

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 740 126**

51 Int. Cl.:

**C02F 1/54** (2006.01)

**C02F 1/56** (2006.01)

**C01F 7/06** (2006.01)

**C08F 8/42** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2015 PCT/US2015/065810**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2016 WO16100336**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2015 E 15821207 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 3233737**

54 Título: **Composiciones inhibidoras de incrustaciones y métodos de uso**

30 Prioridad:

**17.12.2014 US 201462092950 P**

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

**05.02.2020**

73 Titular/es:

**CYTEC INDUSTRIES INC. (100.0%)  
504 Carnegie Center  
Princeton, NJ 08540, US**

72 Inventor/es:

**SONG, AIRONG;  
ZHANG, LEI;  
CYWAR, DOUGLAS;  
CHEN, HAUNN-LIN, TONY y  
TAYLOR, MATTHEW**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 740 126 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Composiciones inhibidoras de incrustaciones y métodos de uso

Esta solicitud de patente reivindica prioridad a la solicitud de patente pendiente 62/092950 presentada el 17 de diciembre de 2014, incorporada en la presente memoria en su totalidad.

## 5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención Esta invención se refiere a polímeros, composiciones y métodos para prevenir o reducir la formación de incrustaciones silíceas en un proceso industrial susceptible de formación de incrustaciones silíceas.

10 Descripción de la técnica relacionada Existen dos procesos principales para recuperar alúmina a partir del mineral de bauxita en bruto o bauxita; concretamente, el proceso Bayer y el proceso de sinterización. Los procesos de recuperación de alúmina incluyen también mezclas de esos dos procesos, al igual que modificaciones de cada proceso.

15 En ambos procesos, la alúmina se recupera a partir del mineral de bauxita en bruto o bauxita. El tipo de proceso de recuperación utilizado se determina por el tipo de bauxita a partir del que se recupera la alúmina —bauxita laterítica o bauxita kárstica. Aproximadamente un noventa por ciento de las reservas de bauxita explotables del mundo son lateríticas, que son más fáciles de digerir que la bauxita kárstica y que se tratan típicamente por medio de variaciones del proceso Bayer.

20 Mineralógicamente, la bauxita se compone principalmente de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), denominado comúnmente como alúmina, al igual que de óxido de hierro y otras impurezas, conocidas comúnmente como "lodo rojo" debido al color rojo provocado por el óxido de hierro. Estas impurezas adicionales, presentes en cantidades inferiores en el mineral, incluyen sílice, minerales de aluminosilicato y materiales orgánicos.

25 El proceso de sinterización es una alternativa o adyuvante del proceso Bayer, y se utiliza comúnmente para tratar bauxitas que tienen un alto contenido en sílice (por ejemplo, bauxita kárstica). En el proceso de sinterización, la bauxita (o "lodo rojo") se calcina a 1200 °C con sosa y/o cal antes de lixiviarla con disolución de NaOH, lo que genera un líquido de aluminato de sodio (denominado también comúnmente como "líquido verde sobresaturado") y "lodo de sinterización" insoluble.

30 El proceso Bayer es el principal método para recuperar alúmina a partir de bauxita en todo el mundo. En el proceso Bayer, se calienta primero mineral de bauxita en bruto triturado o se digiere con una disolución sumamente cáustica denominada como el líquido de digestión. En términos generales, el líquido de digestión incluye una disolución cáustica de hidróxido de sodio (NaOH) junto con el líquido residual reciclado a partir del proceso de precipitación de alúmina. Este proceso de disolución se realiza a altas temperaturas para disolver por completo todos los minerales que contienen aluminio, especialmente, trihidrato de alúmina (gibbsita) y monohidrato de alúmina (boehmita y/o diásporo), lo que produce una disolución sobresaturada de aluminato de sodio ( $\text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{Na}^+$ ) o "líquido impregnante". La disolución cáustica utilizada para disolver los minerales de aluminio puede disolver también parte o todo el contenido de sílice presente en la bauxita, especialmente, el sílice presente en forma de arcillas de aluminosilicato. Además, los óxidos de hierro de lodo rojo permanecen sin disolver en este líquido de digestión y se deben retirar antes del aislamiento de la alúmina purificada.

35 Las concentraciones resultantes de los materiales disueltos en el líquido impregnante son muy altas, con concentraciones de hidróxido de sodio que son típicamente 150 gramos/litro ("g/l") o superiores, y 120 g/l de alúmina disuelta o más. Cualquier sólido no disuelto restante se separa físicamente de la disolución de aluminato, con uno o más floculantes poliméricos utilizados para acelerar la retirada de partículas sólidas finas. Estos sólidos suspendidos residuales se retiran durante una etapa de filtración.

40 Una vez que se filtra, el líquido impregnante aclarado se enfría entonces y se esparce con trihidrato de alúmina para precipitar una porción de la alúmina disuelta en forma de trihidrato de alúmina ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), que se aísla entonces por medio de sedimentación y/o filtración antes de calcinarlo. Después de esta etapa de precipitación de la alúmina, la disolución con bajo contenido en sólidos restante (también denominada "líquido residual") se vuelve a calentar y se recicla a la etapa de digestión. Durante la digestión, algunos de los minerales de silicato presentes en la bauxita triturada se disuelven rápidamente en la disolución cáustica para formar disoluciones sobresaturadas con sílice. Al menos parte de este sílice disuelto reacciona entonces con el aluminato de sodio ( $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ ) presente en la disolución para formar aluminosilicatos de sodio hidratados complejos, designados generalmente como productos de desilicación o "DSP". Las especies de DSP incluyen sodalita, al igual que cancrinita y noseana, y se denominan generalmente como aluminosilicato de sodio.

45 Los DSP tienen una baja solubilidad en líquido de aluminato de sodio y se precipitan en gran parte fuera de la disolución, retirando así el sílice indeseable de la disolución. A medida que el líquido empobrecido en alúmina se recalienta, la velocidad de precipitación del sílice en forma de sodalita aumenta notablemente a medida que aumenta la temperatura debido a una cinética más rápida. Esta precipitación se produce a medida que se forman incrustaciones en el interior de los tubos del intercambiador de calor y se produce una pérdida significativa de

transferencia de calor. Además del coste obvio de mantenimiento y del trabajo requerido para limpiar las incrustaciones en los intercambiadores de calor, el impacto de las incrustaciones se puede ver también en un aumento en el consumo de energía, flujos de líquido reducidos, rendimiento reducido, evaporación reducida e, incluso, producción reducida.

5 Las plantas de recuperación de alúmina pueden realizar un "proceso de doble flujo", el líquido residual con un bajo contenido en sólidos reciclado de la etapa de precipitación se calienta antes de su adición al mineral de bauxita en la etapa de digestión. Ya que el líquido residual aún contiene aniones de aluminato y silicato disueltos, un procesamiento posterior de este líquido, especialmente tratamiento térmico, provoca con frecuencia sedimentación de incrustaciones de aluminosilicato en la superficie del equipo del proceso de recuperación de alúmina tal como intercambiadores de calor, como se señaló anteriormente.

10 En las plantas de recuperación de alúmina que realizan un "proceso de flujo único", el mineral de bauxita fresco se mezcla con el líquido residual reciclado antes de calentarlo de camino a la digestión. Como tal, en procesos de flujo único, el líquido que se expone a superficies del intercambiador de calor contiene también sólidos de lodo rojo que se originan a partir de la bauxita recién cargada. Por lo tanto, en procesos de flujo único, el flujo del proceso Bayer, que es propenso a formar incrustaciones, se contamina además con cantidades significativas de sólidos de lodo rojo sin disolver (es decir, un contenido de sólidos significativamente mayor), lo que reduce notablemente la eficacia de los procesos de inhibición de la técnica anterior, tales como el proceso de doble flujo descrito anteriormente. La cantidad de sólidos de lodo rojo sin disolver presente en el líquido del intercambiador de calor en una planta de flujo único puede ser como mucho 30-150 g/l o más, frente a los 10 mg/l o menos en un proceso de doble flujo con un bajo contenido en sólidos. Por lo tanto, existe una necesidad de mejorar los métodos de inhibición de formación de incrustaciones en la superficie de equipos de proceso Bayer en plantas de flujo único.

15 Se han desarrollado varios agentes antiincrustantes o inhibidores de incrustaciones, que incluyen los grupos que contienen  $-\text{Si}(\text{OR})_n$ , y métodos para su uso. Un método de este tipo es la dosificación de inhibidores de incrustaciones que contienen sílice. Además de la dosificación de los inhibidores de incrustaciones que contienen grupos  $-\text{Si}(\text{OR})_n$ , otras técnicas han incluido adición directa (dosificación a granel) de siliconatos de metilo y etilo al líquido del proceso recuperación de alúmina, al igual que una variedad de otros compuestos tales como amonio, amina aromática, compuestos de amina, compuestos poliméricos de amonio cuaternario, polímeros de poliamina, copolímeros de ácido acrílico y acrilamida y poli(acrilamidas). Se conocen también la dosificación a granel de partículas de sílice y la dosificación de polímeros solubles en agua con grupos de ácido carboxílico en líquido de Bayer.

20 Además de la dosificación a granel, otros métodos para reducir incrustaciones de aluminosilicato en procesos de recuperación de alúmina se describen en el documento US2015/0175844.

25 Otros procesos enseñan el pretratamiento de superficies de equipos de proceso de recuperación de alúmina con resinas de epoxi/uretano termoestables para inhibir la formación de incrustaciones. Este proceso de revestimiento implica una reacción de curado que es laboriosa y lleva mucho tiempo, y que requiere además el uso de una resina de capa gruesa que podría comprometer la transferencia de calor.

30 La publicación internacional WO2008045677 describe poliaminas que contienen Si modificadas hidrofólicamente útiles para tratar las incrustaciones en flujos de procesos industriales. El documento US5346628 describe que el lodo rojo se somete a floculación en los líquidos del proceso Bayer utilizando un polímero que contiene vinilamina y/o vinilformamida.

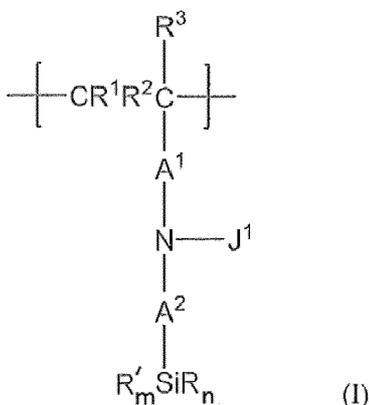
35 Muchos de los agentes antiincrustantes disponibles actualmente no funcionan bien en presencia de una gran cantidad de sólidos suspendidos tal como se encuentran en el proceso Bayer de flujo único. En los calentadores de digestión del proceso de flujo único, la dosis mínima de agente antiincrustante (concentración mínima inhibitoria o CMI) añadida al flujo del proceso para reducir o prevenir incrustaciones en la pared aumenta a medida que aumenta la cantidad de sólidos en el flujo del proceso. Para flujos que tienen un nivel alto (por ejemplo, 10 %) de sólidos, la CMI puede ser tan alta que la adición de agente antiincrustante se vuelve poco práctica y/o poco rentable.

