

UNA COMPOSICIÓN DE SECADO DE SOLVENTE Y PROCESOS PARA ESTO

CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente divulgación se refiere a una composición de secado de solvente y procesos para esto. La presente divulgación se refiere más específicamente a una composición de secado de solvente que en uso libera agua de una mezcla de solventes. La presente divulgación también se refiere a un proceso para recuperar una composición de secado de solvente, más específicamente a un proceso para recuperar una composición de secado de solvente utilizada en un proceso osmótico.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] La extracción de agua o el secado de agua de mezclas de solventes es normalmente una tarea de alta energía y que lleva mucho tiempo.

[0003] Jessop et. al. en US 2014/0076810 describe una solución acuosa o de agua reversible y su uso. La solución acuosa o de agua reversible se forma mediante la adición de un aditivo ionizable que comprende un grupo funcional ionizable que tiene al menos un átomo de nitrógeno. El aditivo se describe además como una monoamina, una diamina, una triamina, una tetramina o una poliamina, como un polímero o un biopolímero. La solución acuosa o de agua reversible es capaz de cambiar reversiblemente entre una fuerza iónica inicial y una fuerza iónica aumentada mediante el uso de un activador, como el burbujeo con CO₂, CS₂ o COS o tratamiento con un ácido de Bronsted como ácido fórmico, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico o ácido carbónico. Para permitir esta reversibilidad, la forma iónica del aditivo debe ser capaz de desprotonarse mediante la acción del activador ionizante. Esto necesariamente requiere una interacción reversible entre la forma iónica del activador y el aditivo como se muestra en la Figura 1 de Jessop. La reversibilidad de la solución acuosa o de agua permite el control de la solubilidad o la insolubilidad de diversos líquidos o solventes hidrófobos en la solución acuosa o de agua. Esto proporciona un medio para separar solventes moderadamente hidrófobos del agua conmutable. Sin embargo, una de las dificultades con el trabajo de Jessop es que es difícil disociar el CO₂ de la amina para lograr el agua reversible. Las pequeñas cantidades de CO₂ y amina pueden permanecer solubilizadas en la solución de extracción y el calentamiento, la eliminación y la cinética de recuperación son lentos, requieren mucha energía en el orden de horas a minutos.

[0004] Es un objeto de la presente invención proporcionar una composición de secado de

solvente que supere estas dificultades o al menos proporcionar una alternativa útil.

SÍNTESIS DE LA INVENCION

[0005] En un primer aspecto, la presente invención proporciona una composición de secado de solvente para su uso en la recuperación de agua de un solvente, en donde la composición comprende un complejo de:

- a) al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio y
- b) al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico o un ácido alquilsulfónico; o una combinación de estos,

en donde en uso el agua se libera del solvente tras la migración de la composición a través del solvente, en donde el agua liberada forma una capa acuosa inmiscible con el solvente.

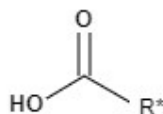
[0006] En un segundo aspecto, la presente invención proporciona una composición de secado de solvente, en donde la composición comprende:

- a) un complejo de al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio y al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico o un ácido alquilsulfónico; o una combinación de estos, en un solvente que comprende
- b) al menos un compuesto que contiene amina, al menos un carbonilo enolizable y agua,

en donde, en uso, el agua en el solvente se libera para formar una capa acuosa inmiscible con la composición de secado de solvente.

[0007] En una forma de realización, el compuesto que contiene ácido carboxílico se selecciona de uno o más de los siguientes:

- a) un compuesto de la Fórmula I,



Fórmula I

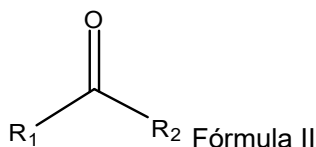
en donde R* se selecciona de, -C₁-C₇ alquil-OH, -C₁-C₇ alquilo, -C₁-C₇ alquil-NH₂, -C₁-C₇ alquil-NHR₃ y -C₁-C₇ alquil NR₃R₄, en donde cada uno de R₃ y R₄ se seleccionan de -H, -OH, -halo, -C₁-C₇ alquilo, -C₁-C₇ alquil-OH, -C(O)OH, -C(O)-H o -C(O)-(C₁-C₇ alquilo); y

- b) un polímero que contiene uno o más grupos de ácido carboxílico.

[0008] En una forma de realización, el ácido alquilsulfónico es ácido isoetíonico.

[0009] En otra forma de realización, el solvente comprende al menos una amina secundaria o terciaria o una combinación de estas.

