacción de curado por polimerización transcurre de manera uniforme y suave. Además, cuando se impregna un soporte poroso con la composición para formar una membrana polimérica funcional, la impregnación se realiza sin problemas.

Con respecto al disolvente, se usa preferentemente un disolvente que tenga una solubilidad en agua del 5 % en masa o más y también se prefiere que el disolvente sea miscible libremente con agua. Por tanto, se prefiere un disolvente seleccionado entre agua y un disolvente hidrosoluble.

35 Los ejemplos particularmente preferidos del disolvente hidrosoluble incluyen un disolvente a base de alcohol y disolventes polares apróticos tales como un disolvente a base de éter, un disolvente a base de amida, un disolvente a base de cetona, un disolvente a base de sulfóxido, un disolvente a base de sulfona, un disolvente a base de nitrilo y un disolvente a base de fósforo orgánico.

40 Los ejemplos del disolvente a base de alcohol incluyen metanol, etanol, isopropanol, *n*-butanol, etilenglicol, propilenglicol, dietilenglicol y dipropilenglicol. Estos pueden usarse individualmente o en combinación de dos o más tipos de ellos.

45 Además, los ejemplos preferidos del disolvente polar aprótico incluyen dimetil sulfóxido, dimetilimidazolidinona, sulfolano, *N*-metilpirrolidona, dimetilformamida, acetonitrilo, acetona, dioxano, tetrametilurea, hexametilfosforamida, triamida de hexametilfósforo, piridina, propionitrilo, butanona, ciclohexanona, tetrahidrofurano, tetrahidropirano, diacetato de etilenglicol y  $\gamma$ -butirolactona. Entre estos, se prefieren dimetilsulfóxido, *N*-metilpirrolidona, dimetilformamida, dimetilimidazolidinona, sulfolano, acetona, acetonitrilo y tetrahidrofurano. Estos pueden usarse individualmente o en combinación de dos o más tipos de ellos.

#### 50 (G) Compuesto de metal alcalino

55 La composición para formar una membrana polimérica funcional de acuerdo con la invención puede incluir un compuesto de metal alcalino para potenciar la solubilidad del compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II), que tiene una estructura de (met)acrilamida. Los ejemplos preferidos del compuesto de metal alcalino incluyen hidróxidos, cloruros, nitratos y similares de litio, sodio y potasio. Entre ellos, se prefieren más los compuestos de litio y los ejemplos específicos de los mismos incluyen hidróxido de litio, cloruro de litio, bromuro de litio, nitrato de litio, yoduro de litio, clorato de litio, tiocianato de litio, perclorato de litio, tetrafluoroborato de litio, hexafluorofosfato de litio y hexafluorato de litio.

60 En este caso, también se prefiere usar el compuesto de metal alcalino con el fin de neutralizar la composición para formar una membrana polimérica funcional o una mezcla en solución de la composición para formar una membrana polimérica funcional.

65 Estos compuestos de metales alcalinos también pueden estar en forma de hidratos. Además, los compuestos de metales alcalinos pueden usarse individualmente o en combinación de dos o más tipos de los mismos.

La cantidad de adición en el caso de añadir un compuesto de metal alcalino es preferentemente de 0,1 a 20 partes en masa, más preferentemente de 1 a 20 partes en masa y aún más preferentemente de 5 a 20 partes en masa, con respecto a 100 partes en masa de la masa total del contenido de sólidos de la composición para formar una membrana polimérica funcional.

5 La membrana polimérica funcional de la invención tiene grupos ácido sulfónico ( $\text{SO}_3^-$ ) y, por tanto, también puede usarse como membrana de electrolito (membrana de intercambio iónico). La membrana polimérica funcional puede intercambiar catión  $\text{Na}^+$  en agua que contenga una sal tal como  $\text{NaCl}$ .

10 De acuerdo con la invención, en particular cuando el compuesto polimerizable que tiene una estructura de fenilacrilamida representada por la Fórmula (II) es bifuncional o tiene más grupos funcionales, el compuesto polimerizable tiene un grupo reticulable de acrilamida y, por tanto, tiene curabilidad UV y, por tanto, se obtiene una membrana polimérica reticulable en poco tiempo. Por tanto, puede producirse una membrana de electrolito a bajo coste con una excelente productividad.

15 Una membrana de intercambio iónico ideal tiene una resistencia de la membrana baja, un coeficiente de permeabilidad al agua bajo y una permeoselectividad alta (selectividad en el intercambio y separación de catión/anión). Como la densidad de carga por unidad de peso molecular es mayor, la resistencia de la membrana es generalmente menor y la permeoselectividad es mayor. Cuando aumenta la densidad de reticulación, puede disminuirse el coeficiente de permeabilidad al agua.

20 De acuerdo con la invención, se descubrió que si un compuesto polimerizable reticulable (acrilamida bifuncional o que tiene más grupos funcionales) tiene un gran número de grupos disociables (grupos ácido sulfónico), se obtiene una membrana polimérica funcional que tiene una resistencia de la membrana baja, un coeficiente de permeabilidad al agua bajo y una permeoselectividad alta.

Además, se cree que, como en el caso de los compuestos polimerizables de ejemplo M-11 a M-22, si el compuesto polimerizable reticulable tiene dos unidades estructurales de fenilacrilamida que sean rígidas e hidrófobas, el compuesto polimerizable reticulable contribuye a la disminución del coeficiente de permeabilidad al agua.

30 [Otros componentes]

En la membrana polimérica funcional de la invención, pueden añadirse diversos compuestos poliméricos con el fin de regular las propiedades de la membrana. Los ejemplos de los compuestos poliméricos que pueden usarse incluyen un polímero acrílico, una resina de poliuretano, una resina de poliamida, una resina de poliéster, una resina epoxi, una resina fenólica, una resina de policarbonato, una resina de polivinil butiral, una resina de polivinil formal, goma laca, una resina a base de vinilo, una resina acrílica, una resina a base de caucho, una cera y otras resinas naturales. Además, estos pueden usarse en combinación de dos o más tipos de ellos.

40 Además, también pueden añadirse un tensioactivo no iónico, un tensioactivo catiónico, un compuesto organofluorado y similares con el fin de regular las propiedades del líquido.

Los ejemplos específicos del tensioactivo incluyen tensioactivos aniónicos tales como una sal de ácido alquilbencenosulfónico, una sal de ácido alquilnaftalenosulfónico, una sal de ácido graso superior, una sal de ácido sulfónico de un éster de ácido graso superior, una sal de éster de ácido sulfúrico de un alcohol éter superior, una sal de ácido sulfónico de un alcohol éter superior, una sal de ácido alquilcarboxílico de una alquilsulfonamida superior y un fosfato de alquilo; tensioactivos no iónicos tales como polioxietileno alquil éter, polioxietileno alquil fenil éter, éster de ácido graso de polioxietileno, éster de ácido graso de sorbitano, un aducto de óxido de etileno de acetilenglicol, un aducto de óxido de etileno de glicerina y éster de ácido graso de polioxietileno sorbitano; tensioactivos anfóteros tales como una alquilbetaína y una amidobetaína; tensioactivos a base de silicona; y tensioactivos a base de flúor. El tensioactivo puede seleccionarse apropiadamente entre tensioactivos conocidos convencionalmente y derivados de los mismos.

Los ejemplos específicos de un dispersante polimérico incluyen polivinilpirrolidona, alcohol polivinílico, polivinilmetiléter, óxido de polietileno, polietilenglicol, polipropilenglicol y poliacrilamida y, entre estos, se prefiere usar polivinilpirrolidona.

Además del compuesto de metal alcalino descrito anteriormente, la composición para formar una membrana polimérica funcional también puede incluir, por ejemplo, un tensioactivo, un agente que aumente la viscosidad, un agente de ajuste de la tensión superficial y un conservante, según sea necesario.

<Soporte>

65 Con el fin de proporcionar una membrana con una alta resistencia mecánica, pueden utilizarse numerosas tecnologías. Por ejemplo, puede usarse un soporte como material de refuerzo para la membrana y, preferentemente, puede usarse un soporte poroso. Este soporte poroso puede usarse para constituir una parte de la membrana

impregnando el soporte poroso con la composición para formar una membrana polimérica funcional y después realizando una reacción de curado por polimerización.

5 Los ejemplos del soporte poroso como material de refuerzo incluyen un tejido sintético o un tejido sintético no tejido, una película esponjosa, una película que tiene orificios de paso finos y papel. Los ejemplos del material que forma el soporte poroso de la invención incluyen polietileno, polipropileno, poliacrilonitrilo, cloruro de polivinilo, poliéster, poliamida y copolímeros de los mismos. Además, también pueden usarse membranas porosas a base de polisulfona, poliéter sulfona, polifenileno sulfona, sulfuro de polifenileno, poliimida, polieterimida, poliamida, poliamidaimida, poliacrilonitrilo, policarbonato, poliacrilato, acetato de celulosa, polipropileno, poli(4-metil-1-penteno),  
10 fluoruro de polivinilideno, politetrafluoroetileno, polihexafluoropropileno, policlorotrifluoroetileno y copolímeros de los mismos, o materiales de biomasa tales como celulosa. Los soportes porosos y los materiales de refuerzo disponibles en el mercado se comercializan, por ejemplo, por Freudenberg Filtration Technologies kg (materiales Novatexx) y Sefar AG.

15 Paralelamente, en un caso en el que se realice una reacción de curado de fotopolimerización, es necesario que el soporte poroso y el material de refuerzo no bloqueen la región de longitudes de onda de la luz irradiada, es decir, es necesario transmitir la radiación de la longitud de onda utilizada para la polimerización y el curado; sin embargo, en el caso de la polimerización y el curado térmicos, no es necesario tener esto en cuenta. Además, se prefiere que el material de refuerzo poroso permita la penetración de la composición para formar una membrana polimérica  
20 funcional.