40 Aun así, los antiincrustantes poliméricos que contienen Si tales como antiincrustantes basados en poliamina que contienen Si y los métodos de uso de los mismos representan un avance significativo en la técnica en la inhibición eficaz de la formación de incrustaciones en flujos de procesos industriales. Los antiincrustantes de este tipo se producen por medio de modificación de una poliamina convencional tal como diaminas simples, por ejemplo, etilendiamina, hexametilendiamina, isofofundiamina, xilendiamina, bis(aminometil)ciclohexano, trimetilhexanodiaminas o poliaminas de grupo funcional superior, por ejemplo, dietilentriamina, tetraetilenpentamina y polietilenimina (PEI) con un compuesto reactivo con amina que contiene silanol o grupos precursores de silanol. Las poliaminas de grupo funcional superior se producen por medio de polimerización de condensación en la que diaminas simples reaccionan con un comonomero disfuncional, por ejemplo, dihaloalcano. Típicamente, la PEI se fabrica por medio de polimerización por apertura de anillo de etilenimina. Actualmente, los antiincrustantes basados en PEI son el estado de la técnica en la industria, pero son caros de fabricar y requieren el uso de un monómero tóxico etilenimina. Cabe señalar que todos estos antiincrustantes de la técnica anterior requieren la presencia de un grupo N en la cadena principal de la molécula, ya que hasta ahora se creía que esta característica era esencial en

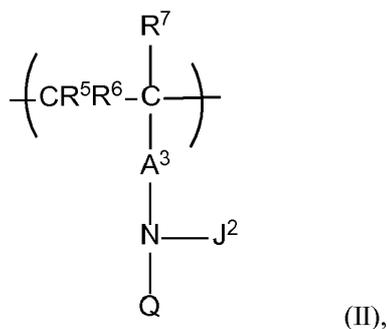
este campo. Sorprendentemente, ahora se ha descubierto que poliaminas modificadas con silano que no contienen un grupo N en la cadena principal de la molécula son inhibidores de incrustaciones útiles. A diferencia de los inhibidores de incrustaciones de poliamina de la técnica anterior, las poliaminas modificadas con silano de la presente invención se fabrican de manera convencional por medio de polimerización por radicales de un compuesto que contiene un grupo amina o un grupo precursor de amina y un grupo que se puede polimerizar por medio de iniciación de radicales tales como un grupo vinilo, alilo, acrilamida o acrililo. Este método de preparación puede dar lugar a un peso molecular mayor, uso de materias primas de toxicidad inferior y costes de fabricación inferiores, todos los cuales son características sumamente deseables.

Compendio de la invención

- 10 En la actualidad, se han desarrollado poliaminas que contienen Si funcionalizadas innovadoras, derivadas de poli(aminas primarias) tales como polivinilamina y polialilamina, para inhibir la formación de incrustaciones en flujos de procesos industriales. Estas poli(aminas primarias) se pueden funcionalizar con compuestos reactivos con amina y compuestos reactivos con amina que contienen también grupos silano, con el producto resultante adecuado para su uso como antiincrustante en procesos de recuperación de alúmina.
- 15 Por consiguiente, se proporciona en la presente memoria un polímero inhibidor de incrustaciones que incluye una unidad monomérica A según la fórmula (I):



y una unidad monomérica B según la fórmula (II):



- 20 en donde cada R es independientemente hidroxilo, alcoxi C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, oxialquilenilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, ariloxi C<sub>6-12</sub> opcionalmente sustituido u -OM; M es un ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o N(R<sup>4</sup>)<sub>4</sub><sup>+</sup>; cada grupo R' es un grupo alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> o aralquilo C<sub>7-12</sub>; n es 1, 2 o 3 y m es 0, 1 o 2; R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup> y R<sup>7</sup> son cada uno independientemente hidrógeno o un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; A<sup>1</sup> y A<sup>3</sup> son cada uno independientemente un enlace directo o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; A<sup>2</sup> es un enlace directo o un grupo conector orgánico que comprende entre 1 a 20 carbonos; J<sup>1</sup> y J<sup>2</sup> son cada uno independientemente H o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; y Q es independientemente hidrógeno o un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos. Se ha descubierto que los polímeros de este tipo son eficaces en la reducción de incrustaciones en procesos de recuperación de alúmina.

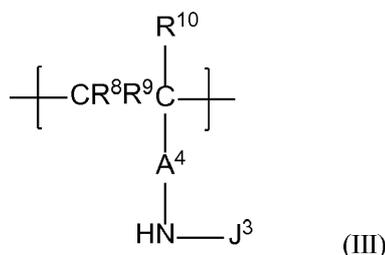
Otro aspecto de esta descripción se refiere a un producto de reacción polimérico de una poliamina con un compuesto de silano y con un compuesto que contiene grupos hidrofóbicos,

en donde el compuesto de silano incluye un grupo -SiR'<sub>m</sub>R<sub>n</sub> y un grupo reactivo con amina, en donde cada R es independientemente hidroxilo, alcoxi C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, oxialquilenilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, ariloxi

C<sub>6-12</sub> opcionalmente sustituido u -OM; M es un ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o N(R<sup>4</sup>)<sub>4</sub><sup>+</sup>; cada grupo R' es independientemente un grupo alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> o aralquilo C<sub>7-12</sub>; y n = 1, 2 o 3 y m = 0, 1 o 2;

5 en donde el compuesto que contiene grupos hidrofóbicos incluye un grupo reactivo con amina y al menos un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido elegido de entre alquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7-20</sub> opcionalmente sustituido y oxialquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido; y

en donde la poliamina incluye una unidad monomérica C según la fórmula (III):



10 en donde R<sup>8</sup>, R<sup>9</sup> y R<sup>10</sup> son cada uno independientemente hidrógeno o alquilo C<sub>1-6</sub>; A<sup>4</sup> es un enlace directo o un alquileno C<sub>1-6</sub> opcionalmente sustituido; y J<sup>3</sup> es al menos un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido elegido de entre el grupo alquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7-20</sub> opcionalmente sustituido y oxialquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido.

15 En la presente memoria, se proporciona también un método para reducir la formación de incrustaciones silíceas en un proceso industrial que es susceptible de formación de incrustaciones silíceas, que comprende añadir una cantidad reductora de incrustaciones de un polímero a un flujo de proceso industrial, en donde el polímero comprende una unidad monomérica A según la fórmula (I).

20 La presente invención proporciona además otro método para reducir incrustaciones que contienen aluminosilicato en un proceso de recuperación de alúmina. Este método incluye identificar una superficie de equipo de proceso de recuperación de alúmina que se somete a formación de incrustaciones durante el proceso de recuperación de alúmina. La superficie de este equipo de proceso se pone en contacto entonces con una composición inhibidora de incrustaciones en una cantidad eficaz para formar una superficie tratada que es más resistente a la formación de incrustaciones tras el contacto subsecuente con un flujo de proceso de recuperación de alúmina que, por el contrario, una superficie no tratada comparable. La superficie pretratada del equipo se pone en contacto entonces con el flujo de proceso de recuperación de alúmina. Los sólidos suspendidos en el flujo de proceso de recuperación de alúmina pueden estar presentes en una cantidad de entre un 0,01 % a un 60 % en peso, basado en el peso total del flujo de proceso de recuperación de alúmina.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Definiciones

30 Tal como se utiliza en la presente memoria, "C<sub>a</sub> a C<sub>b</sub>" o "C<sub>a-b</sub>", en los que "a" y "b" son enteros, se refiere al número de átomos de carbono en el grupo especificado. Esto es, el grupo puede contener de entre "a" a "b", inclusive, átomos de carbono. Por lo tanto, por ejemplo, un grupo "alquilo C<sub>1</sub> a C<sub>4</sub>" o "alquilo C<sub>1-4</sub>" se refiere a todos los grupos alquilo que tienen entre 1 a 4 carbonos, esto es, CH<sub>3</sub>-, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH-, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)- y (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>C-.

35 Los términos "halógeno" o "halo", tal como se utilizan en la presente memoria, significan cualquiera de los isótopos estables de la columna 7 de la tabla periódica de los elementos (por ejemplo, flúor, cloro, bromo o yodo, con flúor y cloro como preferidos).

40 Tal como se utiliza en la presente memoria, "alquilo" se refiere a una cadena de hidrocarburos lineal o ramificada que está completamente saturada (es decir, no contiene dobles ni triples enlaces). El grupo alquilo puede tener entre 1 a 20 átomos de carbono (cuando aparece en la presente memoria, un intervalo numérico tal como "entre 1 a 20" se refiere a cada entero en el intervalo dado, por ejemplo, "entre 1 a 20 átomos de carbono" significa que el grupo alquilo puede consistir en 1 átomo de carbono, 2 átomos de carbono, 3 átomos de carbono, etc., hasta e incluidos 20 átomos de carbono, aunque la presente definición abarca también la aparición del término "alquilo" cuando no se designa un intervalo numérico). El grupo alquilo puede tener también un alquilo de tamaño medio que tiene entre 1 a 9 átomos de carbono. El grupo alquilo podría tener también un alquilo menor que tiene entre 1 a 4 átomos de carbono. El grupo alquilo de los compuestos se puede designar como "alquilo C<sub>1-4</sub>" o designaciones similares. A modo de ejemplo solo, "alquilo C<sub>1-4</sub>" indica que hay entre uno a cuatro átomos de carbono en la cadena del alquilo (es decir, la cadena del alquilo se selecciona de entre el grupo que consiste en metilo, etilo, propilo, isopropilo, n-butilo, isobutilo, sec-butilo y t-butilo). Los grupos alquilo típicos incluyen metilo, etilo, propilo, isopropilo, butilo, isobutilo, butilo terciario, pentilo y similares.

Tal como se utiliza en la presente memoria, "alcoxi" se refiere a la fórmula -OR en donde R es un alquilo como se definió anteriormente, tal como "alcoxi C<sub>1-9</sub>", que incluye, pero no se limita a, metoxi, etoxi, n-propoxi, 1-metiletoxi (isopropoxi), n-butoxi, iso-butoxi, sec-butoxi y tert-butoxi y similares.

5 Se entenderá que ciertas convenciones en la denominación de los radicales pueden incluir tanto un monorradical como un birradical, dependiendo del contexto. Por ejemplo, cuando un sustituyente requiera dos puntos de fijación al resto de la molécula, se entenderá que el sustituyente es birradical. Por ejemplo, un sustituyente identificado como alquilo que requiere dos puntos de fijación incluye birradicales tales como CH<sub>2</sub>·, ·CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>·, ·CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>· y similares. Otras convenciones en la denominación de radicales indican expresamente que el radical es un birradical tal como "alquileno" o "alquenileno".