[0010] En una forma de realización, el solvente comprende al menos un carbonilo enolizable de la Fórmula II,



en donde

- a) R_1 y R_2 se seleccionan independientemente de un $-C_1-C_7$ alquilo o un $-C_3-C_7$ monocíclico; o
- b) uno de R_1 o R_2 se selecciona de un $-O-(C_1-C_7)$ alquilo y el otro se selecciona de un $-C_1-C_7$ alquilo, o
- c) R_1 y R_2 juntos, con el carbonilo de la Fórmula II, forman una cetona monocíclica de 3 a 15 miembros o una cetona heterocíclica monocíclica de 3 a 15 miembros.

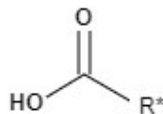
[0011] En una forma de realización, el compuesto que contiene ácido carboxílico de la Fórmula I se selecciona de ácido acético, ácido cítrico y ácido glicólico o una combinación de estos.

[0012] En una forma de realización, la relación molar del al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio con respecto al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico o un ácido alquilsulfónico o una combinación de estos, se selecciona de alrededor de 1:99 o 99:1; o alrededor de 1:50 o 50:1; o alrededor de 1:10 o 10:1; o alrededor de 1:5 o 5:1; o alrededor de 1:3 o 3:1; o alrededor de 1:2 o 2:1; o alrededor de 1:1.

[0013] En un tercer aspecto, la presente invención proporciona una composición de secado de solvente, en donde la composición comprende:

- a) un complejo de al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio y

- b) al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico de la Fórmula I,



Fórmula I

en donde R* se selecciona de, -C₁-C₇ alquil-OH, -C₁-C₇ alquilo, -C₁-C₇ alquil-NH₂, -C₁-C₇ alquil-NHR₃ y -C₁-C₇ alquil NR₃R₄, en donde cada uno de R₃ y R₄ se seleccionan de -H, -OH, -halo, -C₁-C₇ alquilo, -C₁-C₇ alquil-OH, -C(O)OH, -C(O)-H o -C(O)-(C₁-C₇ alquilo); o un ácido alquilsulfónico; o una combinación de estos; en un solvente que comprende

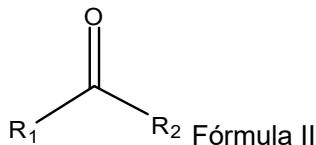
- c) al menos un compuesto que contiene amina, al menos un carbonilo enolizable y agua,

en donde, en uso, el agua en el solvente se libera para formar una capa acuosa inmiscible con la composición de secado de solvente.

[0014] En una forma de realización, el complejo del al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio y el al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico de la Fórmula I se protona irreversiblemente.

[0015] En otra forma de realización, el solvente comprende al menos una amina secundaria o terciaria o una combinación de estas.

[0016] En una forma de realización, el solvente comprende al menos un carbonilo enolizable de la Fórmula II,



Fórmula II

en donde

- d) R₁ y R₂ se seleccionan independientemente de un -C₁-C₇ alquilo o un -C₃-C₇ monocíclico; o
- e) uno de R₁ o R₂ se selecciona de un -O-(C₁-C₇ alquilo) y el otro se selecciona de un -C₁-C₇ alquilo, o
- f) R₁ y R₂ juntos, con el carbonilo de la Fórmula II, forman una cetona

monocíclica de 3 a 15 miembros o una cetona heterocíclica monocíclica de 3 a 15 miembros.

[0017] En una forma de realización, el compuesto que contiene ácido carboxílico de la Fórmula I se selecciona de ácido acético, ácido cítrico y ácido glicólico o una combinación de estos.

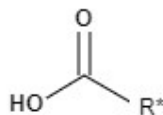
[0018] En una forma de realización, el ácido alquilsulfónico es ácido isoetiónico.

[0019] En una forma de realización, el complejo del al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio y el al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico de la Fórmula I se protona irreversiblemente.

[0020] En una forma de realización, la relación molar del al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio con respecto al al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico o un ácido alquilsulfónico o una combinación de estos, se selecciona de alrededor de 1:99 o 99:1; o alrededor de 1:50 o 50:1; o alrededor de 1:10 o 10:1; o alrededor de 1:5 o 5:1; o alrededor de 1:3 o 3:1; o alrededor de 1:2 o 2:1; o alrededor de 1:1.