El soporte es preferentemente hidrófilo. Sorprendentemente, una membrana de intercambio iónico que tenga un grupo débilmente básico o débilmente ácido (por ejemplo, grupos amino terciario, carboxilo y fosfato) puede presentar propiedades satisfactorias en relación con la permeoselectividad y la conductividad eléctrica, y la  
25 producción de la membrana mediante el presente método no es excesivamente caro.

[Método para producir una membrana polimérica funcional]

30 Es deseable que la membrana polimérica funcional de la invención se forme aplicando un líquido de recubrimiento que contenga el compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) como monómero sobre el soporte descrito anteriormente y sometiendo el líquido de recubrimiento a una reacción de reticulación irradiando el soporte recubierto con radiación activa, o aplicando calor al soporte.

35 Como ejemplo del método para producir la membrana polimérica funcional de la invención, puede usarse un método de aplicación de un líquido de recubrimiento que contenga el compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) sobre un soporte y de formación de la membrana polimérica funcional irradiando el soporte recubierto con radiación activa. La composición de ingredientes del líquido de recubrimiento (aditivo) que se aplica sobre el soporte no se limita en particular; sin embargo, se prefiere que el líquido de recubrimiento incluya el compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) y un iniciador de la polimerización en un disolvente. El contenido del compuesto  
40 polimerizable representado por la Fórmula (II) no se limita en particular; sin embargo, el compuesto polimerizable se incluye preferentemente en el líquido de recubrimiento en una cantidad del 0,1 % al 100 % en masa y más preferentemente del 10 % al 100 % en masa, con respecto al 100 % en masa de la masa total de contenido de sólidos del líquido de recubrimiento. Aunque el contenido del compuesto polimerizable se establece en este intervalo, cuando se produce una membrana sobre un soporte poroso, el compuesto polimerizable no penetra fácilmente en las capas inferiores. Por tanto, no se generan defectos en la capa superficial que contribuyan a la  
45 separación.

No existen limitaciones particulares sobre las condiciones para formar la membrana polimérica funcional de la invención; sin embargo, la temperatura es preferentemente de -30 °C a 100 °C, más preferentemente de -10 °C a  
50 80 °C y, en particular, preferentemente de 5 °C a 60 °C.

De acuerdo con la invención, puede permitirse que coexistan gases tales como el aire o el oxígeno en el momento de formar la membrana; sin embargo, se prefiere que la membrana se forme en una atmósfera de gas inerte.

55 La membrana polimérica funcional de la invención puede producirse de forma discontinua (sistema en lotes) usando un soporte fijo; sin embargo, la membrana también puede producirse de forma continua (sistema continuo) usando un soporte móvil. El soporte puede tener la forma de un rollo que se rebobina de forma continua. Paralelamente, en el caso de un sistema continuo, los procesos de montaje de un soporte sobre una cinta en movimiento continuo y de formación de una membrana sometiendo un líquido de recubrimiento, que es la composición para formar una  
60 membrana polimérica funcional, a aplicación continua y curado por polimerización, se pueden realizar de forma continua. Sin embargo, solo una de las etapas de recubrimiento y la etapa de formación de membrana pueden realizarse de forma continua.

65 Paralelamente, aparte del soporte, puede usarse un soporte provisional hasta que el soporte se sumerja en la composición para formar una membrana polimérica funcional y se complete la reacción de curado por polimerización (después de completar la reacción de curado por polimerización, la membrana se desprende del soporte

provisional).

Con respecto a un soporte provisional de este tipo, no es necesario tener en cuenta la transferencia de masa y un soporte provisional incluye, por ejemplo, una placa de metal tal como una placa de aluminio. Puede usarse cualquier soporte provisional siempre que se pueda fijar durante la formación de la membrana.

La composición para formar una membrana polimérica funcional puede aplicarse sobre un soporte poroso mediante diversos métodos, por ejemplo, recubrimiento por cortina, recubrimiento por extrusión, recubrimiento por chorro de aire, recubrimiento por deslizamiento, recubrimiento con rodillo de presión, recubrimiento con rodillo directo, recubrimiento con rodillo inverso, recubrimiento por inmersión, recubrimiento con rodillo de recubrimiento inferior, recubrimiento con barra de varilla o recubrimiento por pulverización, o el soporte poroso puede sumergirse en la misma. La aplicación de capas plurales puede realizarse de forma simultánea o continua. Con el fin de aplicar capas plurales simultáneamente, se prefieren recubrimiento por cortina, recubrimiento por deslizamiento, recubrimiento de lámina plana y recubrimiento por extrusión.

Con respecto a la producción de una membrana polimérica funcional en un sistema continuo, la membrana polimérica funcional se produce aplicando de forma continua una composición para formar una membrana polimérica funcional sobre un soporte móvil y más preferentemente por medio de una unidad de producción que incluye una unidad de recubrimiento para la composición para formar una membrana polimérica funcional; una fuente de irradiación para polimerizar y curar esta composición para formar una membrana polimérica funcional; una unidad de enrollamiento de membrana; y un medio para mover el soporte desde la unidad de recubrimiento para la composición para formar una membrana polimérica funcional a la fuente de irradiación y la unidad de enrollamiento de membrana.

En el presente ejemplo de producción, la membrana polimérica funcional de la invención se produce a través de los procesos de (i) someter un líquido de recubrimiento, que es una composición para formar una membrana polimérica funcional, a aplicación e impregnación sobre un soporte, o al menos una de entre aplicación e impregnación; (ii) someter la composición para formar una membrana polimérica funcional a una reacción de curado por polimerización mediante irradiación de luz; y (iii) separar la membrana del soporte según se desee.

[Irradiación de radiación activa]

En la unidad de producción descrita anteriormente, la unidad de recubrimiento para la composición para formar una membrana polimérica funcional se dispone en una posición corriente arriba de la fuente de irradiación de radiación activa, y la fuente de irradiación se dispone en una posición corriente arriba de la unidad de enrollamiento de la membrana compuesta.

Con el fin de tener suficiente fluidez para recubrir con una máquina de recubrimiento de alta velocidad, la viscosidad a 35 °C de la composición para formar una membrana polimérica funcional es preferentemente inferior a 4000 mPas, más preferentemente 1 a 1000 mPas y mucho más preferentemente 1 a 500 mPas. En el caso de un método de recubrimiento tal como el recubrimiento de perlas por deslizamiento, la viscosidad a 35 °C es preferentemente de 1 a 100 mPas.

En una máquina de recubrimiento de alta velocidad, la composición para formar una membrana polimérica funcional puede aplicarse sobre un soporte móvil a una velocidad superior a 15 m/min y el recubrimiento también puede conseguirse a una velocidad superior a 400 m/min como máximo.

En particular, en el caso de usar un soporte con el fin de aumentar la resistencia mecánica de la membrana, el soporte puede someterse a un tratamiento de descarga corona, un tratamiento de descarga incandescente, un tratamiento de llama, un tratamiento de irradiación ultravioleta o similares, antes de que se aplique la composición para formar una membrana polimérica funcional sobre la superficie del soporte, por ejemplo, con el fin de mejorar la humectabilidad y la fuerza de adhesión al soporte.

Durante la reacción de curado por polimerización, el compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) se polimeriza y forma un polímero. La reacción de curado por polimerización puede realizarse mediante irradiación de luz, con la condición de que la polimerización y el curado se produzcan con la suficiente rapidez para formar la membrana en 30 segundos.

La reacción de curado por polimerización de la composición para formar una membrana polimérica funcional se inicia preferentemente 60 segundos, más preferentemente 15 segundos, en particular preferentemente 5 segundos y mucho más preferentemente 3 segundos después de que se aplique la composición para formar una membrana polimérica funcional sobre el soporte.

La reacción de curado por polimerización implica la irradiación de luz a la composición para formar una membrana polimérica funcional preferentemente durante menos de 10 segundos, más preferentemente menos de 5 segundos, en particular preferentemente menos de 3 segundos y mucho más preferentemente menos de 2 segundos. En un

método continuo, la irradiación se realiza de forma continua y el tiempo de reacción de curado por polimerización se determina por la velocidad a la que la composición para formar una membrana polimérica funcional pasa a través del haz irradiado y se mueve.

- 5 En el caso de usar radiación ultravioleta (luz UV) de alta intensidad en la reacción de curado por polimerización, existe la posibilidad de que pueda generarse una cantidad significativa de calor. Por tanto, con el fin de evitar el sobrecalentamiento, se prefiere enfriar la lámpara de la fuente de luz y el soporte recubierto con la composición para formar una membrana polimérica funcional, o al menos uno de entre la lámpara de la fuente de luz y el soporte recubierto con la composición para formar una membrana polimérica funcional, usando aire de enfriamiento o similar. Cuando se irradia una dosis significativa de radiación de luz infrarroja (luz IR) junto con un haz de UV, se prefiere irradiar luz UV usando una placa de cuarzo reflectante de IR como filtro.

- 15 La radiación activa es preferentemente radiación ultravioleta o un haz de electrones y se prefiere más la radiación ultravioleta. Se prefiere que la longitud de onda de irradiación coincida con la longitud de onda de absorción de cualquier iniciador de la fotopolimerización que se incluya en la composición para formar una membrana polimérica funcional y, por ejemplo, que la longitud de onda de irradiación sea UV-A (400 a 320 nm), UV-B (320 a 280 nm) o UV-C (280 a 200 nm).

- 20 Los ejemplos de la fuente de radiación ultravioleta incluyen una lámpara de arco de mercurio, una lámpara de arco de carbono, una lámpara de mercurio de presión baja, una lámpara de mercurio de presión media, una lámpara de mercurio de presión alta, una lámpara de arco de plasma de flujo de remolino, una lámpara de halogenuro de metal, una lámpara de xenón, una lámpara de wolframio, una lámpara de halógeno, un láser y un diodo emisor de luz ultravioleta. Se prefiere en particular una lámpara emisora de luz ultravioleta del tipo de vapor de mercurio de presión media o presión alta. Además de esto, con el fin de modificar el espectro de emisión de luz de la lámpara, pueden incorporarse aditivos tales como un haluro de metal. En la mayoría de los casos, una lámpara con una emisión máxima de 200 a 450 nm es particularmente adecuada.