10 Tal como se utiliza en la presente memoria, "alquileno" significa un grupo químico birradical completamente saturado de cadena ramificada o lineal que contiene solo carbono e hidrógeno que se fija al resto de la molécula por medio de dos puntos de fijación (es decir, un alcanediilo). El grupo alquileno puede tener entre 1 a 20 átomos de carbono, aunque la presente definición abarca también la aparición del término alquileno cuando no se designa un intervalo numérico. El grupo alquileno puede tener también un alquileno de tamaño medio que tiene entre 1 a 9 átomos de carbono. El grupo alquileno podría tener también un alquileno menor que tiene entre 1 a 4 átomos de carbono. El grupo alquileno se puede designar como "alquileno C<sub>1-4</sub>" o designaciones similares. A modo de ejemplo solo, "alquileno C<sub>1-4</sub>" indica que hay entre uno a cuatro átomos de carbono en la cadena del alquileno, por ejemplo, la cadena del alquileno se selecciona de entre el grupo que consiste en metileno, etileno, etan-1,1-diilo, propileno, propan-1,1-diilo, propan-2,2-diilo, 1-metil-etileno, butileno, butan-1,1-diilo, butan-2,2-diilo, 2-metil-propan-1,1-diilo, 1-metil-propileno, 2-metil-propileno, 1,1-dimetil-etileno, 1,2-dimetil-etileno y 1-etil-etileno.

20 Tal como se utiliza en la presente memoria, "silano halógeno funcional" significa un compuesto de silano que contiene uno o más sustituyentes halógeno. A modo de ejemplo solo, el silano halógeno funcional incluye, pero no se limita a, ((clorometil)feniletel)-trimetoxisilano (incluidos los isómeros m, p y combinaciones de los mismos), (p-clorometil)feniltrietoxi-silano, clorometiltrietoxisilano, 3-cloropropiltrietoxisilano, 3-cloropropiltrietoxisilano, 7-bromoheptiltrietoxisilano, 3-bromopropiltrietoxisilano, 11-bromoundeciltrimetoxisilano, 3-iodopropiltrietoxisilano, 3-(trimetoxisililpropil)-2-bromo-2-metilpropionato, clorometilmetildietoxisilano, ((clorometil)feniletel)-metildimetoxisilano (incluidos los isómeros m, p y combinaciones de los mismos), 3-cloropropilmetildimetoxi-silano, 3-cloroisobutildimetilmetoxi-silano, clorometildimetiletoxosilano, 3-cloropropildimetiletoxosilano, 2-cloroetilclorosilano, clorometildimetilclorosilano, clorometiltriclorosilano, 1-trimetoxisilil-2(p,m-clorometil)feniletano y 3-cloropropildimetilmetoxi-silano.

25 Tal como se utiliza en la presente memoria, "silano epoxi funcional" significa un compuesto de silano que contiene uno o más sustituyentes epoxi. A modo de ejemplo solo, el silano epoxi funcional incluye, pero no se limita a, 2-(3,4-epoxiciclohexil)etil-trietoxisilano, 2-(3,4-epoxiciclohexil)etil-trietoxisilano, (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano, (3-glicidoxipropil)trietoxisilano, 5,6-epoxihexiltrietoxisilano, (3-glicidoxipropil)metildietoxi-silano y (3-glicidoxipropil)dimetiletoxi-silano.

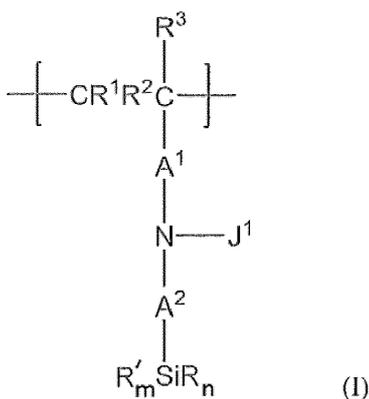
30 Tal como se utiliza en la presente memoria, "silano isocianato funcional" significa un compuesto de silano que contiene uno o más sustituyentes isocianato. A modo de ejemplo solo, el silano isocianato funcional incluye, pero no se limita a 3-isocianatopropiltrietoxisilano, (isocianatometil)metildimetoxi-silano, 3-isocianatopropiltrietoxi-silano, tris(3-trimetoxisililpropil)isocianurato, (3-trietoxisililpropil)-t-butylcarbamat, trietoxisililpropiletilcarbamat, (isocianatometil)trimetoxysilano y 3-tiocianatopropiltrietoxisilano.

La expresión "grupo reactivo con amina", tal como se utiliza en la presente memoria, se refiere a un grupo funcional que puede reaccionar con un grupo amina primario y/o secundario. Los ejemplos de grupo reactivo con amina incluyen, pero no se limitan a, grupo halógeno, grupo epoxi, grupo haluro de acilo, grupo anhídrido succínico y/o grupo isocianato.

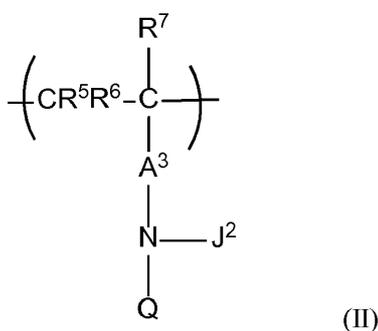
45 La expresión "cantidad reductora de incrustaciones", tal como se utiliza en la presente memoria, se refiere a una cantidad que es eficaz para reducir significativamente la formación de incrustaciones del proceso industrial. Por ejemplo, una cantidad reductora de incrustaciones de un polímero, cuando se utiliza en el proceso industrial según el método descrito en la presente memoria, puede proporcionar una reducción en la formación de incrustaciones de al menos un 5 % en comparación con el proceso industrial que no tiene polímero añadido.

50 Polímeros que contienen silicio

En la presente memoria, se proporciona un polímero que comprende una unidad monomérica A según la siguiente fórmula (I) –



y una unidad monomérica B según la fórmula (II) –



5 en donde cada R es independientemente hidroxi, alcoxi C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, oxialquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, ariloxi C<sub>6-12</sub> opcionalmente sustituido u -OM; M es un ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o N(R<sup>4</sup>)<sub>4</sub><sup>+</sup>; cada R<sup>4</sup> es independientemente H o un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; R' es un grupo alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-20</sub> o aralquilo C<sub>7-20</sub>; y n = 1, 2 o 3; m = 0, 1 o 2; R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup> y R<sup>7</sup> son cada uno independientemente H o un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; A<sup>1</sup> y A<sup>3</sup> son cada uno independientemente un enlace directo o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; J<sup>1</sup> y J<sup>2</sup> son cada uno independientemente H o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; A<sup>2</sup> es un enlace directo o un grupo conector orgánico que comprende entre 1 a 20 carbonos; y Q es independientemente H o un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos.

15 En ciertas realizaciones preferidas, n = 3 y m = 0. En otras realizaciones preferidas, J<sup>1</sup> y J<sup>2</sup> = H o CH<sub>3</sub>; R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup> y R<sup>7</sup> son H; R<sup>4</sup> es H o un grupo alquilo C<sub>1-4</sub>; y la unidad monomérica B consiste tanto en grupos amina primarios no reactados como en grupos amina sustituidos reactados con grupos hidrofóbicos. En una realización, A<sup>1</sup> y A<sup>3</sup> son cada uno independientemente un enlace directo. En otra realización, A<sup>1</sup> y A<sup>3</sup> son cada uno independientemente un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos. Los radicales hidrocarbilo A<sup>1</sup> y A<sup>3</sup> pueden contener uno o más heteroátomos tales como O, N y P. Los ejemplos de radicales hidrocarbilo opcionalmente sustituidos incluyen grupos alquileno C<sub>1-20</sub> o alquiloalquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituidos o oxialquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido; -(CH<sub>2</sub>)-, -(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-, -(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-, -(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-, o -(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>-; -(CH<sub>2</sub>)<sub>a</sub>-CH(OH)-(CH<sub>2</sub>)<sub>b</sub>-, en donde cada uno de a y b es independientemente un entero en el intervalo de 0 a 10; (CH<sub>2</sub>)<sub>a</sub>-CH(OH)-CH<sub>2</sub>-O-(CH<sub>2</sub>)<sub>b</sub>-, en donde cada uno de a y b es independientemente un entero en el intervalo de 0 a 10; y grupos -CH<sub>2</sub>-CH(OH)-CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-. En algunas realizaciones A<sup>1</sup> y A<sup>3</sup> son independientemente grupos -CH<sub>2</sub>-. En algunas realizaciones, Q es un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos. En algunas realizaciones, Q es un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 3 a 20 carbonos. En algunas realizaciones, Q es un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 o 12 átomos de carbono.

30 En algunas realizaciones, A<sup>2</sup> es un grupo conector orgánico que comprende entre 1 a 20 carbonos. El radical hidrocarbilo A<sup>2</sup> puede contener uno o más heteroátomos tales como O, N y P. Los ejemplos de grupo conector orgánico A<sup>2</sup> incluyen grupos alquileno C<sub>1-20</sub> o alquiloalquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituidos o oxialquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido; -(CH<sub>2</sub>)-, -(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-, -(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>-, -(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-, o -(CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>-; -(CH<sub>2</sub>)<sub>a</sub>-CH(OH)-(CH<sub>2</sub>)<sub>b</sub>-, en donde cada uno de a y b es independientemente un entero en el intervalo de 0 a 10; (CH<sub>2</sub>)<sub>a</sub>-CH(OH)-CH<sub>2</sub>-O-(CH<sub>2</sub>)<sub>b</sub>-, en donde cada uno de a y b es independientemente un entero en el intervalo de 0 a 10; y grupos -CH<sub>2</sub>-CH(OH)-CH<sub>2</sub>-O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-.

En una realización preferida,  $n = 3$  y  $m = 0$ ;  $J^1$  y  $J^2 = H$ ;  $R^1, R^2, R^3, R^5, R^6$  y  $R^7$  son H;  $R^4$  es H o un grupo alquilo  $C_{1-4}$ ;  $A^1$  y  $A^3$  son independientemente grupos  $-CH_2-$ ;  $A^2$  es un grupo  $CH_2-CH(OH)-CH_2-O-CH_2-CH_2-CH_2-$  y Q es un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos.

En algunas realizaciones, M es  $Na^+$  o  $NH_4^+$  o cualquier combinación de los mismos.