[0021] En un cuarto aspecto, la presente invención proporciona una composición de complejo, en donde el complejo comprende al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio y al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico seleccionado de uno o más de los siguientes:

- a) un compuesto de la Fórmula I,



Fórmula I

en donde R* se selecciona de, -C₁-C₇ alquil-OH, -C₁-C₇ alquilo, -C₁-C₇ alquil-NH₂, -C₁-C₇ alquil-NHR₃ y -C₁-C₇ alquil NR₃R₄, en donde cada uno de R₃ y R₄ se seleccionan de -H, -OH, -halo, -C₁-C₇ alquilo, -C₁-C₇ alquil-OH, -C(O)OH, -C(O)-H o -C(O)-(C₁-C₇ alquilo);

- b) un polímero que contiene uno o más grupos de ácido carboxílico; o un ácido alquilsulfónico; o una combinación de estos,

en donde el complejo es adecuado para su uso en la recuperación de agua de un solvente, en donde el agua se libera del solvente tras la migración de la composición a través del

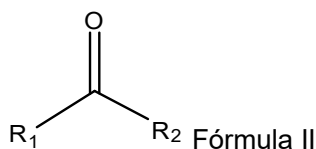
solvente, en donde el agua liberada forma una capa acuosa inmiscible con el solvente

y en donde el solvente comprende:

- a) al menos un compuesto que contiene amina,
- b) al menos un carbonilo enolizable, y
- c) agua.

[0022] En otra forma de realización, el solvente comprende al menos una amina secundaria o terciaria o una combinación de estas.

[0023] En una forma de realización, el solvente comprende al menos un carbonilo enolizable de la Fórmula II,



en donde

- a) R_1 y R_2 se seleccionan independientemente de un $-\text{C}_1\text{-C}_7$ alquilo o un $-\text{C}_3\text{-C}_7$ monocíclico; o
- b) uno de R_1 o R_2 se selecciona de un $-\text{O}-(\text{C}_1\text{-C}_7 \text{ alquilo})$ y el otro se selecciona de un $-\text{C}_1\text{-C}_7$ alquilo, o
- c) R_1 y R_2 juntos, con el carbonilo de la Fórmula II, forman una cetona monocíclica de 3 a 15 miembros o una cetona heterocíclica monocíclica de 3 a 15 miembros.

[0024] En una forma de realización, el al menos un compuesto que contiene amina del complejo es un amina secundaria o terciaria o una combinación de estas.

[0025] En una forma de realización, el compuesto que contiene ácido carboxílico de la Fórmula I se selecciona de ácido acético, ácido cítrico y ácido glicólico o una combinación de estos.

[0026] En una forma de realización, el ácido alquilsulfónico es ácido isoetiónico.

[0027] En una forma de realización, la relación molar del al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio con respecto al al menos un compuesto que contiene ácido

carboxílico o un ácido alquilsulfónico o una combinación de estos, se selecciona de alrededor de 1:99 o 99:1; o alrededor de 1:50 o 50:1; o alrededor de 1:10 o 10:1; o alrededor de 1:5 o 5:1; o alrededor de 1:3 o 3:1; o alrededor de 1:2 o 2:1; o alrededor de 1:1.

[0028] En una forma de realización, el complejo del al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio y el al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico de la Fórmula I se protona irreversiblemente.

[0029] En un quinto aspecto, la presente invención proporciona un método para recuperar agua de un solvente, en donde el método incluye las etapas de poner en contacto la composición de secado de solvente para su uso en la recuperación de agua de un solvente, en donde la composición comprende un complejo de:

- a) al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio y
- b) al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico o un ácido alquilsulfónico; o una combinación de estos;

y permitir la migración de la composición de complejo a través del solvente, tras la cual el agua se libera del solvente para formar una capa acuosa inmiscible con el solvente.

[0030] En una forma de realización, el método incluye la etapa de separar el agua recuperada de la capa de solvente inmiscible.

[0031] En una forma de realización, el solvente comprende:

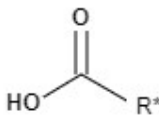
- a) al menos un compuesto que contiene amina,
- b) al menos un carbonilo enolizable.

[0032] En un sexto aspecto, la presente invención proporciona un método para recuperar agua de un solvente, en donde el método incluye las etapas de poner en contacto la composición de secado de solvente para su uso en la recuperación de agua de un solvente, en donde la composición comprende

- a) al menos un compuesto que contiene amina,
- b) al menos un carbonilo enolizable.

poner en contacto el solvente con una composición de complejo, en donde el complejo comprende al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio y al menos:

- (a) un ácido alquilsulfónico; o
- (b) al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico de la Fórmula I,



Fórmula I

en donde R* se selecciona de, -C₁-C₇ alquil-OH, -C₁-C₇ alquilo, -C₁-C₇ alquil-NH₂, -C₁-C₇ alquil-NHR₃ y -C₁-C₇ alquil NR₃R₄, en donde cada uno de R₃ y R₄ se seleccionan de -H, -OH, -halo, -C₁-C₇ alquilo, -C₁-C₇ alquil-OH, -C(O)OH, -C(O)-H o -C(O)-(C₁-C₇ alquilo); o

- (c) una combinación de estos; y

permitir la migración de la composición de complejo a través del solvente, tras la cual el agua se libera del solvente para formar una capa acuosa inmiscible con el solvente.