- 30 La salida de energía de la fuente de irradiación es preferentemente de 20 a 1.000 W/cm y preferentemente de 40 a 500 W/cm; sin embargo, la salida de energía puede ser superior a este intervalo o inferior a este intervalo siempre y cuando se pueda realizar una dosis de exposición deseada. El grado de curado de la membrana puede ajustarse modificando la intensidad de la exposición. La dosis de exposición se mide con un Radiómetro de UV de alta energía (UV Power Puck™ de EIT Instrument Markets, Inc.), en el intervalo de UV-B indicado por el aparato pertinente, y la dosis de exposición es preferentemente de al menos 40 mJ/cm<sup>2</sup>, más preferentemente de 100 a 2.000 mJ/cm<sup>2</sup> y mucho más preferentemente de 150 a 1.500 mJ/cm<sup>2</sup>. El tiempo de exposición puede seleccionarse libremente; sin embargo, se prefiere un tiempo de exposición más corto y el tiempo de exposición es más preferentemente inferior a 2 segundos.

- 40 Paralelamente, si la velocidad de recubrimiento es rápida, pueden usarse fuentes de luz plurales con el fin de conseguir una dosis de exposición deseada. En este caso, las fuentes de luz plurales pueden tener dosis de exposición idénticas o diferentes.

[Polimerización y curado por calentamiento]

- 45 La temperatura de calentamiento es preferentemente de 30 °C a 95 °C, más preferentemente de 35 °C a 90 °C y, en particular, preferentemente de 40 °C a 85 °C.

La temperatura de calentamiento es preferentemente de 30 minutos a 12 horas, más preferentemente de 60 minutos a 6 horas y, en particular, preferentemente de 60 minutos a 4 horas.

- 50 [Módulo de membrana de separación/aparato de intercambio iónico]

- 55 Se prefiere que la membrana polimérica funcional de la invención se produzca como una membrana compuesta combinada con un soporte poroso y se prefiere más producir un módulo de membrana de separación que use esta membrana compuesta. Además, puede producirse un aparato de intercambio iónico que tenga un medio destinado al intercambio iónico, la desalinización o la purificación usando la membrana polimérica funcional de la invención, una membrana compuesta o un módulo de membrana polimérica funcional. La membrana polimérica funcional también puede usarse adecuadamente para una célula de combustible.

- 60 La membrana polimérica funcional de la invención puede usarse adecuadamente en forma de módulo. Los ejemplos del módulo incluyen módulos de tipo espiral, de tipo de fibra hueca, de tipo plisado, de tipo tubular, de tipo de placa y marco, y de tipo apilado.

- 65 La membrana polimérica funcional de la invención tiene por objeto usarse principalmente para el intercambio iónico en particular. Sin embargo, la membrana polimérica funcional de la invención no tiene por objeto limitarse al intercambio iónico y se considera que la membrana polimérica funcional también puede usarse adecuadamente para membranas conductoras de protones para células de combustible y la retirada de proteínas y virus.

## Ejemplos

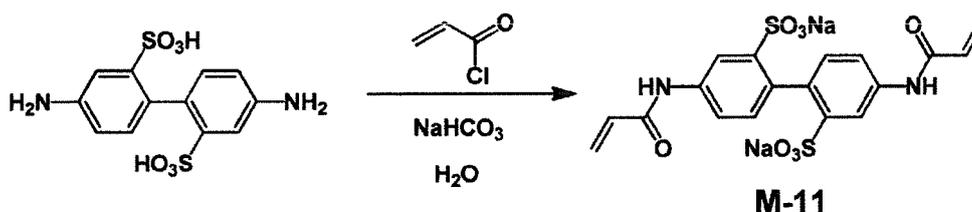
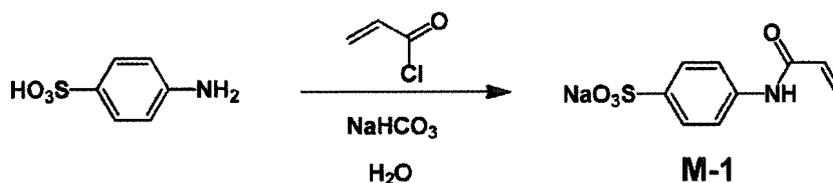
En lo sucesivo en el presente documento, la presente invención se describirá en más detalle por medio de ejemplos; sin embargo, la invención no tiene por objeto limitarse a estos Ejemplos. Paralelamente, a menos que se indique en particular otra cosa, las unidades "partes" y "porcentaje (%)" en la descripción son en masa.

## 1. Ejemplos de síntesis

(1) Síntesis del compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II)

<Síntesis de los compuestos polimerizables (M-1) y (M-11)>

Los compuestos polimerizables (M-1) y (M-11) se sintetizaron de acuerdo con al siguiente esquema de síntesis.



## Síntesis del compuesto polimerizable (M-1)

Se introdujeron 168 g (2,0 mol) de hidrogenocarbonato de sodio (fabricado por Wako Pure Chemical Industries, Ltd., producto N.º 195-01303) y 865 ml de agua de intercambio iónico en un matraz de tres bocas de 2 l y mientras la mezcla se agitaba a temperatura ambiente, se añadieron 173,19 g (1,0 mol) de ácido sulfanílico (fabricado por Wako Pure Chemical Industries, Ltd., producto N.º 194-04535) en pequeñas proporciones. Después de que la mezcla se agitate durante 30 minutos a temperatura ambiente, la mezcla se enfrió con enfriamiento con hielo y continuó la agitación. Mientras la mezcla se agitaba enfriando con hielo, se añadieron lentamente gota a gota a la misma 80,8 ml (1,0 mol) de cloruro de acrililo (fabricado por Wako Pure Chemical Industries, Ltd., producto N.º 013-12485) para mantener la temperatura dentro del sistema a 10 °C o menos. Después de que se completase la adición gota a gota, la mezcla se agitó durante 1 hora con enfriamiento con hielo y después durante 3 horas a temperatura ambiente. La mezcla de reacción se transfirió a un matraz de tres bocas de 5 l, posteriormente se añadieron a la misma 1500 ml de alcohol isopropílico en pequeñas proporciones y los cristales obtenidos de este modo se filtraron. Los cristales se lavaron con 300 ml de alcohol isopropílico y se obtuvieron 100 g (rendimiento: 40 %) de un compuesto polimerizable pretendido (M-1).

RMN-<sup>1</sup>H (300 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>) δ: 10,2 (s, 1H), 7,62 (d, J = 9,0 Hz, 2H), 7,56 (d, J = 9,0 Hz, 2H), 6,45 (dd, J = 10,5, 16,8 Hz, 1H), 6,27 (dd, J = 2,1, 16,8 Hz, 2H), 5,76 (dd, J = 2,1, 10,5 Hz, 2H)

## Síntesis del compuesto polimerizable (M-11)

Se introdujeron 288,29 g (3,43 mol) de hidrogenocarbonato de sodio (fabricado por Wako Pure Chemical Industries, Ltd., producto N.º 195-01303) y 1.343 ml de agua de intercambio iónico en un matraz de tres bocas de 5 l y mientras la mezcla se agitaba a temperatura ambiente, se añadieron 268,6 g (0,78 moles) de ácido 4,4'-bencidina-2,2'-disulfónico (fabricado por Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., producto N.º: B0395) a la misma en pequeñas proporciones. Después de que la mezcla se agitate durante 30 minutos a temperatura ambiente, la mezcla se enfrió con enfriamiento con hielo y continuó la agitación. Mientras la mezcla se agitaba enfriando con hielo, se añadieron lentamente gota a gota a la misma 138,7 ml (1,53 mol) de cloruro de acrililo (fabricado por Wako Pure Chemical Industries, Ltd., producto N.º 013-12485) para mantener la temperatura dentro del sistema a 10 °C o menos. Después de que se completase la adición gota a gota, la mezcla se agitó durante 1 hora con enfriamiento con hielo y después durante 3 horas a temperatura ambiente. Se añadieron 2.686 ml de alcohol isopropílico a la mezcla de reacción en pequeñas proporciones y después se retiró por filtración cualquier material insoluble generado en la misma. El filtrado obtenido de este modo se transfirió a un cubo de acero inoxidable de 30 l y mientras el filtrado se

agitaba a temperatura ambiente, se añadieron al mismo 10.744 ml de alcohol isopropílico en pequeñas proporciones. Los cristales obtenidos de este modo se filtraron y después los cristales se lavaron con 1.074 ml de una solución mixta de alcohol isopropílico:agua (5:1). Por tanto, se obtuvieron 339 g (rendimiento: 87 %) de un compuesto polimerizable pretendido (M-11).

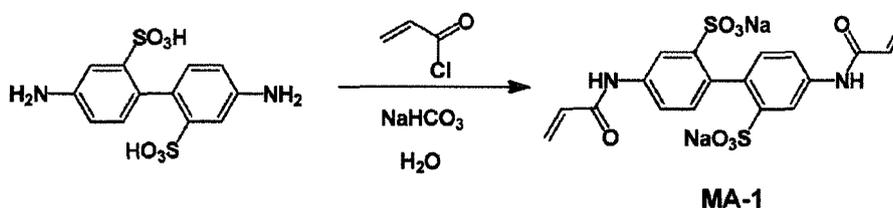
5 RMN-<sup>1</sup>H (300 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>) δ: 10,3 (s, 2H), 8,09 (d, J = 2,4 Hz, 2H), 7,71 (dd, J = 2,4, 8,4 Hz, 2H), 7,16 (d, J = 8,4 Hz, 2H), 7,71 (dd, J = 2,4, 8,4 Hz, 2H)

10 Se sintetizó un compuesto polimerizable (M-10) de la misma manera que en el método de síntesis para el compuesto polimerizable (M-1), y los compuestos polimerizables (M-14), (M-15), (M-16), (M-17), (M-19), (M-20), (M-21) y (M-22) se sintetizaron de la misma manera que en el método de síntesis para el compuesto polimerizable (M-11). Las materias primas del compuesto polimerizable (M-14) pueden proporcionarse de acuerdo con las descripciones de los documentos JP2004-155998A y JP2005-085726A o haciendo referencia a los mismos, y el compuesto polimerizable (M-15) puede sintetizarse usando los métodos que se describen en los documentos JP2003-064048A y JP2003-064181A.