- 5 La cantidad de unidad monomérica A según la fórmula (I) en el polímero puede variar dependiendo de la cantidad de otras unidades monoméricas en el polímero. Preferiblemente, la cantidad de unidad monomérica A según la fórmula (I) está presente en el polímero en una cantidad de entre un 1 % a un 99 % por mol, basado en las unidades monoméricas totales en el polímero; preferiblemente, entre un 2 % a un 50 % por mol, más preferiblemente, entre un 5 % a un 30 % por mol; e, incluso más preferiblemente, entre un 10 % a un 20 % por mol, basado en las unidades monoméricas totales en el polímero.

- 10 La cantidad de unidad monomérica B según la fórmula (II) en el polímero puede variar dependiendo de la cantidad de otras unidades monoméricas en el polímero. Preferiblemente, la cantidad de unidad monomérica B según la fórmula (II) está presente en el polímero en una cantidad de entre un 1 % a un 98 % por mol, basado en las unidades monoméricas totales en el polímero; más preferiblemente, entre un 1 % a un 91 % por mol, más preferiblemente, entre un 40 % a un 91 % por mol; e, incluso más preferiblemente, entre un 40 % a un 85 % por mol, basado en las unidades monoméricas totales en el polímero.

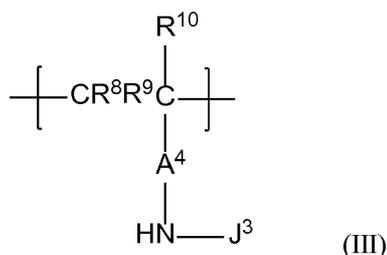
- 15 El polímero descrito en la presente memoria puede incluir, además de la unidad monomérica A y la unidad monomérica B, una o más de otras unidades monoméricas que pueden constituir el resto del polímero. La una o más de otras unidades monoméricas puede incluir una unidad monomérica de vinilamina en donde la amina es una amina primaria no reactada. Además, el polímero descrito en la presente memoria puede incluir cualquier comonomero adecuado conocido por un experto en la técnica.

Productos de reacción poliméricos que contienen silicio

En otro aspecto, se proporciona un producto de reacción polimérico de una poliamina con un compuesto de silano y un compuesto que contiene grupos hidrofóbicos,

- 25 en donde el compuesto de silano incluye un grupo  $-SiR_nR'_m$  y un grupo reactivo con amina; en donde cada R es independientemente hidroxilo, alcoxi  $C_{1-6}$  opcionalmente sustituido u  $-OM^a$ ;  $M^a$  es un ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o  $N(R^b)_4^+$ ; y  $n = 1, 2$  o  $3$ ;  $m = 0, 1$  o  $2$ ; y cada grupo  $R'$  es un grupo alquilo  $C_{1-20}$  opcionalmente sustituido, arilo  $C_{6-12}$  o aralquilo  $C_{7-12}$ ;

- 30 en donde el compuesto que contiene grupos hidrofóbicos incluye un grupo reactivo con amina y al menos uno seleccionado de entre alquileo  $C_{1-20}$  opcionalmente sustituido y oxialquileo  $C_{1-20}$  opcionalmente sustituido; y en donde la poliamina incluye una unidad monomérica C según la fórmula (III) –



- 35 en donde  $R^8, R^9$  y  $R^{10}$  son cada uno independientemente H o alquilo  $C_{1-6}$ ;  $A^4$  es un enlace directo o un grupo alquileo  $C_{1-20}$  opcionalmente sustituido, aralquilo  $C_{7-20}$ , arilo  $C_{6-12}$  o alqueno  $C_{1-6}$ ; y  $J^3$  es al menos hidrógeno o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido elegido de entre los grupos alquileo  $C_{1-20}$  opcionalmente sustituido, aralquilo  $C_{7-20}$  opcionalmente sustituido y oxialquileo  $C_{1-20}$  opcionalmente sustituido.

El compuesto que contiene grupos hidrofóbicos incluye un grupo reactivo con amina que no contiene un grupo  $-SiR_nR'_m$ .

En una realización,  $R^8, R^9$  y  $R^{10}$  son cada uno H;  $A^4$  es un grupo  $-CH_2-$  o un enlace directo; y  $J^3$  es H.

- 40 Los ejemplos de compuestos de silano de realizaciones preferidas incluyen silano halógeno funcional, silano epoxi funcional o silano isocianato funcional. Los compuestos de silano epoxi funcional incluyen glicidoxipropiltrimetoxisilano y (5,6-epoxihetil)trietoxisilano.

Los ejemplos de compuestos que contienen grupos hidrofóbicos preferidos incluyen 1-bromopropano, óxido de propileno, butilglicidil éter, 1,2-epoxidodecano, (2,3-epoxipropil)benceno y 1,2-epoxihexano.

El producto de reacción polimérico que contiene silicio descrito en la presente memoria puede ser un copolímero y contener dos o más tipos de unidades monoméricas. En una realización, el producto de reacción polimérico comprende unidad monomérica A según la fórmula (I) y una unidad monomérica B según la fórmula (II). El producto de reacción polimérico puede incluir además una o más de otras unidades monoméricas diferentes de la unidad monomérica A y la unidad monomérica B. Por ejemplo, el producto de reacción polimérico puede comprender una unidad monomérica A según la fórmula (I), una unidad monomérica B según la fórmula (II) y una unidad monomérica C según la fórmula (III). Otras unidades monoméricas pueden ser cualquier unidad comonomérica adecuada conocida por un experto en la técnica. Los comonomeros adecuados incluyen acetato de vinilo, acrilonitrilo, estireno, ácido acrílico y sus ésteres, acrilamida y acrilamidas sustituidas tales como ácido acrilamidometilpropanosulfónico (AMPS).

En algunas realizaciones, la poliamina es un homopolímero o copolímero de polivinilamina o sales de la misma con minerales o ácidos orgánicos, por ejemplo, las sales de hidrocloreuro o hidrosulfato. El (co)polímero de polivinilamina se puede preparar por medio de métodos conocidos por un experto en la técnica. Por ejemplo, es conveniente polimerizar un monómero de vinil amida tal como vinil formamida o vinil acetamida con o con monómeros adicionales, para formar tanto un homopolímero como un copolímero de vinil amida y realizar luego una etapa de hidrólisis por la que el grupo amida se convierte en un grupo amina primario formando así el (co)polímero de polivinilamina. Los comonomeros adecuados incluyen (alquil)acrilamidas tales como acrilamida, metacrilamida, N,N-dimetilacrilamida, ácido acrílico y sus sales, ácido metacrílico y sus sales, ácido acrilamidopropanosulfónico y sus sales, ésteres de acrilato tales como acrilato de metilo, metacrilato de metilo.

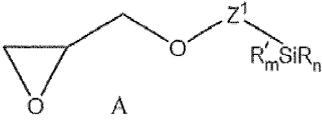
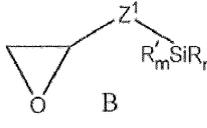
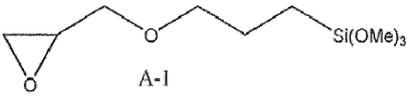
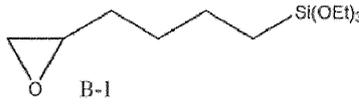
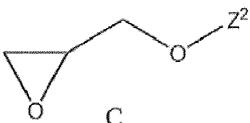
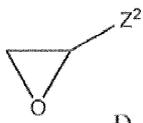
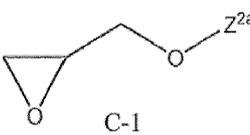
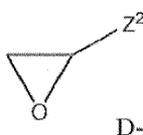
En algunas realizaciones, la poliamina es un homopolímero o copolímero de polialilamina o sales de la misma con minerales o ácidos orgánicos, por ejemplo, las sales de hidrocloreuro o hidrosulfato. Por ejemplo, es conveniente polimerizar un monómero de alilamina o sales de la misma tanto con ella misma para formar un homopolímero como con un comonomero tal como (alquil)acrilamidas tales como acrilamida, metacrilamida, N,N-dimetilacrilamida, ácido acrílico y sus sales, ácido metacrílico y sus sales, ácido acrilamidopropanosulfónico y sus sales, ésteres de acrilato tales como acrilato de metilo, metacrilato de metilo.

#### Métodos de fabricación

Los polímeros descritos en la presente memoria se pueden preparar por medio de polimerización de uno o más monómeros utilizando un método de polimerización conocido en la técnica, por ejemplo, por medio de polimerización por radicales o polimerización aniónica, utilizando calor, luz, haz de electrones o radiación como energía de iniciación de la polimerización. Se prefiere la polimerización por radicales libres. Las poliaminas modificadas con silano de la presente invención se fabrican de manera convencional por medio de polimerización por radicales de un compuesto que contiene un grupo amina o un grupo precursor de amina y un grupo que se puede polimerizar por medio de iniciación de radicales tales como grupos vinilo, alilo, acrilamida o acrilolo. Se puede utilizar cualquier técnica de polimerización adecuada conocida por un experto en la técnica, que incluye, pero no se limita a, polimerización en masa, polimerización en solución, polimerización en emulsión, polimerización en emulsión inversa y polimerización en suspensión. Por ejemplo, se puede fabricar poli(alilamina-HCl) (PM ~ 10K Da) por medio de polimerización por radicales de alilamina-HCl utilizando un azo iniciador soluble en agua tal como 2,2'-azobis(2-metilpropionamida)dihidrocloreuro (disponible comercialmente como V-50 de Wako Chemicals USA, Inc., Richmond, Virginia, EE. UU.). Un método para fabricar polivinilamina (PM ~ 10 KDa) puede ser la degradación de Hofmann de poli(acrilamida según A. Achari *et al.*, "Preparation of polyvinylamine from polyacrylamide: a reinvestigation of the Hofmann reaction", Makromol. Chem., vol. 194, pp. 1879-1891 (1993). También, se pueden preparar (co)polímeros de polivinilamina y sus sales por medio de una secuencia de reacción de (co)polimerización/hidrólisis en la que es conveniente polimerizar un monómero de vinil amida tal como vinil formamida o vinil acetamida con o con monómeros adicionales, para formar tanto un homopolímero como un copolímero de vinil amida y realizar luego una etapa de hidrólisis por la que los grupos amida se convierten en grupos amina primarios formando así el (co)polímero de polivinilamina. Un proceso de este tipo se describe en el documento US 4.275.002. En un proceso de polimerización por radicales preferido, el iniciador puede ser un azo iniciador tal como V50 o un iniciador del par redox o una combinación de ambos. Típicamente, los iniciadores redox emplean un componente oxidante tal como un peróxido, por ejemplo, t-butilhidroperóxido o un persulfato tal como persulfato de amonio junto con un componente reductor tal como metabisulfato de sodio o ion ferroso.