[0033] En una forma de realización, el método incluye la etapa de separar el agua recuperada de la capa de solvente inmiscible.

[0034] En una forma de realización, el solvente comprende:

- a) al menos un compuesto que contiene amina,
- b) al menos un carbonilo enolizable.

[0035] En otro aspecto, la presente invención proporciona un proceso para usar una composición de secado de solvente como se definió anteriormente para recuperar agua de un solvente, en donde la composición comprende un complejo de:

- a) al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio y
- b) al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico o un ácido alquilsulfónico; o una combinación de estos,

en donde en uso el agua se libera del solvente tras la migración de la composición a través del solvente, en donde el agua liberada forma una capa acuosa inmiscible con el solvente;

el proceso comprende las etapas de:

1) poner en contacto la composición de secado de solvente con el solvente para liberar el agua del solvente tras la migración de la composición a través del solvente, en donde el agua liberada y la composición de secado de solvente forman una capa acuosa

inmiscible con el solvente, y

2) recuperar la composición de secado de solvente de la capa acuosa inmiscible.

[0036] En una forma de realización, el proceso incluye la etapa de recuperar el solvente.

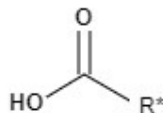
[0037] En una forma de realización, la composición de secado de solvente recuperada se recicla para su uso en un proceso de secado de solvente adicional. En una forma de realización preferida, el proceso para recuperar la composición de secado de solvente es un proceso de recuperación continuo.

[0038] En una forma de realización, la etapa de recuperar la solución de secado de solvente se logra mediante una o más de las siguientes técnicas: destilación de membrana, pervaporación, ósmosis, procesos de membrana impulsados por presión, procesos de membrana impulsados osmóticamente, procesos de membrana impulsados por presión asistida osmóticamente, procesos de membrana impulsados osmóticamente asistidos por presión, filtración, recompresión de vapor mecánica, procesos a base de evaporación, reactivo específico de agua, o técnicas de cristalización o similares.

[0039] En una forma de realización, la etapa de recuperar la solución de secado de solvente se logra mediante una técnica de ósmosis asistida por presión.

[0040] En una forma de realización, el al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico se selecciona de uno o más de los siguientes:

a) un compuesto de la Fórmula I,



Fórmula I

en donde R* se selecciona de, -C₁-C₇ alquil-OH, -C₁-C₇ alquilo, -C₁-C₇ alquil-NH₂, -C₁-C₇ alquil-NHR³ y -C₁-C₇ alquil NR³R⁴, en donde cada uno de R³ y R⁴ se seleccionan de -H, -OH, -halo, -C₁-C₇ alquilo, -C₁-C₇ alquil-OH, -C(O)OH, -C(O)-H o -C(O)-(C₁-C₇ alquilo); y

b) un polímero que contiene uno o más grupos de ácido carboxílico.

[0041] En una forma de realización, el ácido alquilsulfónico es ácido isoetiónico.

[0042] En una forma de realización, el compuesto que contiene ácido carboxílico de la

Fórmula I se selecciona de ácido acético, ácido cítrico y ácido glicólico o una combinación de estos.

[0043] En una forma de realización, la relación molar del al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio con respecto al al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico o un ácido alquilsulfónico o una combinación de estos, se selecciona de alrededor de 1:99 o 99:1; o alrededor de 1:50 o 50:1; o alrededor de 1:10 o 10:1; o alrededor de 1:5 o 5:1; o alrededor de 1:3 o 3:1; o alrededor de 1:2 o 2:1; o alrededor de 1:1.

[0044] En otra forma de realización, el al menos un compuesto que contiene amina es un amina secundaria o terciaria o una combinación de estas.

[0045] En una forma de realización, el compuesto que contiene ácido carboxílico es un complejo de sal de metal-ácido carboxílico.

[0046] En una forma de realización, el complejo de sal de metal-ácido carboxílico se selecciona de uno o más de los siguientes: sales de metal que tienen una valencia de menos de 6, 4 tales como sales de Na, sales de Fe (II), sales de Fe (III), sales de Cu (II), sales de Al (II), sales de Al (III), sales de Sr (II), sales de Li y sales de Ag. En una forma de realización, las sales de metal tienen una valencia de menos de 4.