(2) Síntesis del compuesto representado por la Fórmula (MA)

<Síntesis del compuesto (MA-1)>

20



Síntesis del compuesto (MA-1)

25 Se introdujeron 288,29 g (3,43 mol) de hidrogenocarbonato de sodio (fabricado por Wako Pure Chemical Industries, Ltd., producto N.º 195-01303) y 1.343 ml de agua de intercambio iónico en un matraz de tres bocas de 5 l y mientras la mezcla se agitaba a temperatura ambiente, se añadieron 268,6 g (0,78 moles) de ácido 4,4'-bencidina-2,2'-disulfónico (fabricado por Tokyo Chemical Industry Co., Ltd., producto N.º: B0395) a la misma en pequeñas proporciones. Después de que la mezcla se agitase durante 30 minutos a temperatura ambiente, la mezcla se enfrió con enfriamiento con hielo y continuó la agitación. Mientras la mezcla se agitaba enfriando con hielo, se añadieron lentamente gota a gota a la misma 138,7 ml (1,53 mol) de cloruro de acrilóilo (fabricado por Wako Pure Chemical Industries, Ltd., producto N.º 013-12485) para mantener la temperatura dentro del sistema a 10 °C o menos. Después de que se completase la adición gota a gota, la mezcla se agitó durante 1 hora con enfriamiento con hielo y después durante 3 horas a temperatura ambiente. Se añadieron 2.686 ml de alcohol isopropílico a la mezcla de reacción en pequeñas proporciones y después se retiró por filtración cualquier material insoluble generado en la misma. El filtrado obtenido de este modo se transfirió a un cubo de acero inoxidable de 30 l y mientras el filtrado se agitaba a temperatura ambiente, se añadieron al mismo 10.744 ml de alcohol isopropílico en pequeñas proporciones. Los cristales obtenidos de este modo se filtraron y después los cristales se lavaron con 1.074 ml de una solución mixta de alcohol isopropílico:agua (5:1). Por tanto, se obtuvieron 339 g (rendimiento: 87 %) de un compuesto polimerizable pretendido (M-1). El porcentaje de contenido de agua en el compuesto (MA-1) medido mediante el método de Karl-Fischer fue del 15,8 % en masa.

45 RMN-<sup>1</sup>H (300 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>) δ: 10,3 (s, 2H), 8,09 (d, J = 2,4 Hz, 2H), 7,71 (dd, J = 2,4, 8,4 Hz, 2H), 7,16 (d, J = 8,4 Hz, 2H), 7,71 (dd, J = 2,4, 8,4 Hz, 2H)

Síntesis del compuesto (MA-2)

50 Se obtuvo un compuesto (MA-2) neutralizando el compuesto (MA-1) obtenido como se ha descrito anteriormente, con ácido sulfúrico. El porcentaje de contenido de agua en el compuesto (MA-2) medido mediante el método de Karl-Fischer fue del 14,3 % en masa.

2-1. Producción de membrana de intercambio catiónico (Ejemplos 1 a 13 y Ejemplos Comparativos 1 a 4)

55 Entre los compuestos polimerizables (M-1, M-10, M-11, M-14 a M-17, M-19, M-20, M-21 y M-22) representados por la Fórmula (II) de la invención sintetizados como se ha descrito anteriormente, los compuestos que tenían un grupo acrilóilo, que es un grupo polimerizable, se usaron como monómeros para introducir un grupo aniónico y los compuestos que tenían dos o más grupos acrilóilo se usaron como agentes de reticulación que también funcionaron como monómeros para introducir un grupo aniónico. Por tanto, las membranas de intercambio catiónico se produjeron de la siguiente manera.

Paralelamente, en la Tabla 1, los compuestos se clasifican en el monómero para introducir un grupo aniónico y el agente de reticulación, con el fin de aclarar la función de los compuestos polimerizables.

**(Ejemplo 1)**

5 Un líquido de recubrimiento de una composición que tenía la composición indicada en la siguiente Tabla 1 se aplicó  
 10 manualmente sobre una placa de aluminio a una velocidad de aproximadamente 5 m/min, usando una varilla  
 enrollada con alambre de 150 µm. Posteriormente, un tejido no tejido (FO-2223-10 fabricado por Freudenberg & Co.  
 kg, espesor 100 µm) se impregnó con el líquido de recubrimiento. Cualquier exceso de líquido de recubrimiento se  
 retiró usando una varilla que no tenía alambre enrollado sobre la misma. La temperatura del líquido de recubrimiento  
 en el momento de la aplicación era de aproximadamente 40 °C. El soporte impregnado con líquido de recubrimiento  
 se sometió a una reacción de curado por polimerización usando una máquina de exposición a UV (fabricada por  
 Fusion UV Systems, Inc., LIGHT HAMMER 10, válvula D, velocidad del transportador 15 m/min, intensidad del  
 15 100 %) y de este modo se produjo una membrana de intercambio catiónico. El tiempo de polimerización y curado fue  
 de 0,8 segundos. El tiempo de exposición fue de 0,47 segundos. La membrana obtenida de este modo se  
 desprendió de la placa de aluminio y se almacenó en una solución de NaCl 0,1 M durante al menos 12 horas.

**(Ejemplos 2 a 13)**

20 Las membranas de intercambio catiónico de los Ejemplos 2 a 13 se produjeron de la misma manera que en el  
 Ejemplo 1, excepto porque la composición utilizada en la producción de la membrana de intercambio catiónico del  
 Ejemplo 1 se cambió a las composiciones respectivas indicadas en la siguiente Tabla 1.

(Ejemplo Comparativo 1 a Ejemplo Comparativo 4)

25 Las membranas de intercambio catiónico del Ejemplo Comparativo 1 al Ejemplo Comparativo 4 se produjeron de la  
 misma manera que en el Ejemplo 1, excepto porque la composición se cambió a las composiciones respectivas  
 indicadas en la siguiente Tabla 1 con referencia al documento WO2013/011272A.

30 2-2. Producción de membrana de intercambio catiónico (Ejemplos 14 a 20 y Ejemplos Comparativos 5 y 6)

**(Ejemplo 14) (Producción de membrana de intercambio catiónico)**

35 Se produjo una membrana de intercambio catiónico del Ejemplo 14 de la misma manera que en la producción de la  
 membrana de intercambio catiónico del Ejemplo 1, excepto porque se usó un líquido de recubrimiento de una  
 composición que tenía la composición indicada en la siguiente Tabla 2 en lugar del líquido de recubrimiento de la  
 composición que tenía la composición indicada en la siguiente Tabla 1.

**(Ejemplos 15 a 20)**

40 Se produjeron membranas de intercambio catiónico de los Ejemplos 15 a 20 de la misma manera que en el Ejemplo  
 14, excepto porque la composición utilizada en la producción de la membrana de intercambio catiónico del Ejemplo  
 14 se cambió a las composiciones respectivas indicadas en la siguiente Tabla 2.

45 (Ejemplos Comparativos 5 y 6)

Se produjeron membranas de intercambio catiónico de los Ejemplos Comparativos 5 y 6 de la misma manera que en  
 el Ejemplo 14, excepto porque la composición se cambió a las composiciones respectivas indicadas en la siguiente  
 Tabla 2 con referencia al documento WO2013/011272A.

50 Para las membranas de intercambio catiónico producidas en los Ejemplos 1 a 13 y en los Ejemplos Comparativos 1  
 a 4, el coeficiente de permeabilidad al agua, la permeoselectividad, la resistencia eléctrica de la membrana, la  
 relación de reducción de masa de la membrana después del tratamiento ultrasónico y la resistencia al pH se  
 evaluaron de la siguiente manera. Los resultados obtenidos de este modo se presentan en la siguiente Tabla 1.  
 55 Además, para las membranas de intercambio catiónico producidas en los Ejemplos 14 a 20 y en los Ejemplos  
 Comparativos 5 y 6, el coeficiente de permeabilidad al agua, la permeoselectividad, la resistencia eléctrica de la  
 membrana y la resistencia al estallido se evaluaron de la siguiente manera. Los resultados obtenidos de este modo  
 se presentan en la siguiente Tabla 2.

60 [Coeficiente de permeabilidad al agua (ml/m<sup>2</sup>/Pa/h)]

El coeficiente de permeabilidad al agua de la membrana se midió usando un aparato que tenía un canal de flujo 10  
 como se ilustra en la Fig. 1. En la Fig. 1, el número de referencia 1 representa una membrana y los números de  
 referencia 3 y 4 representan respectivamente canales de flujo para una solución de alimentación (agua pura) y una  
 65 solución de extracción (NaCl 3 M). Además, la flecha del número de referencia 2 indica el flujo de agua separada de  
 la solución de alimentación.

Se pusieron en contacto 400 ml de una solución de alimentación y 400 ml de una solución de extracción, con una membrana dispuesta entre ellas (área de contacto de la membrana: 18 cm<sup>2</sup>) y los líquidos respectivos se hicieron fluir en la dirección de la

5 flecha del número de referencia 5 con una bomba peristáltica, a un caudal de 0,11 cm/segundo. La velocidad a la que el agua en la solución de alimentación penetró en la solución de extracción a través de la membrana se analizó midiendo las masas de la solución de alimentación y la solución de extracción a tiempo real y, de este modo, se determinó el coeficiente de permeabilidad al agua.