Los polímeros de poli(amina primaria) así producidos se pueden someter luego a una o más reacciones para añadir una o más grupos funcionales. Por ejemplo, polivinilamina o polialilamina puede reaccionar con compuestos de silano reactivos con amina y/o compuestos con grupos hidrofóbicos reactivos con amina para fijar silano y/o grupos laterales hidrofóbicos a la poli(amina primaria). Los compuestos hidrofóbicos reactivos con amina no contienen grupos de silano. La Tabla A proporciona ejemplos de compuesto de silano (A y B) y de compuesto que contiene grupos hidrofóbicos (C, D y E).

Tabla A - Ejemplos de compuestos de silano y de compuestos que contienen grupos hidrofóbicos

Compuestos de silano			
			
Compuestos que contienen grupos hidrofóbicos			X-Z <sup>2</sup>
			E
			X-Z <sup>2c</sup>
			E-1

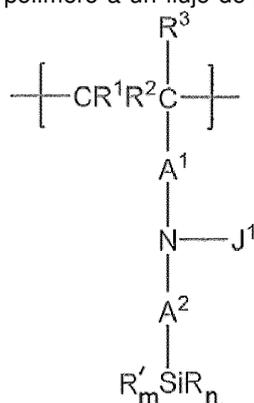
En los compuestos anteriores, Z<sup>1</sup> y Z<sup>2</sup> son cada uno independientemente un grupo hidrocarburo que tiene entre 1 a 20 carbonos; R es independientemente hidroxilo, alcoxi C<sub>1-6</sub> opcionalmente sustituido u -OM<sup>a</sup>; M<sup>a</sup> es un ion metálico del grupo I, un ion metálico del grupo II o NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; R' es un grupo alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> o aralquilo C<sub>7-12</sub>; n = 1, 2 o 3 y m = 0, 1, 2; y X es F, Cl, Br o I. Los ejemplos específicos de compuestos de silano incluyen A-1 y B-1. Para los compuestos que contienen grupos hidrofóbicos, Z<sup>2a</sup> puede ser butilo; Z<sup>2b</sup> puede ser bencilo, metilo, butilo o decilo; y Z<sup>2c</sup> puede ser propilo o dodecilo.

Las etapas de funcionalización descritas anteriormente se pueden llevar a cabo en fase de disolución con viscosidades relativamente bajas, que se pueden aumentar fácilmente y realizar en plantas de fabricación.

#### Métodos para reducir la formación de incrustaciones silíceas

Los polímeros y/o productos de reacción poliméricos descritos en la presente memoria se puede utilizar para reducir o inhibir la formación de incrustaciones en flujos de procesos industriales. Por ejemplo, los polímeros que contienen tanto grupos hidrofóbicos como grupos laterales de silano fijados a los grupos amina pueden dar lugar a efectos de inhibición de incrustaciones mayores que los polímeros correspondientes que tienen solo grupos laterales de silano fijados a los grupos amina.

Según un método para reducir la formación de incrustaciones silíceas en un proceso industrial que es susceptible de formación de incrustaciones silíceas, que comprende añadir una cantidad reductora de incrustaciones de un polímero a un flujo de proceso industrial, el polímero comprende: una unidad monomérica A según la fórmula (I) -



en donde:

cada R es independientemente hidroxilo, alcoxi C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, oxialquileo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> opcionalmente sustituido u -OM;

M es un ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o N(R<sup>4</sup>)<sub>4</sub><sup>+</sup>;

5 cada grupo R' es un grupo alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> o aralquilo C<sub>7-12</sub>; n = 1, 2 o 3;

m = 0, 1 o 2;

R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> y R<sup>4</sup> son cada uno independientemente H o un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

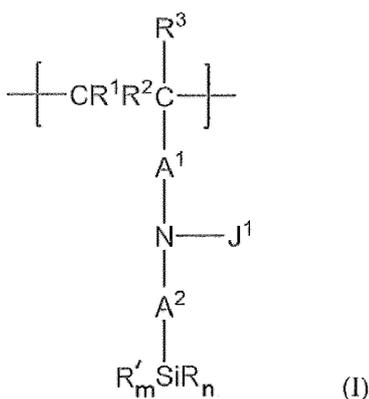
A<sup>1</sup> es un enlace directo o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

10 J<sup>1</sup> es H o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; y

A<sup>2</sup> es un enlace directo o un grupo conector orgánico que comprende entre 1 a 20 carbonos.

En otra realización, un método para reducir la formación de incrustaciones silíceas en un proceso industrial que es susceptible de formación de incrustaciones silíceas, que comprende añadir una cantidad reductora de incrustaciones de un polímero a un flujo de proceso industrial, el polímero comprende: una unidad monomérica A según la fórmula

15 (I) –



en donde cada R es independientemente hidroxilo, alcoxi C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, oxialquileo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> opcionalmente sustituido u -OM;

M es un ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o N(R<sup>4</sup>)<sub>4</sub><sup>+</sup>;

20 cada grupo R' es un grupo alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> o aralquilo C<sub>7-12</sub>;

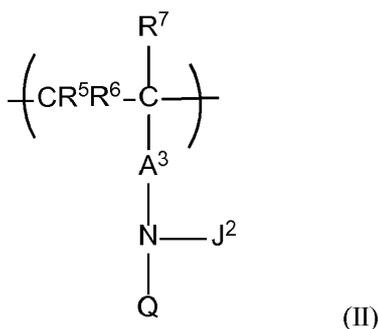
y n = 1, 2 o 3; m = 0, 1 o 2;

R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> y R<sup>4</sup> son cada uno independientemente H o un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

A<sup>1</sup> es un enlace directo o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

25 J<sup>1</sup> es H o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; y

A<sup>2</sup> es un enlace directo o un grupo conector orgánico que comprende entre 1 a 20 carbonos y en donde el polímero comprende además una unidad monomérica B de la fórmula (II):



en donde:

R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup> y R<sup>7</sup> son cada uno independientemente H o un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

5 A<sup>3</sup> es un enlace directo o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

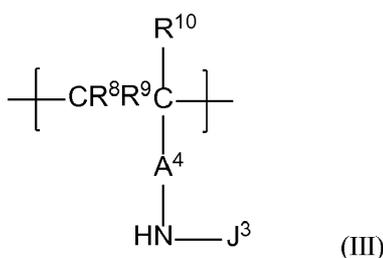
J<sup>2</sup> es H o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; y

Q es hidrógeno, alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido o oxialquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido.

En otra realización, el flujo de proceso industrial es un flujo de proceso Bayer.

En otra realización, el polímero se añade a un flujo de proceso de un intercambiador de calor.

10 En otro método para reducir la formación de incrustaciones silíceas en un proceso industrial, una cantidad reductora de incrustaciones de un producto de reacción polimérico de una poliamina con un compuesto de silano y con un compuesto que contiene grupos hidrofóbicos se añade al flujo de proceso, en donde del compuesto de silano comprende un grupo -SiR<sub>n</sub>R'<sub>m</sub> y un grupo reactivo con amina; en donde cada R es independientemente hidroxilo, alcoxi C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, oxialquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, ariloxi C<sub>6-12</sub> opcionalmente sustituido u -OM; M es un ion metálico del grupo I, un ion metálico del grupo II o N(R<sup>4</sup>)<sub>4</sub><sup>+</sup>; cada R<sup>4</sup> es independientemente H o alquilo C<sub>1-6</sub>; cada grupo R' es un grupo alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> o aralquilo C<sub>7-12</sub>; y n = 1, 2 o 3 y m = 0, 1 o 2; en donde el compuesto que contiene grupos hidrofóbicos comprende un grupo reactivo con amina y al menos uno seleccionado de entre alquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido y oxialquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido; y en donde la poliamina comprende una unidad monomérica C según la fórmula (III) –



25 en donde R<sup>8</sup>, R<sup>9</sup> y R<sup>10</sup> son cada uno independientemente hidrógeno o alquilo C<sub>1-6</sub>; A<sup>4</sup> es un enlace directo o un grupo alquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7-20</sub>, arilo C<sub>6-12</sub> o alqueno C<sub>1-6</sub>; y J<sup>3</sup> es al menos hidrógeno o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido elegido de entre los grupos alquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7-20</sub> opcionalmente sustituido y oxialquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido.

En otra realización, el flujo de proceso industrial es un flujo de proceso Bayer y el producto de reacción polimérico se añade a un intercambiador de calor.

30 El polímero y/o composición descritos en la presente memoria se pueden utilizar para reducir la formación de incrustaciones silíceas en un proceso industrial. El proceso industrial puede ser cualquier proceso industrial adecuado conocido por un experto en la técnica que sea susceptible de formación de incrustaciones silíceas. En algunas realizaciones, el proceso industrial es un proceso Bayer y el flujo de proceso industrial es un flujo de proceso Bayer. En algunas realizaciones, el proceso industrial puede ser flujos de agua de caldera, flujos efluentes de fábrica de papel de estraza o flujos de procesos de residuos nucleares.

35 La cantidad de polímero y/o producto de reacción polimérico añadida al flujo de proceso industrial puede depender de la composición del flujo de proceso industrial implicado. En términos generales, se puede utilizar la experimentación habitual para seleccionar una cantidad inhibidora de incrustaciones de la misma. El polímero y/o

producto de reacción polimérico se añade preferiblemente al flujo de proceso en una cantidad adecuada conocida por un experto en la técnica. En algunas realizaciones, la cantidad reductora de incrustaciones del polímero o de la composición añadida al flujo de proceso industrial se encuentra en el intervalo de entre 1 parte por millón (ppm) a 500 ppm.

- 5 Los polímeros y/o productos de reacción poliméricos descritos en la presente memoria se pueden utilizar para pretratar el instrumental en el que se va a inhibir la formación de incrustaciones silíceas antes de que el instrumental entre en contacto con el flujo de proceso industrial. También se pueden combinar con un flujo que proceso industrial que conduce al instrumental particular. Aunque el polímero y/o producto de reacción polimérico se pueden añadir al flujo de proceso industrial en cualquier momento del proceso, preferiblemente, se añaden antes o durante la aplicación de calor. Por ejemplo, el polímero y/o producto de reacción polimérico se puede añadir inmediatamente antes de uno o más intercambiadores de calor. En el proceso Bayer, el polímero y/o producto de reacción polimérico se podrían añadir también al líquido antes de la precipitación de alúmina o en cualquier otro punto entre los precipitadores y los intercambiadores de calor.

- 15 Los siguientes ejemplos describirán más detalladamente realizaciones de la presente invención y se utilizan solo con el fin de ilustrar, y no se deberían considerar como limitativos.

### Ejemplos

Las composiciones de los Polímeros 1A-20A y de los Polímeros 1B-20B se enumeran en la Tabla 1 después del Ejemplo 10.