[0047] En una forma de realización, el compuesto que contiene ácido carboxílico de la Fórmula I se selecciona de ácido acético, ácido cítrico y ácido glicólico o una combinación de estos.

[0048] En una forma de realización, el complejo que comprende:

- a) al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio y
- b) al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico o un ácido alquilsulfónico; o una combinación de estos,

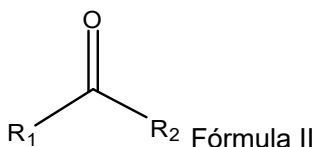
se protona irreversiblemente.

[0049] En una forma de realización, el solvente es el solvente del cual se recupera el agua que comprende al menos un compuesto que contiene amina y al menos un carbonilo enolizable.

[0050] En otra forma de realización, el solvente comprende al menos una amina secundaria o terciaria o una combinación de estas.

[0051] En una forma de realización, el solvente comprende al menos un carbonilo enolizable

de la Fórmula II,



en donde

- a) R_1 y R_2 se seleccionan independientemente de un $-C_1-C_7$ alquilo o un $-C_3-C_7$ monocíclico; o
- b) uno de R_1 o R_2 se selecciona de un $-O-(C_1-C_7)$ alquilo y el otro se selecciona de un $-C_1-C_7$ alquilo, o
- c) R_1 y R_2 juntos, con el carbonilo de la Fórmula II, forman una cetona monocíclica de 3 a 15 miembros o una cetona heterocíclica monocíclica de 3 a 15 miembros o acetofenona.

[0052] La breve síntesis anterior describe ampliamente las características y ventajas técnicas de ciertas formas de realización de la presente invención. Se describirán ventajas técnicas adicionales en la descripción detallada de la invención y en los ejemplos que siguen.

[0053] Las características novedosas que se consideran características de la invención se entenderán mejor a partir de la descripción detallada de la invención cuando se consideren en relación con las figuras y los ejemplos que se acompañan. Sin embargo, las figuras y los ejemplos proporcionados en la presente pretenden ayudar a ilustrar la invención o ayudar a desarrollar una comprensión de la invención, y no pretenden limitar el alcance de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0054] Figura 1: muestra una curva de calibración de la concentración de etilpiperidina a concentraciones más bajas.

[0055] La Figura 2 muestra la capacidad de secado de diversos complejos de amina/ácido en comparación con la del estado de la técnica.

[0056] La Figura 3 muestra la capacidad de secado de diversos complejos de amina/aminoácido.

[0057] La Figura 4 muestra esquemáticamente un proceso de regeneración en

contracorriente quíntuple mediante el uso de una salmuera comercial.

[0058] La Figura 5 muestra un gráfico de los diversos contenidos de agua en cada etapa del proceso de regeneración en contracorriente descrito en la Figura 4.

[0059] Figura 6: muestra esquemáticamente un diagrama de proceso para un proceso osmótico asistido por presión para recuperar una composición de secado de solvente.

[0060] Figura 7: muestra un diagrama de proceso para un sistema de proceso continuo para recuperar una composición de secado de solvente.

[0061] Figura 8: muestra un gráfico de los datos del flujo de ósmosis inversa (LMH) y los datos del % de rechazo de 20 % (en vol.) de una solución de secado de solvente diluida a 60 bar.

[0062] Figura 9: muestra los resultados de los datos del flujo obtenidos de 5 membranas diferentes a diferentes presiones.

[0063] Figura 10: muestra los resultados de los datos del % de rechazo obtenidos de 5 membranas diferentes a diferentes presiones.

[0064] Figura 11: muestra un diagrama de proceso para recuperar una composición de secado de solvente mediante el uso de una columna coalescente electroestática.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0065] La siguiente descripción indica los diversos parámetros, configuraciones, y similares, de ejemplo. Sin embargo, tal descripción no debe ser interpretada como limitativa del alcance de la presente invención, sino que se proporciona como una descripción de las formas de realización de ejemplo.

DEFINICIONES

[0066] En cada caso en la presente, en las descripciones, las formas de realización y los ejemplos de la presente invención, los términos “que comprende”, “que incluye”, etc., se deben interpretar de manera amplia, sin limitación. Por ende, a menos que en el contexto se indique claramente lo contrario, a lo largo de la descripción y las reivindicaciones, las palabras “comprende”, “que comprende”, y similares, se deben entender en un sentido inclusivo, en oposición a un sentido restringido; es decir, en el sentido de “que incluye, entre otros”.