10 [Permeoselectividad]

La permeoselectividad se calculó midiendo el potencial de membrana (V) mediante la medición del potencial estático de membrana. Se dividieron dos células electrolíticas (células) mediante una membrana como objeto de análisis. Antes del análisis, la membrana se equilibró durante aproximadamente 16 horas en una solución acuosa de NaCl 0,05 M. Posteriormente, se vertieron 100 ml de una solución acuosa de NaCl 0,05 M en una de las células divididas por la membrana. Además, se vertieron 100 ml de una solución acuosa de NaCl 0,5 M en la otra célula dividida por la membrana.

20 Después de que la temperatura de las soluciones acuosas de NaCl en las células se estabilizara a 25 °C usando un baño de agua a temperatura constante, las dos células electrolíticas y un electrodo de referencia Ag/AgCl (fabricado por Metrohm AG) se conectaron mediante un puente salino mientras los dos líquidos se hacían fluir hacia la superficie de la membrana y se midió el potencial de membrana (V). Después, la permeoselectividad  $t$  se calculó mediante la siguiente ecuación (A).

25 Paralelamente, el área eficaz de la membrana era de 1 cm<sup>2</sup>.

$$t = (a + b) / 2b \quad \text{Ecuación (A)}$$

Los detalles de los diversos símbolos en la Ecuación (A) se muestran a continuación.

30

- a: Potencial de membrana (V)
- b:  $0,5915 \log(f_1 c_1 / f_2 c_2)$  (V)
- $f_1, f_2$ : Coeficientes de actividad de NaCl en las dos células
- $c_1, c_2$ : Concentraciones de NaCl en las dos células (M)

35

[Resistencia eléctrica de la membrana  $\Omega \cdot \text{cm}^2$ ]

40 Se limpiaron dos superficies de una membrana que se había sumergido en una solución acuosa de NaCl 0,5 M durante aproximadamente 2 horas con un papel de filtro seco y la membrana se insertó en una célula de dos cámaras (área de membrana eficaz: 1 cm<sup>2</sup>, se usó un electrodo de platino como electrodo). Las dos cámaras se llenaron con 20 ml de una solución acuosa de NaCl 0,5 M y la célula se colocó en un baño de agua a temperatura constante a 25 °C y se dejó reposar en el mismo hasta que se consiguió el equilibrio. Después de que la temperatura del líquido en las células alcanzase exactamente 25 °C, la resistencia eléctrica  $r_1$  se midió por medio de un puente de corriente alterna (frecuencia: 1.000 Hz).

45

Posteriormente, la membrana se retiró y la resistencia eléctrica  $r_2$  se midió entre los dos polos en una solución acuosa de NaCl 0,5 M solamente. Por tanto, la resistencia eléctrica de la membrana,  $R$  ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ ), se determinó calculando  $r_1 - r_2$ .

50 En la siguiente Tabla 1 y Tabla 2, la “resistencia eléctrica de la membrana” se abrevia a “resistencia de la membrana”.

[Relación de reducción de masa de la membrana (%) después del tratamiento ultrasónico]

55 Se vertieron 300 ml de agua de intercambio iónico en un vaso de precipitados de vidrio de 500 ml y cada una de las membranas de intercambio catiónico producidas en los Ejemplos 1 a 13 se sumergió en esta agua de intercambio iónico. Además, la membrana de intercambio catiónico se trató por ultrasonidos durante 60 minutos a 25 °C en un limpiador ultrasónico de mesa 1510 fabricado por Branson Ultrasonics Corp. Las masas de membrana se midieron antes y después del tratamiento ultrasónico y la relación de reducción de masa de la membrana se calculó mediante siguiente ecuación. De este modo, se evaluó la estabilidad de las membranas de intercambio catiónico.

60

(Masa de la membrana antes del tratamiento ultrasónico - masa de la membrana después del tratamiento ultrasónico) ÷ masa de la membrana antes del tratamiento ultrasónico x 100

65 [Resistencia al pH]

5 Se sumergieron respectivamente muestras de ensayo de una membrana en una solución acuosa de ácido clorhídrico a pH 1 y una solución acuosa de hidróxido de sodio a pH 14, y las membranas se mantuvieron allí durante 3 horas a 40 °C. Se calculó la relación del coeficiente de permeabilidad al agua de la membrana antes de la inmersión con respecto al coeficiente de permeabilidad al agua de la membrana después de la inmersión (relación de retención (%)).

10 Tanto para la solución acuosa de ácido clorhídrico a pH 1 como para la solución acuosa de hidróxido de sodio a pH 14, el caso en el que la relación de retención del coeficiente de permeabilidad al agua de la membrana antes y después de la inmersión fue del 90 % o se calificó como “aceptable”; y el caso en el que la relación de retención de la membrana en uno cualquiera de los líquidos fue inferior al 90 % se calificó como “inaceptable”.

[Resistencia al estallido (kg/cm<sup>2</sup>)]

15 La resistencia al estallido se midió usando un aparato de ensayo de resistencia al estallido de tipo Mullen.

20 Para la medición, se usó un aparato de ensayo de resistencia al estallido de tipo Mullen (modelo L) fabricado por Toyo Seiki Seisakusho, Ltd. Se cortó una membrana circular que tenía un diámetro de 100 mm de cada una de las membranas de intercambio catiónico producidas en el Ejemplo 14 al Ejemplo 20 y los Ejemplos Comparativos 5 y 6, y la membrana cortada se usó como muestra de ensayo para la medición. En esta muestra como un todo, se aplicó presión a un área circular arbitraria que tenía un diámetro de 31,75 mm hasta que la muestra de ensayo estalló y la presión en el punto temporal de estallido se designó como resistencia al estallido.

Tabla 1

	Nombre/título/elemento de evaluación	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4	Ejemplo 5	Ejemplo 6	Ejemplo 7
Monómero para introducir el grupo aniónico	AMPS	16,04	16,04	16,04	16,04	16,04	16,04	0
	Vinilbencenosulfonato de sodio	0	0	0	0	0	0	0
Agente de reticulación	M-1	0	0	0	0	0	0	50,3
	M-10	0	0	0	0	0	0	0
	MBA	0	0	0	0	0	0	12
	BAMPS	0	0	0	0	0	0	0
	M-11	18	0	0	0	0	0	0
	M-14	0	18	0	0	0	0	0
	M-15	0	0	18	0	0	0	0
	M-16	0	0	0	18	0	0	0
	M-17	0	0	0	18	0	0	0
	M-19	0	0	0	0	18	0	0
Disolvente	M-20	0	0	0	0	0	18	0
	M-21	0	0	0	0	0	0	0
	M-22	0	0	0	0	0	0	0
	Agua	18,35	18,35	18,35	18,35	18,35	18,35	12,5
	IPA	0	0	0	0	0	0	18
	NaOH	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	0
Estabilizador	Genorad 16	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,5
	Darocur 1173	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Espesor de la membrana	Espesor de la membrana (µm)	133	132	134	135	132	133	130
	Coefficiente de permeabilidad al agua (ml/m <sup>2</sup> /Pa/h)	4,81 x 10 <sup>-5</sup>	4,9 x 10 <sup>-5</sup>	3,5 x 10 <sup>-5</sup>	4,7 x 10 <sup>-5</sup>	4,6 x 10 <sup>-5</sup>	3,9 x 10 <sup>-5</sup>	3,7 x 10 <sup>-5</sup>
Durabilidad	Permeoselectividad	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,95
	Relación de reducción de masa de la membrana (%) después del tratamiento ultrasónico	3,5	3,7	3,2	2,9	3,6	3,3	3,8
Resistencia al pH	Resistencia al pH	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3
		Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable

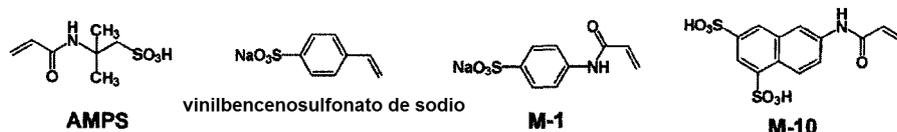
Tabla 1 (continuación)

	Nombre/título/elemento de evaluación	Ejemplo 8	Ejemplo 9	Ejemplo 10	Ejemplo 11	Ejemplo 12	Ejemplo 13
Monómero para introducir el grupo aniónico	AMPS	0	16,04	0	0	6,04	6,04
	Vinilbencenosulfonato de sodio	0	0	0	0	0	0
	M-1	0	0	16,04	0	0	0
	M-10	50,3	0	0	16,04	0	0
Agente de reticulación	MBA	12	0	0	0	0	0
	BAMPS	0	0	0	0	0	0
	M-11	0	18	18	18	0	0
	M-14	0	0	0	0	0	0
	M-15	0	0	0	0	0	0
	M-16	0	0	0	0	0	0
	M-17	0	18	0	0	0	0
	M-19	0	0	0	0	0	0
	M-20	0	0	0	0	0	0
	M-21	0	0	0	0	0	0
	M-22	0	0	0	0	0	0
	M-22	0	0	0	0	0	0
Disolvente	Agua	12,5	12,5	12,5	12,5	18,35	18,35
	IPA	18	18	18	18	0	0
Base	NaOH	0	0	0	0	0	0
	Genorad 16	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Estabilizador	Fotocur 1173	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Espeador de la membrana	134	130	134	134	128	130
Rendimiento del intercambio iónico	Coefficiente de permeabilidad al agua (ml/m <sup>2</sup> /Pa/h)	3,3 x 10 <sup>-5</sup>	3,2 x 10 <sup>-5</sup>	3,1 x 10 <sup>-5</sup>	3,1 x 10 <sup>-5</sup>	2,9 x 10 <sup>-5</sup>	2,9 x 10 <sup>-5</sup>
	Permeosselectividad	0,95	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98
Durabilidad	Resistencia de la membrana (Ω·cm <sup>2</sup> )	3,3	3,8	3,9	3,9	2,7	2,7
	Relación de reducción de masa de la membrana (%) después del tratamiento ultrasónico	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Resistencia al pH	Resistencia al pH	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable

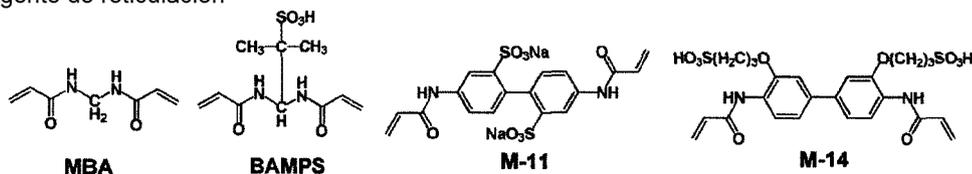
Tabla 1 (continuación)

	Nombre/título/elemento de evaluación	Ejemplo Comparativo 1	Ejemplo Comparativo 2	Ejemplo Comparativo 3	Ejemplo Comparativo 4
Monómero para introducir el grupo aniónico	AMPS	24,6	50,3	42,7	0
	Vinilbencenosulfonato de sodio	0	0	0	50,3
	M-1	0	0	0	0
	M-10	0	0	0	0
	MBA	0	12	8,5	12
Agente de reticulación	BAMPS	37,3	0	0	0
	M-11	0	0	0	0
	M-14	0	0	0	0
	M-15	0	0	0	0
	M-16	0	0	0	0
	M-17	0	0	0	0
	M-19	0	0	0	0
	M-20	0	0	0	0
	M-21	0	0	0	0
	M-22	0	0	0	0
Disolvente	Agua	37,1	28,4	12,5	18,35
	IPA	0	0	18,1	0
Base	NaOH	0	0	0	0
Estabilizador	Genorad 16	0,5	0,5	0,5	0,5
	Darocur 1173	0,5	0,5	0,5	0,5
Espesor de la membrana	Espesor de la membrana (µm)	183	173	163	150
	Coefficiente de permeabilidad al agua (ml/m <sup>2</sup> /Pa/h)	10,1 x 10 <sup>-5</sup>	13,2 x 10 <sup>-5</sup>	6,5 x 10 <sup>-5</sup>	18,2 x 10 <sup>-5</sup>
Rendimiento del intercambio iónico	Permeoselectividad	0,95	0,94	0,93	0,43
	Resistencia de la membrana (Ω·cm <sup>2</sup> )	4,1	3,2	4,3	8,3
Durabilidad	Relación de reducción de masa de la membrana (%) después del tratamiento ultrasónico	0,6	3,9	3,9	15,1
	Resistencia al pH	Acceptable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable

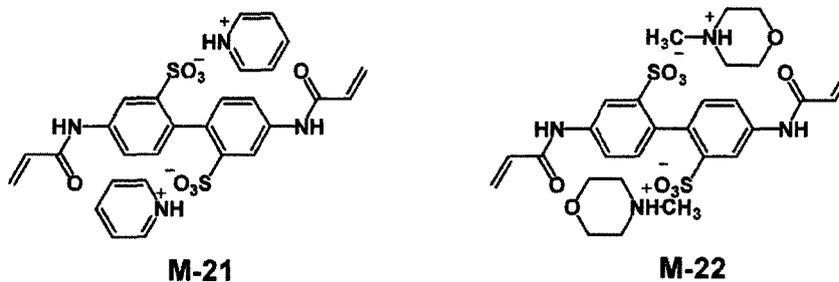
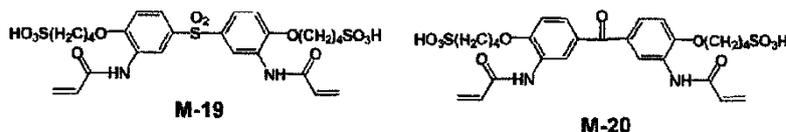
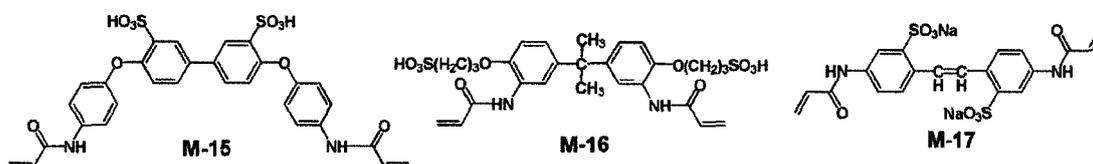
Monómero para introducir el grupo aniónico.



Agente de reticulación



5



10

[Descripción de las abreviaturas utilizadas en la Tabla 1]

Genorad 16: Nombre comercial, fabricado por Rahn AG

15

Darocur 1173: Nombre comercial, fabricado por Ciba Specialty Chemicals Corp.

IPA es isopropanol como disolvente.

20

Como puede observarse en la Tabla 1, las membranas de intercambio catiónico de los Ejemplos 1 a 13 que contenían un polímero que contenía una estructura representada por la Fórmula (I), que se había producido usando el compuesto polimerizable representado por la Fórmula (II) de la invención, presentaron todos resultados satisfactorios con respecto a la permeoselectividad, el coeficiente de permeabilidad al agua, la resistencia de la membrana, la durabilidad (relación de reducción de masa de la membrana después del tratamiento ultrasónico) y la resistencia al pH. Por el contrario, las membranas de intercambio catiónico de los Ejemplos Comparativos que utilizaron agentes de reticulación que eran compuestos polimerizables conocidos convencionalmente, fueron inferiores a las membranas de intercambio catiónico de los Ejemplos 1 a 13 con respecto al coeficiente de permeabilidad al agua, la durabilidad y la resistencia al pH.

25

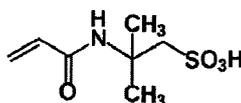
30

Además, se comprendió que cuando se usó vinylbenzenosulfonato de sodio como monómero catiónico, puesto que la polimerización y el curado se produjeron de manera insuficiente, las membranas presentaron un rendimiento bajo con respecto al coeficiente de permeabilidad al agua y la resistencia de la membrana.

Tabla 2

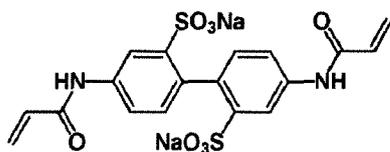
	Ejemplo 14	Ejemplo 15	Ejemplo 16	Ejemplo 17	Ejemplo 18	Ejemplo 19	Ejemplo 20	Ejemplo Comparativo 5	Ejemplo Comparativo 6
Agua	15,96	32,32	32,60	32,33	39,61	25,85	24,22	37,10	28,20
Genorad 16	0,38	0,33	0,33	0,34	0,31	0,33	0,33	0,50	0,50
LiOH·H <sub>2</sub> O	6,41								9,900
NaOH		5,44	4,93	3,66	1,26	5,44	9,89		
AMPS	32,26	28,25	25,58	18,96	6,52	28,25	28,25	24,600	15,900
IPA	5,84					6,46	6,46		
MA-1	38,02	31,71	34,58	42,72	50,54	31,71			
MA-2							29,37		
BAMPS								37,30	45,00
Darocur 1173	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50
Tego Glide 432	0,75	0,98	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98		
Permeoselectividad	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,97	0,97
Coefficiente de permeabilidad al agua (ml/m <sup>2</sup> /Pa/h)	6,7 x 10 <sup>-5</sup>	7,0 x 10 <sup>-5</sup>	5,5 x 10 <sup>-5</sup>	4,5 x 10 <sup>-5</sup>	6,5 x 10 <sup>-5</sup>	7,0 x 10 <sup>-5</sup>	7,2 x 10 <sup>-5</sup>	9,8 x 10 <sup>-5</sup>	9,5 x 10 <sup>-5</sup>
Resistencia de la membrana (Ω·cm <sup>2</sup> )	1,9	1,8	2,0	2,3	1,8	1,9	1,8	2,8	2,2
Espesor de la membrana (µm)	130	132	132	132	130	130	133	135	133
Resistencia al estallido (kg/cm <sup>2</sup> )	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,1	3,1	2,8	2,9
Coefficiente de permeabilidad al agua / (1 / resistencia de la membrana)	13 x 10 <sup>-5</sup>	13 x 10 <sup>-5</sup>	11 x 10 <sup>-5</sup>	10 x 10 <sup>-5</sup>	11,7 x 10 <sup>-5</sup>	13 x 10 <sup>-5</sup>	13 x 10 <sup>-5</sup>	27 x 10 <sup>-5</sup>	21 x 10 <sup>-5</sup>
Compuesto polifuncional / (todos los compuestos polimerizables) [proporción molar]	0,30	0,29	0,33	0,45	0,74	0,29	0,29	0,53	0,68

Compuesto monofuncional

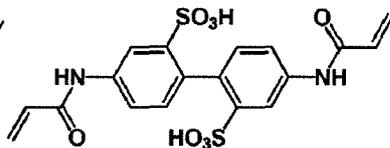


**AMPS**

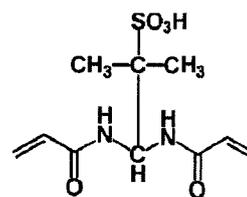
5 Compuesto polifuncional



**MA-1**



**MA-2**



**BAMPS**

[Descripción de las abreviaturas utilizadas en la Tabla 2]

10

Genorad 16: Nombre comercial, fabricado por Rahn AG

Darocur 1173: Nombre comercial, fabricado por Ciba Specialty Chemicals Corp.