#### Ejemplo 1

- 20 El Polímero 1A se preparó como sigue. Se disolvieron 0,300 g de poli(vinilamina-HCl) y 0,362 g de NaOH al 50 % en 3,355 g de agua a temperatura ambiente y se añadieron 0,089 g de (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano. La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 18 horas para dar una concentración del 7,5 % en peso de disolución madre.

El polímero 1B se hizo de la misma manera que el Polímero 1A, con un contenido de silano que difiere del Polímero 1A.

- 25 Los Polímeros 11A y 11B se hicieron de la misma manera que el Polímero 1A excepto en que la poli(vinilamina-HCl) se reemplazó con poli(alilamina-HCl).

#### Ejemplo 2

- 30 El Polímero 2A se preparó como sigue. Se disolvieron 0,600 g de poli(vinilamina-HCl) y 0,603 g de NaOH al 50 % en 7,985 g de agua a temperatura ambiente y se añadieron 0,371 g de 1-bromopropano. La mezcla se agitó a 75 °C durante 6 horas. Luego, se mezclaron 4,0 g de disolución polimérica modificada con grupos hidrofóbicos con 0,104 g de NaOH al 25 % en 0,85 g de agua y se añadieron 0,077 g de (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano. La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 18 horas para dar una concentración del 7,5 % en peso de disolución madre.

El polímero 2B se hizo de la misma manera que el Polímero 2A, con un contenido de silano que difiere del Polímero 2A.

- 35 Los Polímeros 12A y 12B se hicieron de la misma manera que el Polímero 2A excepto en que la poli(vinilamina-HCl) se reemplazó con poli(alilamina-HCl).

#### Ejemplo 3

- 40 El Polímero 3A se preparó como sigue. Se disolvieron 0,8962 g de poli(vinilamina-HCl) y 0,45 g de NaOH en 45 ml de metanol a temperatura ambiente, y la mezcla se agitó durante 18 horas, seguido por adición de 1-bromododecano (0,84 g). La mezcla se agitó a 50 °C durante 48 horas antes de la evaporación de todos los disolventes. Se mezclaron 0,662 g de residuo seco de polivinilamina modificada con dodecilo con 0,0676 g de NaOH en 7,084 g de agua a temperatura ambiente, y se añadieron 0,089 g de (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano. La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 18 horas para dar una concentración del 7,5 % en peso de disolución madre.

- 45 El polímero 3B se hizo de la misma manera que el Polímero 3A, con un contenido de silano que difiere del Polímero 3A.

Los Polímeros 13A y 13B se hicieron de la misma manera que el Polímero 3A excepto en que la poli(vinilamina-HCl) se reemplazó con poli(alilamina-HCl).

#### Ejemplo 4

- 50 El Polímero 4A se preparó como sigue: Se disolvieron 0,400 g de poli(vinilamina-HCl) y 0,402 g de NaOH al 50 % en 3,713 g de agua a temperatura ambiente, y se añadieron 0,117 g de propileno. La mezcla se agitó a temperatura

ambiente durante 24 horas. Luego, se mezclaron 2,0 g de disolución polimérica modificada con grupos hidrofóbicos con 0,0362 g de NaOH al 50 % en 0,660 g de agua y se añadieron 0,053 g de (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano. La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 18 horas para dar una concentración del 7,5 % en peso de disolución madre.

- 5 El polímero 4B se hizo de la misma manera que el Polímero 4A, con un contenido de silano que difiere del Polímero 4A.

Los Polímeros 14A y 14B se hicieron de la misma manera que el Polímero 4A excepto en que la poli(vinilamina-HCl) se reemplazó con poli(alilamina-HCl).

#### Ejemplo 5

- 10 El Polímero 5A se preparó como sigue: Se disolvieron 0,500 g de poli(vinilamina-HCl) y 0,503 g de NaOH al 50 % en 3,52 g de agua y 1,62 g de acetonitrilo a temperatura ambiente, y se añadieron 0,116 g de 1,2-epoxidodecano. La mezcla se agitó a 75 °C durante 8 horas. Luego, se mezclaron 2,6 g de disolución polimérica modificada con grupos hidrofóbicos con 0,0836 g de NaOH al 25 % en 0,219 g de agua y se añadieron 0,062 g de (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano. La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 18 horas para dar una  
15 concentración del 7,5 % en peso de disolución madre.

El polímero 5B se hizo de la misma manera que el Polímero 5A, con un contenido de silano que difiere del Polímero 5A.

Los Polímeros 15A y 15B se hicieron de la misma manera que el Polímero 5A excepto en que la poli(vinilamina-HCl) se reemplazó con poli(alilamina-HCl) y no se utilizó acetonitrilo.

- 20 Ejemplo 6

El Polímero 6A se preparó como sigue. Se disolvieron 0,800 g de poli(vinilamina-HCl) y 0,804 g de NaOH al 50 % en 6,348 g de agua a temperatura ambiente, y se añadieron 0,202 g de 1,2-epoxihexano. La mezcla se agitó a 80 °C durante 4 horas. Se mezclaron entonces 2,862 g de disolución polimérica modificada con grupos hidrofóbicos con 0,0536 g de NaOH al 50 %, y se añadieron 0,0792 g de (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano. La mezcla se agitó a  
25 temperatura ambiente durante 18 horas para dar una concentración del 9,7% en peso de disolución madre.

El polímero 6B se hizo de la misma manera que el Polímero 6A, con un contenido de silano que difiere del Polímero 6A.

Los Polímeros 16A y 16B se hicieron de la misma manera que el Polímero 6A excepto en que la poli(vinilamina-HCl) se reemplazó con poli(alilamina-HCl).

- 30 Ejemplo 7

La preparación del Polímero 7A fue como sigue. Se disolvieron 0,500 g de poli(vinilamina-HCl) y 0,503 g de NaOH al 50 % en 4,168 g de agua a temperatura ambiente y se añadieron 0,127 g de (2,3-epoxipropil)benceno. La mezcla se agitó a 80 °C durante 6 horas. Luego, se mezclaron 2,0 g de disolución polimérica modificada con grupos hidrofóbicos con 0,0760 g de NaOH al 25 % en 0,60 g de agua y se añadieron 0,056 g de (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano. La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 18 horas para dar una  
35 concentración del 7,5 % en peso de disolución madre.

El polímero 7B se hizo de la misma manera que el Polímero 7A, con un contenido de silano que difiere del Polímero 7A.

Los Polímeros 17A y 17B se hicieron de la misma manera que el Polímero 7A excepto en que la poli(vinilamina-HCl) se reemplazó con poli(alilamina-HCl).

- 40 Ejemplo 8

El Polímero 8A se preparó como sigue. Se disolvieron 0,500 g de poli(vinilamina-HCl) y 0,503 g de NaOH al 50 % en 4,858 g de agua a temperatura ambiente y se añadieron 0,164 g de butilglicidil éter. La mezcla se agitó a 80 °C durante 5 horas. Luego, se mezclaron 2,5 g de disolución polimérica modificada con grupos hidrofóbicos con 0,0868 g de NaOH al 25 % en 0,65 g de agua y se añadieron 0,064 g de (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano. La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 18 horas para dar una concentración del 7,5 % en peso de disolución madre.

El polímero 8B se hizo de la misma manera que el Polímero 8A, con un contenido de silano que difiere del Polímero 8A.

- 50 Los Polímeros 18A y 18B se hicieron de la misma manera que el Polímero 8A excepto en que la poli(vinilamina-HCl) se reemplazó con poli(alilamina-HCl).

## ES 2 740 126 T3

### Ejemplo 9

El Polímero 9A se preparó como sigue. Se disolvieron 0,300 g de poli(vinilamina-HCl) y 0,356 g de NaOH al 50 % en 2,803 g de agua a temperatura ambiente y se añadieron 0,089 g de (5,6-epoxihexil)trietoxisilano. La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 18 horas para dar una concentración del 7,5 % en peso de disolución madre.

- 5 El polímero 9B se hizo de la misma manera que el Polímero 9A, con un contenido de silano que difiere del Polímero 9A.

Los Polímeros 19A y 19B se hicieron de la misma manera que el Polímero 9A excepto en que la poli(vinilamina-HCl) se reemplazó con poli(alilamina-HCl).

### Ejemplo 10

- 10 El Polímero 10A se preparó como sigue. Se disolvieron 0,500 g de poli(vinilamina-HCl) y 0,502 g de NaOH al 50 % en 4,005 g de agua a temperatura ambiente, y se añadieron 0,094 g de 1,2-epoxihexano. La mezcla se agitó a 75 °C durante 5 horas. Luego, se mezclaron 2,0 g de disolución polimérica modificada con grupos hidrofóbicos con 0,0710 g de NaOH al 25 % en 0,556 g de agua y se añadieron 0,0582 g de (5,6-epoxihexil)trietoxisilano. La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 18 horas para dar una concentración del 7,5 % en peso de disolución madre.
- 15

El polímero 10B se hizo de la misma manera que el Polímero 10A, con un contenido de silano que difiere del Polímero 10A.

Los Polímeros 20A y 20B se hicieron de la misma manera que el Polímero 10A excepto en que la poli(vinilamina-HCl) se reemplazó con poli(alilamina-HCl).

- 20 Tabla 1 - Composiciones de polímeros que contienen silicio (el porcentaje de grupos hidrofóbicos y el porcentaje de silano por mol se calcularon basados en peso unitario recurrente de polivinilamina)

N.º de polímero	Cadena principal polimérica	Grupo hidrofóbico	Silano	% por mol de grupos hidrofóbicos	% por mol de silano
1A	polivinilamina	N/P	GPTMS	0	10
1B	polivinilamina	N/P	GPTMS	0	20
2A	polivinilamina	1-bromopropano	GPTMS	40	10
2B	polivinilamina	1-bromopropano	GPTMS	40	20
3A	polivinilamina	1-bromododecano	GPTMS	30	10
3B	polivinilamina	1-bromododecano	GPTMS	30	20
4A	polivinilamina	óxido de propileno	GPTMS	40	10
4B	polivinilamina	óxido de propileno	GPTMS	40	20
5A	polivinilamina	1,2-epoxidodecano	GPTMS	10	10
5B	polivinilamina	1,2-epoxidodecano	GPTMS	10	20
6A	polivinilamina	1,2-epoxihexano	GPTMS	20	10
6B	polivinilamina	1,2-epoxihexano	GPTMS	20	20
7A	polivinilamina	(2,3-epoxipropil)benceno	GPTMS	15	10