[0067] Las expresiones “alrededor de” o “aproximadamente” usualmente se refieren a un

valor dentro del 20 %, con mayor preferencia, dentro del 10 % y, con máxima preferencia, aún dentro del 5 % de un valor o rango determinado. Alternativamente, la expresión “alrededor de” se refiere a un valor dentro de un log (es decir, una orden de magnitud) preferentemente dentro de un factor o dos de un valor determinado.

[0068] Como se usa en la presente, la expresión “al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio” significa cualquier compuesto que incluye un grupo -NH_3 , -NHR^3 o $\text{-NR}^3\text{R}^4$ o una sal de amonio de -NH_4^+ , siempre que el bicarbonato de amonio esté excluido, en donde cada R^3 y R^4 se seleccionan de -H , -OH , -halo , $\text{-C}_1\text{-C}_7$ alquilo, $\text{-C}_1\text{-C}_7$ alquil-OH, -C(O)OH , -C(O)-H o $\text{-C(O)-(C}_1\text{-C}_7 \text{ alquilo)}$;

[0069] Como se usa en la presente, la expresión “compuesto que contiene ácido carboxílico” es cualquier compuesto que tiene un grupo -COOH o una sal de este, que incluye compuestos poliméricos, tales como ácido poliacrílico, copolímeros tales como solución de poli(ácido acrílico-ácido comaleico) y similares.

[0070] Como se usa en la presente, la expresión “ácido alquilsulfónico” incluye cualquier compuesto que tiene un grupo funcional $\text{R-S(O)}_2\text{OH}$ o una sal de este, donde R es un $\text{C}_1\text{-C}_7$ alquilo, en donde el $\text{C}_1\text{-C}_7$ alquilo es como se define a continuación.

[0071] Como se usa en la presente, el término “ $\text{C}_1\text{-C}_7$ alquilo” se refiere a una porción hidrocarburo ramificada o no ramificada totalmente saturada, que puede ser una cadena lineal o ramificada de un rango particular de 1-7 carbonos. Preferentemente, el alquilo comprende de 1 a 7 átomos de carbono o de 1 a 4 átomos de carbono. Los ejemplos representativos de $\text{C}_1\text{-C}_7$ alquilo incluyen, entre otros, metilo, etilo, *n*-propilo, *iso*-propilo, *n*-butilo, *sec*-butilo, *iso*-butilo, *ter*-butilo, *n*-pentilo, isopentilo, neopentilo, *n*-hexilo, 3-metilhexilo, 2,2- dimetilpentilo, 2,3-dimetilpentilo, *n*-heptilo, y similares. Por ejemplo, la expresión $\text{C}_1\text{-C}_4$ -alquilo incluye, entre otros, metilo, etilo, propilo, butilo, isopropilo, *ter*-butilo e isobutilo. En una forma de realización, el grupo $\text{C}_1\text{-C}_7$ alquilo se puede sustituir con uno o más de los siguientes grupos: -halo , -OH , -CN , -NO_2 , $\text{-C}\equiv\text{CH}$, -SH , $\text{-C}_1\text{-C}_7$ alquilo, $\text{-(C}_1\text{-C}_7 \text{ alquil)-OH}$, -NH_2 , $\text{-NH(C}_1\text{-C}_7 \text{ alquilo)}$, $\text{-N(C}_1\text{-C}_7 \text{ alquilo)}_2$, $\text{-O (C}_1\text{-C}_7 \text{ alquilo)}$, $\text{-C(O)-O(C}_1\text{-C}_7 \text{ alquilo)}$, -C(O)OH ; -C(O)-H o $\text{-C(O)-(C}_1\text{-C}_7 \text{ alquilo)}$.

[0072] La expresión “ $\text{C}_3\text{-C}_7$ monocíclico”, como se usa en la presente, es un anillo monocíclico saturado o insaturado de 3, 4, 5, 6 o 7 miembros. Los grupos $\text{C}_3\text{-C}_7$ monocíclicos representativos incluyen, entre otros, ciclopropilo, ciclobutilo, ciclopentilo, ciclohexilo, fenilo y cicloheptilo. En una forma de realización, el grupo $\text{C}_3\text{-C}_7$ cicloalquilo monocíclico se puede sustituir con uno o más de los siguientes grupos: -halo , -OH , -CN , -

NO₂, -C≡CH, -SH, -C₁-C₇ alquilo, -(C₁-C₇ alquil)-OH, -NH₂, -NH(C₁-C₇ alquilo), -N(C₁-C₇ alquilo)₂, -O (C₁-C₇ alquilo), -C(O)-O-(C₁-C₇ alquilo), -C(O)OH; -C(O)-H o -C(O)-(C₁-C₇ alquilo).