15 Tego Glide 432: Nombre comercial, Evonik Industries AG

IPA es isopropanol como disolvente.

20 Como puede observarse en la Tabla 2, las membranas de intercambio catiónico de los Ejemplos 14 a 20 que contenían un polímero que contenía una estructura representada por la Fórmula (P1), que se había producido usando el compuesto polimerizable representado por la Fórmula (MA) de la invención, presentaron todos resultados satisfactorios con respecto a la permeoselectividad, el coeficiente de permeabilidad al agua y la resistencia de la membrana, y los valores de resistencia al estallido también fueron tan altos como de 3,0 kg/cm<sup>2</sup> o más. Por el contrario, las membranas de intercambio catiónico de los Ejemplos Comparativos 5 y 6 que utilizaron agentes de reticulación que eran compuestos polimerizables conocidos convencionalmente, fueron inferiores a las membranas de intercambio catiónico de los Ejemplos 14 a 20 con respecto al coeficiente de permeabilidad al agua.

25

Además, los valores del coeficiente de permeabilidad al agua / (1 / resistencia de la membrana), es decir, el coeficiente de permeabilidad al agua / permeabilidad iónica, de las membranas de intercambio catiónico de los Ejemplos 14 a 20 fueron más bajos que los valores del coeficiente de permeabilidad al agua/permeabilidad iónica de las membranas de intercambio catiónico de los Ejemplos Comparativos 5 y 6.

30

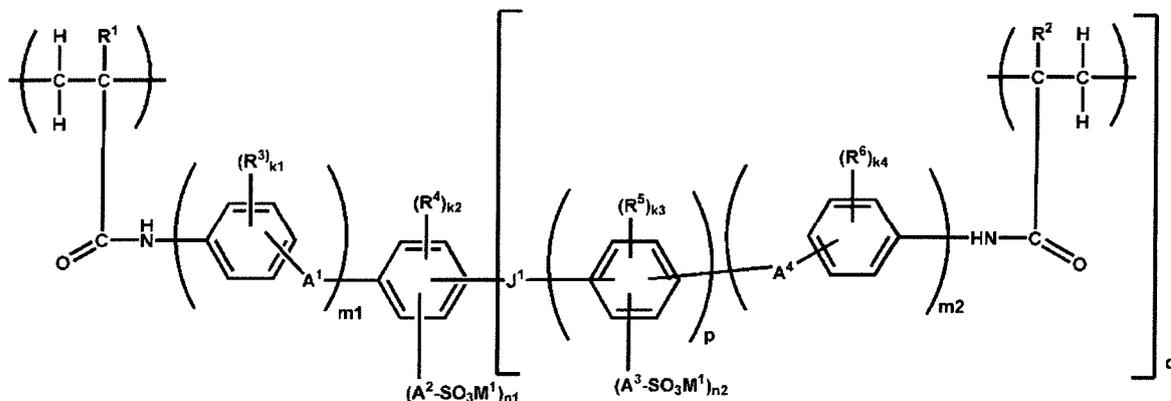
La invención se ha explicado junto con sus realizaciones de ejemplo; sin embargo, a menos que se indique en particular otra cosa, esto no tiene por objeto limitar de ninguna manera la invención a ninguno de los detalles de la descripción de la invención.

35

## REIVINDICACIONES

1. Una membrana polimérica funcional que comprende un polímero que contiene al menos una estructura representada por la siguiente Fórmula (I):

5



Fórmula (I)

10 en la que:

R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> representan cada uno independientemente un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> lineal o ramificado;

15 R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup> y R<sup>6</sup> representan cada uno independientemente un sustituyente seleccionado entre un grupo alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo cicloalquilo C<sub>3</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alquenilo C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alquinilo C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo arilo C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo amino C<sub>0</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alcoxi C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo ariloxi C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo oxi heterocíclico C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo acilo C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alcoxicarbonilo C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo ariloxicarbonilo C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo aciloxi C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo acilamino C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alcoxicarbonilamino C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo ariloxicarbonilamino C<sub>7</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alquil- o arilsulfonilamino C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo sulfamoilo C<sub>0</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo carbamoilo C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alquiltio C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo ariltio C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo tio heterocíclico C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alquil- o arilsulfonilo C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo alquil- o arilsulfinilo C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo ureido C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo amida de ácido fosfórico C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo hidroxilo, un grupo mercapto, un átomo de halógeno, un grupo ciano, un grupo sulfo, un grupo carboxilo, un grupo oxo, un grupo nitro, un grupo hidroxámico, un grupo sulfinio, un grupo hidrazino, un grupo imino, un grupo heterocíclico C<sub>1</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo sililo C<sub>3</sub>-C<sub>40</sub> y un grupo sililoxi C<sub>3</sub>-C<sub>40</sub>;

20 k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub> y k<sub>4</sub> representan cada uno independientemente 0 o un número entero;

en el caso en el que haya presente una pluralidad de R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup> y R<sup>6</sup>, los R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup> y R<sup>6</sup> plurales pueden ser respectivamente idénticos o diferentes entre sí, o pueden estar unidos entre sí y formar un anillo saturado o insaturado condensado con el anillo de fenilo;

25 A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, A<sup>3</sup> y A<sup>4</sup> representan cada uno independientemente un enlace sencillo o un grupo enlazador divalente;

M<sup>1</sup> representa un ion de hidrógeno, un ion de base orgánica o un ion de metal; en el caso en el que haya presente una pluralidad de M<sup>1</sup>, los M<sup>1</sup> plurales pueden ser idénticos o diferentes entre sí;

n<sub>1</sub> y n<sub>2</sub> representan cada uno independientemente un número entero de 1 a 4;

m<sub>1</sub> y m<sub>2</sub> representan cada uno independientemente 0 o 1;

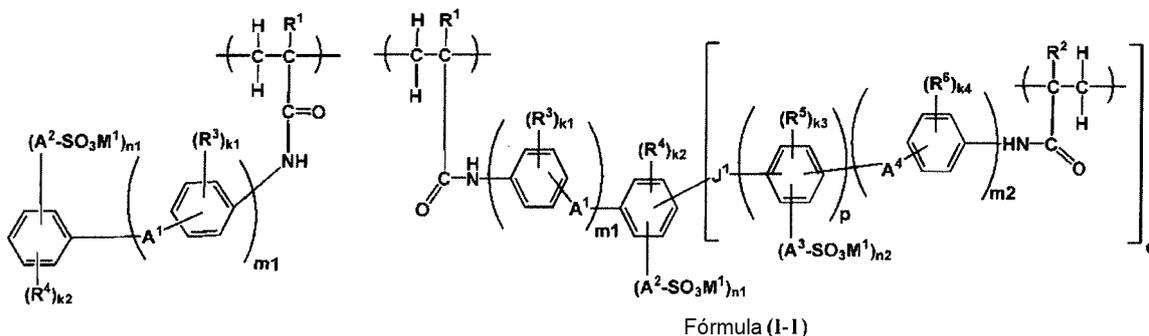
30 J<sup>1</sup> representa un enlace sencillo, -O-, -S-, -SO<sub>2</sub>-, -CO-, -CR<sup>8</sup>R<sup>9</sup>- o un grupo alquenileno;

R<sup>8</sup> y R<sup>9</sup> representan cada uno independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo metilo o un átomo de flúor;

p representa un número entero de 1 o mayor; y

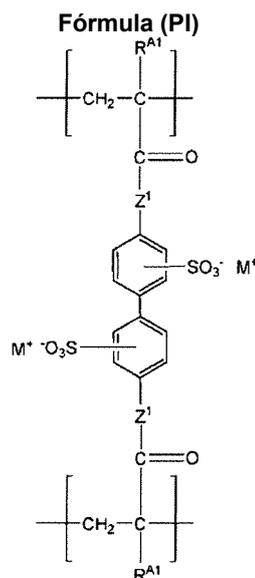
q representa un número entero de 0 a 4.

40 2. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con la Reivindicación 1, en la que el polímero que contiene al menos una estructura representada por la Fórmula (I) es un copolímero que comprende las siguientes dos unidades estructurales:



en la que R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup>, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub>, k<sub>4</sub>, A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, A<sup>3</sup>, A<sup>4</sup>, M<sup>1</sup>, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>, J<sup>1</sup>, p y q son como se definen en la Reivindicación 1.

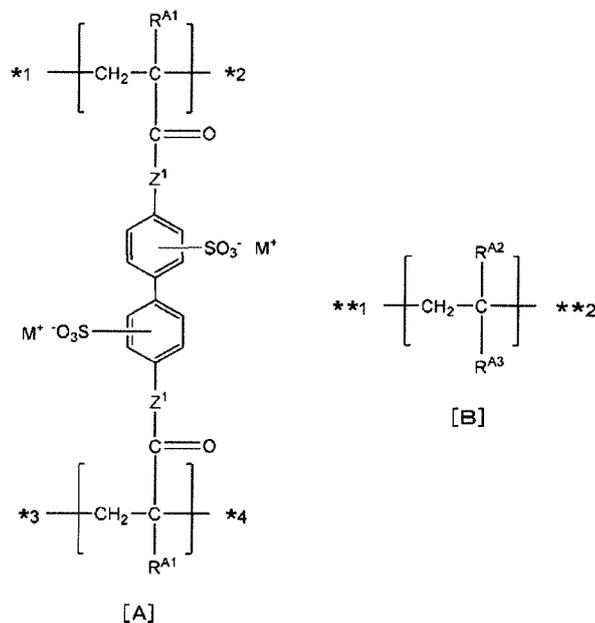
- 5
3. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con la Reivindicación 1, en la que R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> representan átomos de hidrógeno.
- 10
4. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con la Reivindicación 1, en la que R<sup>8</sup> y R<sup>9</sup> son cada uno independientemente un grupo metilo o un átomo de flúor.
- 15
5. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con la Reivindicación 1 o la Reivindicación 2, en donde la membrana comprende un soporte poroso y el polímero que contiene al menos la estructura representada por la Fórmula (I) está formado sobre al menos la superficie del soporte poroso.
- 20
6. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con la Reivindicación 5, en la que el polímero que contiene al menos la estructura representada por la Fórmula (I) rellena los poros del soporte poroso.
- 25
7. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con la Reivindicación 5 o la Reivindicación 6, en la que el soporte poroso es un tejido o un tejido no tejido.
8. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con la Reivindicación 6 o la Reivindicación 7, en la que el polímero que contiene al menos la estructura representada por la Fórmula (I) es un polímero que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (P1), y la membrana polimérica funcional tiene una estructura en la que el polímero está sobre la superficie y/o incrustado en los poros del soporte poroso y tiene una resistencia al estallido de 3,0 kg/cm<sup>2</sup> o más:



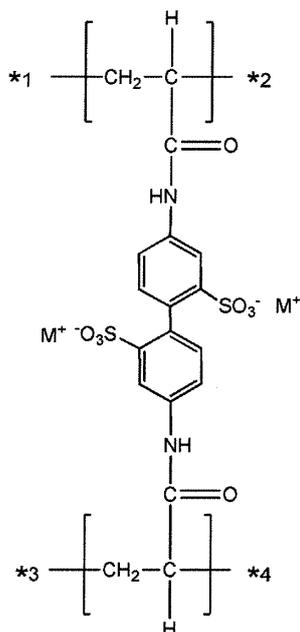
en la que R<sup>A1</sup> representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> lineal o ramificado; Z<sup>1</sup> representa -O- o -NRa-, en donde Ra representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> lineal o ramificado; y M<sup>+</sup> representa un ion de hidrógeno o un ion de metal alcalino.

- 35
9. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con la Reivindicación 6, en la que el polímero que contiene una

estructura representada por la Fórmula (P1) es un copolímero que comprende las estructuras [A] y [B]:



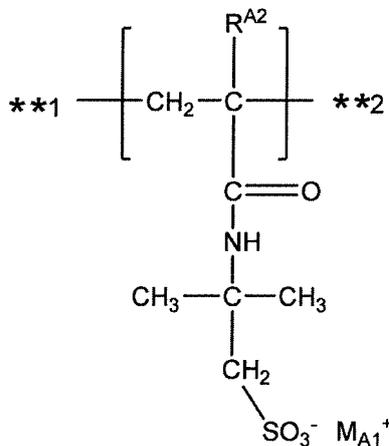
- 5 en las que  $R^{A1}$ ,  $Z^1$  y  $M^+$  son como se definen en la Reivindicación 6;  $R^{A2}$  representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo, y  $R^{A3}$  representa un grupo orgánico que no tiene ningún grupo etilénicamente insaturado, en las que uno cualquiera de \*1 a \*4 de al menos una estructura [A] está unido a \*\*1 o \*\*2 de al menos una estructura [B].
- 10 10. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con la Reivindicación 8 o la Reivindicación 9, en la que  $R^{A1}$  y/o  $R^{A2}$  son cada uno un átomo de hidrógeno; y  $Z^1$  representa -NRA- como se define en la Reivindicación 6.
11. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con cualquier Reivindicación anterior, en la que  $M^1$  representa un ion de base orgánico.
- 15 12. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 8 a 11, en la que  $M^+$  representa un ion de sodio.
- 20 13. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 8 a 12, en la que la Fórmula (P1) es:



en la que M<sup>+</sup> representa un ion de hidrógeno o un ion de metal alcalino; y \*1 a \*4 representan sitios de unión.

14. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con la Reivindicación 9 o la Reivindicación 10, en la que la estructura [B] es:

5



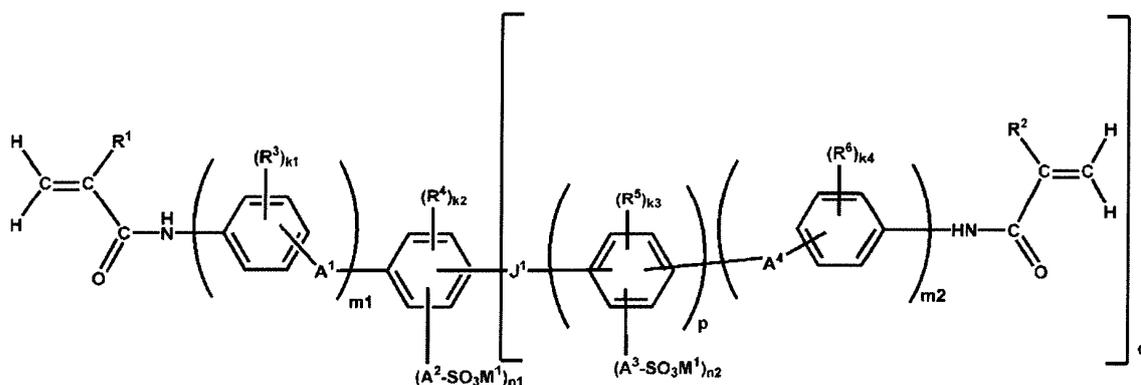
en la que R<sup>A2</sup>, \*\*1 y \*\*2 son como se definen en la reivindicación 7; y M<sub>A1</sub><sup>+</sup> representa un ión de hidrógeno o un ión de metal alcalino.

10

15. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con cualquier Reivindicación anterior, en la que la membrana polimérica funcional tiene un espesor de 150 µm o menos.

16. Una membrana polimérica funcional de acuerdo con cualquier Reivindicación anterior, en la que la membrana polimérica funcional se forma sometiendo una composición que contiene un compuesto polimerizable representado por la siguiente Fórmula (II) a una reacción de curado por polimerización:

15



Fórmula (II)

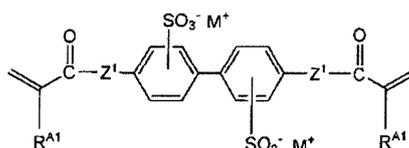
20

en la que R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup>, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub>, k<sub>4</sub>, A<sup>1</sup>, A<sup>2</sup>, A<sup>3</sup>, A<sup>4</sup>, M<sup>1</sup>, n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>, J<sup>1</sup>, p y q son como se definen en la Reivindicación 1.

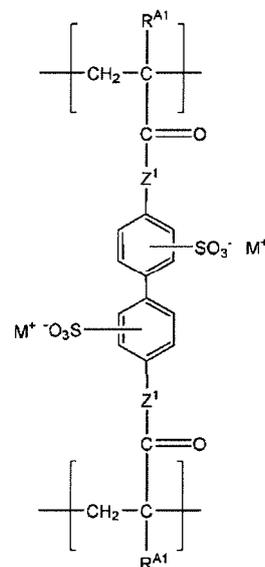
17. Un método para producir una membrana polimérica funcional que comprende someter una composición que contiene un compuesto representado por la siguiente Fórmula (MA) a una reacción de polimerización sobre la superficie y/o en los poros de un soporte poroso, y formando de este modo un polímero reticulado que contiene una estructura representada por la siguiente Fórmula (P1) para producir una membrana polimérica funcional que tiene una resistencia al estallido de 3,0 kg/cm<sup>2</sup> o más:

25

Fórmula (MA)



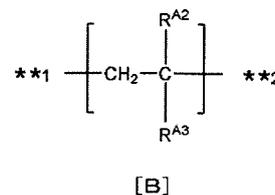
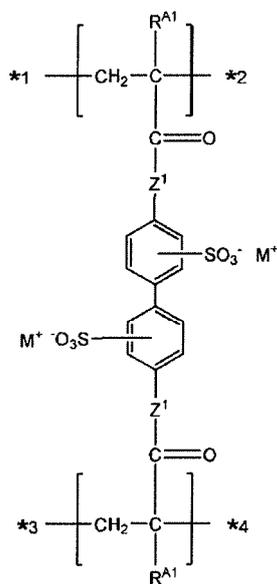
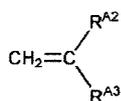
Fórmula (PI)



5 en la que R<sup>A1</sup> representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> lineal o ramificado; Z<sup>1</sup> representa -O- o -NRa-, en donde Ra representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> lineal o ramificado; y M<sup>+</sup> representa un ion de hidrógeno o un ion de metal alcalino.

10 18. Un método para producir una membrana polimérica funcional de acuerdo con la Reivindicación 17, en el que la composición incluye adicionalmente un compuesto representado por la siguiente Fórmula (MB), y un copolímero reticulado que contiene las estructuras [A] y [B] se forma mediante una reacción de polimerización de la composición sobre la superficie y/o en los poros del soporte poroso para producir una membrana polimérica funcional que tiene una resistencia al estallido de 3,0 kg/cm<sup>2</sup> o más:

Fórmula (MB)



[A]

15 en la que R<sup>A1</sup>, Z<sup>1</sup> y M<sup>+</sup> son como se definen en la Reivindicación 17, R<sup>A2</sup> representa un átomo de hidrógeno o un grupo alquilo; R<sup>A3</sup> representa un grupo orgánico que no tiene ningún grupo etilénicamente insaturado, en las que uno cualquiera de \*1 a \*4 de al menos una estructura [A] está unido a \*\*1 o \*\*2 de al menos una estructura [B].

20 19. Un método de acuerdo con la Reivindicación 17 o la Reivindicación 18, en el que en el caso en el que el número de moles de todos los compuestos polimerizables incluidos en la composición se designa como 100, el número de moles incluidos en el polímero representado por la Fórmula (MA) es 28 o más.

20. Un método de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 17 a 19, en el que la composición incluye el 5-50 % en masa de un disolvente.

5 21. Un método de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 17 a 20, en el que la reacción de polimerización se realiza en condiciones de irradiación con radiación ultravioleta o un haz de electrones, calentamiento o una combinación de los mismos.

FIG. 1