ES 2 740 126 T3

N.º de polímero	Cadena principal polimérica	Grupo hidrofóbico	Silano	% por mol de grupos hidrofóbicos	% por mol de silano
7B	polivinilamina	(2,3-epoxipropil)benceno	GPTMS	15	20
8A	polivinilamina	butilglicidil éter	GPTMS	20	10
8B	polivinilamina	butilglicidil éter	GPTMS	20	20
9A	polivinilamina	N/P	EHTES	0	9
9B	polivinilamina	N/P	EHTES	0	12
10A	polivinilamina	1,2-epoxihexano	EHTES	15	9
10B	polivinilamina	1,2-epoxihexano	EHTES	15	12
11A	polialilamina	N/P	GPTMS	0	10
11B	polialilamina	N/P	GPTMS	0	20
12A	polialilamina	1-bromopropano	GPTMS	40	10
12B	polialilamina	1-bromopropano	GPTMS	40	20
13A	polialilamina	1-bromododecano	GPTMS	5	10
13B	polialilamina	1-bromododecano	GPTMS	5	20
14A	polialilamina	óxido de propileno	GPTMS	40	10
14B	polialilamina	óxido de propileno	GPTMS	40	20
15A	polialilamina	1,2-epoxidodecano	GPTMS	1	10
15B	polialilamina	1,2-epoxidodecano	GPTMS	1	20
16A	polialilamina	1,2-epoxihexano	GPTMS	5	10
16B	polialilamina	1,2-epoxihexano	GPTMS	5	20
17A	polialilamina	(2,3-epoxipropil)benceno	GPTMS	2	10
17B	polialilamina	(2,3-epoxipropil)benceno	GPTMS	2	20
18A	polialilamina	butilglicidil éter	GPTMS	10	10
18B	polialilamina	butilglicidil éter	GPTMS	10	20
19A	polialilamina	N/P	EHTES	0	9

## ES 2 740 126 T3

N.º de polímero	Cadena principal polimérica	Grupo hidrofóbico	Silano	% por mol de grupos hidrofóbicos	% por mol de silano
19B	polialilamina	N/P	EHTES	0	12
20A	polialilamina	1,2-epoxihexano	EHTES	5	9
20B	polialilamina	1,2-epoxihexano	EHTES	5	12

"EHTES" se refiere a (5,6-epoxihexil)trietoxisilano.

"GPTMS" se refiere a (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano.

### Ejemplos 11-30

Los polímeros enumerados en la Tabla 1 se utilizaron en pruebas de formación de incrustaciones. Se utilizó líquido Bayer sintético (SBL) en las pruebas de formación de incrustaciones que contenía 45 g/l de  $Al_2O_3$  (0,441 M), 120,0 g/l de NaOH (3,0 M), 60 g/l de  $Na_2CO_3$  (0,566 M), 20 g/l de  $Na_2SO_4$  (0,1408 M) y 0,8 g/l de  $SiO_2$  un total de 245,8 g/l o 24,58 % en peso/vol. de sales disueltas totales. Partes alícuotas de disolución de SBL que se colocaron en los Ejemplos a continuación se añadieron también al frasco (en términos generales, el polímero se añadió en forma de una disolución que contenía un 0,1-10 % de agente activo) (recipientes de presión de acero al carbono (grado SA-36) de 42 ml de volumen total ("frasco") fabricados por STEM corporation); se prepararon muestras en blanco (control) sin el polímero. Los frascos sellados se calentaron con agitación a 100 °C durante  $18 \pm 2$  horas. Al final de las 18 horas, los frascos se abrieron y se filtró la disolución. Cuando no se añadió aditivo polimérico al sistema (pruebas en blanco), se formó una cantidad considerable de aluminosilicato y se recuperó en papel de filtro. Típicamente, el aluminosilicato total precipitado en las pruebas en blanco fue 200 mg. En los Ejemplos a continuación, la cantidad de precipitado de aluminosilicato es una medida de la actividad antiincrustante y se expresa como porcentaje de aluminosilicato que se formó en los correspondientes experimentos en blanco. Los resultados de las pruebas de los Polímeros 1A-10A y 1B-10B se muestran en la Tabla 2 a continuación.

Tabla 2 - Resultados de las pruebas de formación de incrustaciones de los Polímeros 1A-10A y 1B-10B

N.º de ejemplo	N.º de polímero	% de precipitación de sodalita				
		Dosis 6 (mg/ml)	Dosis 8 (mg/ml)	Dosis 10 (mg/ml)	Dosis 20 (mg/ml)	Dosis 40 (mg/ml)
11	1A	N/P	N/P	87,6	88,4	83,7
12	1B	N/P	N/P	91,7	84,8	90,2
13	2A	N/P	N/P	71,2	35,5	25,0
14	2B	N/P	N/P	76,9	43,1	6,8
15	3A	N/P	N/P	31,2	27,5	1,5
16	3B	N/P	N/P	53,9	41,8	12,4
17	4A	N/P	N/P	39,0	1,0	1,0
18	4B	N/P	N/P	47,0	16,0	4,0
19	5A	N/P	N/P	62,2	21,3	10,6
20	5B	N/P	N/P	66,2	43,6	0,5

N.º de ejemplo	N.º de polímero	% de precipitación de sodalita				
		Dosis 6 (mg/ml)	Dosis 8 (mg/ml)	Dosis 10 (mg/ml)	Dosis 20 (mg/ml)	Dosis 40 (mg/ml)
21	6A	1,2	0,1	0,3	N/P	N/P
22	6B	0,7	0,2	0,5	N/P	N/P
23	7A	N/P	N/P	2,5	1,1	0,8
24	7B	N/P	N/P	7,1	N/P	0,3
25	8A	N/P	N/P	2,3	1,4	1,3
26	8B	N/P	N/P	2,7	1,2	1,3
27	9A	N/P	N/P	95,8	91,4	96,2
28	9B	N/P	N/P	97,0	89,9	83,3
29	10A	N/P	N/P	59,3	18,2	1,3
30	10B	N/P	N/P	54,2	19,7	1,5

5 El porcentaje de precipitación de sodalita es la cantidad de incrustaciones de sodalita precipitadas en las muestras tratadas con polímero en relación al promedio de las muestras de control en blanco en las que no se añadió polímero, e indica el grado de formación de incrustaciones. Un porcentaje mayor de precipitación de sodalita significa una capacidad menor de prevenir la formación de incrustaciones.

Los Ejemplos 11-26 demuestran que las polivinilaminas relativamente más hidrofóbicas (Polímeros 2A-8A y 2B-8B) que se funcionalizaron con varios grupos hidrofóbicos y (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano proporcionan generalmente una reducción significativamente mejor en incrustaciones de sodalita que los polímeros de control (Polímeros 1A y 1B) que solo se modificaron con (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano.

10 Los Ejemplos 27-30 muestran que las polivinilaminas hidrofóbicas (Polímeros 10A y 10B) que se funcionalizaron con grupos hidrofóbicos y (5,6-epoxihexil)trióxido de silano proporcionan también reducciones significativamente mejores en incrustaciones de sodalita que los polímeros de control (Polímeros 9A y 9B) que solo se modificaron con (5,6-epoxihexil)trióxido de silano.

15 Las pruebas de formación de incrustaciones de los Polímeros 1A-10A y 1B-10B se resumen en la Tabla 3 a continuación.

Tabla 3 - Resultados de las pruebas de formación de incrustaciones de los Polímeros 11A-20A y 11B-20B

N.º de ejemplo	N.º de polímero	% de precipitación de sodalita				
		Dosis 5 (mg/ml)	Dosis 10 (mg/ml)	Dosis 15 (mg/ml)	Dosis 20 (mg/ml)	Dosis 40 (mg/ml)
31	11A	89,9	82,7	85,5	78,0	73,7
32	11B	83,5	79,5	75,5	79,3	72,4
33	12A	N/P	94,2	N/P	89,2	82,6
34	12B	N/P	31,5	N/P	12,1	4,6

N.º de ejemplo	N.º de polímero	% de precipitación de sodalita				
		Dosis 5 (mg/ml)	Dosis 10 (mg/ml)	Dosis 15 (mg/ml)	Dosis 20 (mg/ml)	Dosis 40 (mg/ml)
35	13A	20,2	0,9	0,6	N/P	N/P
36	13B	48,7	17,7	1,7	N/P	N/P
37	14A	N/P	2,4	N/P	3,0	2,5
38	14B	N/P	2,2	N/P	1,8	2,4
39	15A	N/P	73,5	N/P	16,5	1,6
40	15B	N/P	79,9	N/P	16,3	1,6
41	16A	N/P	1,8	N/P	2,2	2,2
42	16B	N/P	3,0	N/P	1,7	1,6
43	17A	N/P	18,6	N/P	0,3	0,9
44	17B	N/P	36,0	N/P	1,6	1,6
45	18A	N/P	1,3	N/P	1,2	1,3
46	18B	N/P	1,4	N/P	1,6	1,6
47	19A	N/P	76,9	N/P	80,6	79,8
48	19B	N/P	49,5	N/P	58,4	59,0
49	20A	N/P	3,7	N/P	1,1	1,2
50	20B	N/P	10,5	N/P	1,2	1,5

Los Ejemplos 31-46 ilustran que las polialilaminas relativamente más hidrofóbicas (Polímeros 12A-18A y 12B-18B) funcionalizadas con varios grupos hidrofóbicos y (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano proporcionan generalmente una reducción significativamente mejor en incrustaciones de sodalita que los polímeros de control (Polímeros 11A y 11B) que solo se modificaron con (3-glicidoxipropil)trimetoxisilano.

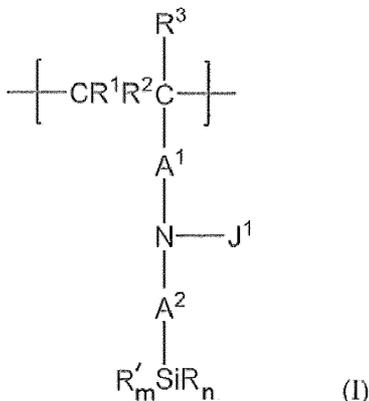
- 5 Los Ejemplos 47-50 ilustran que las polialilaminas relativamente más hidrofóbicas (Polímeros 20A y 20B) funcionalizadas con varios grupos hidrofóbicos y (5,6-epoxihexil)trietoxisilano proporcionaron generalmente una reducción significativamente mejor en incrustaciones de sodalita que los polímeros de control (Polímeros 19A y 19B) que solo se modificaron con (5,6-epoxihexil)trietoxisilano.

- 10 Aunque la anterior descripción ha mostrado, descrito y señalado características innovadoras fundamentales de las presentes enseñanzas, se entenderá que varias omisiones, sustituciones y cambios en forma de los detalles del instrumental tal como se ilustra, al igual que los usos del mismo, se pueden realizar por un experto en la técnica sin alejarse del alcance de las presentes enseñanzas. Por consiguiente, el alcance de las presentes enseñanzas no debería estar limitado a la discusión anterior, sino que se debería definir por medio de las reivindicaciones anejas.