[0073] La expresión “cetona monocíclica de 3 a 15 miembros” se refiere a un sistema de anillos monocíclicos no aromáticos de 3 a 15 miembros que contienen un grupo funcional cetona. Los ejemplos representativos de una cetona monocíclica de 3 a 15 miembros incluyen, entre otros, ciclopropanona, ciclobutanona, ciclopentanona, ciclohexanona, cicloheptanona, ciclooctanona, ciclononanona, ciclodecanona, cicloundecanona, ciclododecanona, ciclotridecanona; ciclotetradecanona y ciclopentadecanona.

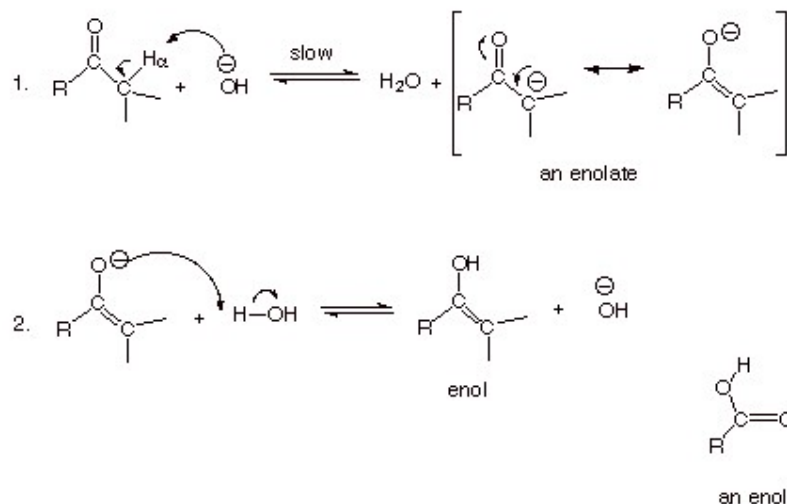
[0074] En una forma de realización, la cetona monocíclica de 3 a 15 miembros se puede sustituir con uno o más de los siguientes grupos: -halo, -OH, -CN, -NO₂, -C≡CH, -SH, -C₁-C₇ alquilo, -(C₁-C₇ alquil)-OH, -NH₂, -NH(C₁-C₇ alquilo), -N(C₁-C₇ alquilo)₂, -O (C₁-C₇ alquilo), -C(O)-O-(C₁-C₇ alquilo), -C(O)OH; -C(O)-H o -C(O)-(C₁-C₇ alquilo).

[0075] La expresión “cetona heterocíclica monocíclica de 3 a 15 miembros” se refiere a: (i) un cicloalquilo monocíclico no aromático de 3 o 4 miembros, en donde 1 de los átomos de carbono del anillo se reemplazó por un átomo de N, O o S; o (ii) un cicloalquilo monocíclico no aromático de 5 a 15 miembros, en donde 1 a 4 de los átomos de carbono del anillo se reemplazaron independientemente por un átomo de N, O o S. Los ejemplos representativos de una cetona heterocíclica monocíclica de 3 a 15 miembros que tiene un átomo de N, O o S incluyen, entre otros, oxiran-2-ona, tiiran-2-ona, oxetan-2-ona, oxetan-3-ona, azetidin-3-ona, tietan-2-ona, tietan-3-ona, dihidrofuran-2(3H)-ona, dihidrofuran-3(2H)-ona, pirrolidin-3-ona, dihidrotiofen-3(2H)-ona, dihidrotiofen-2(3H)-ona, tetrahydro-2H-piran-2-ona, dihidro-2H-piran-3(4H)-ona, dihidro-2H-piran-4(3H)-ona, piperidin-3-ona, piperidin-4-ona, tetrahydro-2H-tiopiran-2-ona, dihidro-2H-tiopiran-3(4H)-ona, dihidro-2H-tiopiran-4(3H)-ona, oxepan-2-ona, oxepan-3-ona, oxepan-4-ona, tiepan-2-ona, tiepan-3-ona, tiepan-4-ona, azepan-3-ona, azepan-4-ona, oxocan-2-ona, oxocan-3-ona, oxocan-4-ona, oxocan-5-ona, tiocan-2-ona, tiocan-3-ona, tiocan-4-ona, tiocan-5-ona, azocan-3-ona, azocan-3-ona, azocan-4-ona, azocan-5-ona, azonan-3-ona, azonan-4-ona, azonan-5-ona, oxonan-2-ona, oxonan-3-ona, oxonan-4-ona, oxonan-5-ona, tionan-2-ona, tionan-3-ona, tionan-4-ona, tionan-5-ona, oxacicloundecan-2-ona, oxacicloundecan-3-ona, oxacicloundecan-4-ona, oxacicloundecan-5-ona, oxacicloundecan-6-ona, azacicloundecan-3-ona, azacicloundecan-4-ona, azacicloundecan-5-ona, azacicloundecan-6-ona, tiacicloundecan-2-ona, tiacicloundecan-3-ona, tiacicloundecan-4-ona, tiacicloundecan-5-ona, tiacicloundecan-6-ona, oxaciclododecan-2-ona, oxaciclododecan-3-ona, oxaciclododecan-4-ona, oxaciclododecan-5-ona,