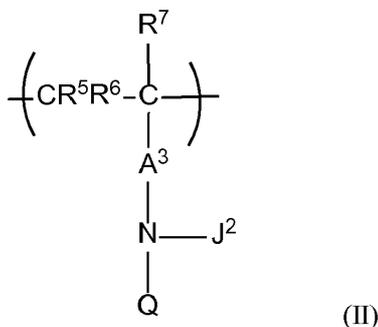
## REIVINDICACIONES

1. Un polímero inhibidor de incrustaciones que comprende:

una unidad monomérica A según la fórmula (I)



5 y una unidad monomérica B según la fórmula (II)



en donde:

cada R es independientemente hidroxilo, alcoxi C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, oxialquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> opcionalmente sustituido u -OM;

10 M es un ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o N(R<sup>4</sup>)<sub>4</sub><sup>+</sup>;

cada grupo R' es un grupo alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> o aralquilo C<sub>7-12</sub>;

n = 1, 2 o 3;

m = 0, 1 o 2;

15 R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup> y R<sup>7</sup> son cada uno independientemente H o un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

A<sup>1</sup> y A<sup>3</sup> son cada uno independientemente un enlace directo o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

J<sup>1</sup> y J<sup>2</sup> son cada uno independientemente H o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; A<sup>2</sup> es un enlace directo o un grupo conector orgánico que comprende entre 1 a 20 carbonos; y

20 Q es un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos.

2. El polímero inhibidor de incrustaciones de la reivindicación 1, en donde la unidad monomérica A según la fórmula (I) está presente en una cantidad de entre un 1 % a 99 % por mol, basado en las unidades monoméricas totales en el polímero.

25 3. El polímero inhibidor de incrustaciones de la reivindicación 1 o 2, en donde la unidad monomérica B según la fórmula (II) está presente en una cantidad de entre un 2 % a 40 % por mol, basado en las unidades monoméricas totales en el polímero.

4. El polímero inhibidor de incrustaciones de la reivindicación 1, en donde R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup>, R<sup>7</sup> son H; y:

• A<sup>1</sup> es un enlace directo y A<sup>3</sup> es un enlace directo, o

• A<sup>1</sup> es -CH<sub>2</sub>- y A<sup>3</sup> es -CH<sub>2</sub>-.

5. El polímero inhibidor de incrustaciones de la reivindicación 4, en donde M es Na<sup>+</sup> o NH<sub>4</sub><sup>+</sup> o cualquier combinación de los mismos.

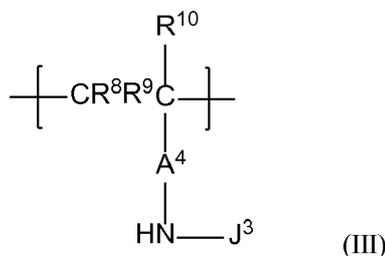
5 6. El polímero inhibidor de incrustaciones de la reivindicación 1, en donde n = 3 y m = 0.

7. Un producto de reacción polimérico de una poliamina con un compuesto de silano y un compuesto que contiene grupos hidrofóbicos,

en donde el compuesto de silano comprende un grupo -SiR<sub>n</sub>R'<sub>m</sub> y un grupo reactivo con amina;

10 en donde cada R es independientemente hidroxilo, alcoxi C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, oxialquileo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, ariloxi C<sub>1-12</sub> opcionalmente sustituido u -OM; y n = 1, 2 o 3; m = 0, 1 o 2; M es un ion metálico del grupo I, un ion metálico del grupo II o N(R<sup>4</sup>)<sub>4</sub><sup>+</sup>; cada R<sup>4</sup> es independientemente H o alquilo C<sub>1-6</sub>; y cada grupo R' es independientemente un grupo alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> o aralquilo C<sub>7-12</sub>; en donde el compuesto que contiene grupos hidrofóbicos comprende un grupo reactivo con amina y al menos un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido elegido de entre alquileo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7-20</sub> opcionalmente sustituido y oxialquileo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido; y

15 en donde la poliamina comprende una unidad monomérica C según la fórmula (III) –



20 en donde R<sup>8</sup>, R<sup>9</sup> y R<sup>10</sup> son cada uno independientemente H o alquilo C<sub>1-6</sub>; A<sup>4</sup> es un enlace directo o un alquileo C<sub>1-6</sub> opcionalmente sustituido; y J<sup>3</sup> es H o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido elegido de entre el grupo alquileo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, aralquilo C<sub>7-20</sub> opcionalmente sustituido y oxialquileo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido.

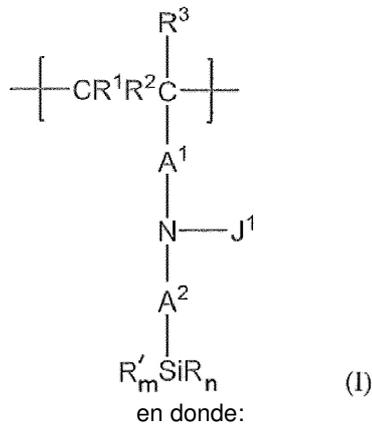
8. El producto de reacción polimérico de la reivindicación 7, en donde R<sup>8</sup>, R<sup>9</sup> y R<sup>10</sup> son cada uno independientemente H; A<sup>4</sup> es un grupo -CH<sub>2</sub>-; y J<sup>3</sup> es H.

25 9. El producto de reacción polimérico de la reivindicación 7 u 8, en donde el compuesto de silano es un silano halógeno funcional, un silano epoxi funcional, un silano isocianato funcional, glicidoxipropil trimetoxisilano o (5,6-epoxihexil)trietoxisilano.

10. El producto de reacción polimérico de la reivindicación 7 u 8, en donde el compuesto que contiene grupos hidrofóbicos es 1-bromopropano, óxido de propileno, butilglicidil éter, 1,2-epoxidodecano, (2,3-epoxipropil)benceno o 1,2-epoxihexano.

30 11. Un método para reducir la formación de incrustaciones silíceas en un proceso industrial que es susceptible de formación de incrustaciones silíceas, que comprende añadir una cantidad reductora de incrustaciones de un polímero a un flujo de proceso industrial, el polímero comprende:

una unidad monomérica A según la fórmula (I) –



5 cada R es independientemente hidroxi, alcoxi C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, oxialquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, ariloxi C<sub>6-12</sub> opcionalmente sustituido u -OM;

M es un ion metálico del grupo I, ion metálico del grupo II o N(R<sup>4</sup>)<sub>4</sub><sup>+</sup>;

cada grupo R' es un grupo alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido, arilo C<sub>6-12</sub> o aralquilo C<sub>7-12</sub>;

n = 1, 2 o 3;

m = 0, 1 o 2;

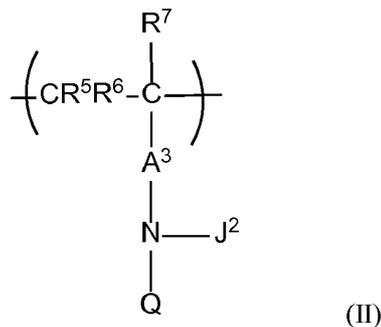
10 R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> y R<sup>4</sup> son cada uno independientemente H o un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

A<sup>1</sup> es un enlace directo o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

J<sup>1</sup> es H o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; y

A<sup>2</sup> es un enlace directo o un grupo conector orgánico que comprende entre 1 a 20 carbonos.

15 12. El método según la reivindicación 11, en donde el polímero comprende además una unidad monomérica B de la fórmula (II):



en donde:

20 R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup> y R<sup>7</sup> son cada uno independientemente H o un primer radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

A<sup>3</sup> es un enlace directo o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos;

J<sup>2</sup> es H o un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido que comprende entre 1 a 20 carbonos; y

Q es hidrógeno, alquilo C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido o oxialquileno C<sub>1-20</sub> opcionalmente sustituido.

25

13. Un método para reducir la formación de incrustaciones silíceas en un proceso industrial que es susceptible de formación de incrustaciones silíceas, que comprende añadir un producto de reacción polimérico a un flujo de proceso industrial,

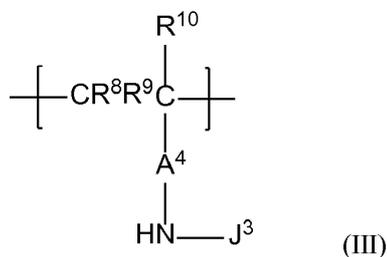
5 en donde el producto de reacción polimérico se forma a partir de la reacción de una poliamina con un compuesto de silano y un compuesto que contiene grupos hidrofóbicos,

en donde el compuesto de silano comprende un grupo  $-\text{SiR}'_m\text{R}_n$  y un grupo reactivo con amina;

10 en donde cada R es independientemente hidroxi, alcoxi  $\text{C}_{1-20}$  opcionalmente sustituido, oxialquileno  $\text{C}_{1-20}$  opcionalmente sustituido, ariloxi  $\text{C}_{1-12}$  opcionalmente sustituido u  $-\text{OM}$ ; y  $n = 1, 2$  o  $3$ ;  $m = 0, 1$  o  $2$ ; M es un ion metálico del grupo I, un ion metálico del grupo II o  $\text{N}(\text{R}^4)_4^+$ ; cada  $\text{R}^4$  es independientemente H o alquilo  $\text{C}_{1-6}$ ; y cada grupo R' es independientemente un grupo alquilo  $\text{C}_{1-20}$  opcionalmente sustituido, arilo  $\text{C}_{6-12}$  o aralquilo  $\text{C}_{7-12}$ ;

en donde el compuesto que contiene grupos hidrofóbicos comprende un grupo reactivo con amina y al menos un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido elegido de entre alquileno  $\text{C}_{1-20}$  opcionalmente sustituido, aralquilo  $\text{C}_{7-20}$  opcionalmente sustituido y oxialquileno  $\text{C}_{1-20}$  opcionalmente sustituido; y

en donde la poliamina comprende una unidad monomérica C según la fórmula (III):



15 en donde  $\text{R}^8$ ,  $\text{R}^9$  y  $\text{R}^{10}$  son cada uno independientemente H o alquilo  $\text{C}_{1-6}$ ;  $\text{A}^4$  es un enlace directo o un alquileno  $\text{C}_{1-6}$  opcionalmente sustituido; y  $\text{J}^3$  es un radical hidrocarbilo opcionalmente sustituido elegido de entre el grupo alquileno  $\text{C}_{1-20}$  opcionalmente sustituido, aralquilo  $\text{C}_{7-20}$  opcionalmente sustituido y oxialquileno  $\text{C}_{1-20}$  opcionalmente sustituido.

14. El método de la reivindicación 11, 12 o 13, en donde el proceso industrial es un flujo de proceso Bayer.

20 15. El método de la reivindicación 11, 12 o 13, en donde el polímero o el producto de reacción polimérico se añade al flujo de proceso industrial en una cantidad de entre 1 parte por millón a 500 partes por millón.