oxaciclododecan-6-ona, oxaciclododecan-7-ona, azaciclododecan-3-ona, azaciclododecan-4-ona, azaciclododecan-5-ona, azaciclododecan-6-ona, azaciclododecan-7-ona, tiaciclododecan-2-ona, tiaciclododecan-3-ona, tiaciclododecan-4-ona, tiaciclododecan-5-ona, tiaciclododecan-6-ona, tiaciclododecan-7-ona, oxaciclodecan-2-ona, oxaciclodecan-3-ona, oxaciclodecan-4-ona, oxaciclodecan-5-ona, oxaciclodecan-6-ona, oxaciclodecan-7-ona, azaciclodecan-3-ona, azaciclodecan-4-ona, azaciclodecan-5-ona, azaciclodecan-6-ona, azaciclodecan-7-ona, tiaciclodecan-2-ona, tiaciclodecan-3-ona, tiaciclodecan-4-ona, tiaciclodecan-5-ona, tiaciclodecan-6-ona, tiaciclodecan-7-ona, oxacictetradecan-2-ona, oxacictetradecan-3-ona, oxacictetradecan-4-ona, oxacictetradecan-5-ona, oxacictetradecan-6-ona, oxacictetradecan-7-ona, oxacictetradecan-8-ona, azacictetradecan-3-ona, azacictetradecan-4-ona, azacictetradecan-5-ona, azacictetradecan-6-ona, azacictetradecan-7-ona, azacictetradecan-8-ona, tiacictetradecan-2-ona, tiacictetradecan-3-ona, tiacictetradecan-4-ona, tiacictetradecan-5-ona, tiacictetradecan-6-ona, tiacictetradecan-7-ona, tiacictetradecan-8-ona, oxaciclopentadecan-2-ona, oxaciclopentadecan-3-ona, oxaciclopentadecan-4-ona, oxaciclopentadecan-5-ona, oxaciclopentadecan-6-ona, oxaciclopentadecan-7-ona, oxaciclopentadecan-8-ona, azaciclopentadecan-3-ona, azaciclopentadecan-4-ona, azaciclopentadecan-5-ona, azaciclopentadecan-6-ona, azaciclopentadecan-7-ona, azaciclopentadecan-8-ona, tiaciclopentadecan-2-ona, tiaciclopentadecan-3-ona, tiaciclopentadecan-4-ona, tiaciclopentadecan-5-ona, tiaciclopentadecan-6-ona, tiaciclopentadecan-7-ona, tiaciclopentadecan-8-ona. En una forma de realización, el grupo cetona heterocíclica monocíclica de 3 a 15 miembros se puede sustituir con uno o más de los siguientes grupos: -halo, -OH, -CN, -NO₂, -C≡CH, -SH, -C₁-C₆ alquilo inferior, -(C₁-C₇ alquil)-OH, -NH₂, -NH(C₁-C₇ alquilo), -N(C₁-C₇ alquilo)₂, -O (C₁-C₇ alquilo), -C(O)-O(-C₁-C₇ alquilo), -C(O)OH; -C(O)-H o -C(O)-(C₁-C₇ alquilo). Para evitar dudas, la cetona heterocíclica monocíclica de 3 a 5 miembros no incluye ningún grupo amida en donde el grupo carbonilo enolizable de la cetona es adyacente al átomo N en la estructura cíclica.

[0076] El término "halo", como se usa en la presente, se refiere a -F, -Cl, -Br o -I.

[0077] La expresión "un carbonilo enolizable" significa un compuesto que tiene uno o más grupos funcionales carbonilos y en donde al menos uno de los grupos funcionales carbonilos tiene hidrógenos alfa (H_α) que se pueden eliminar mediante una base para formar un enolato y luego un enol, como se muestra en el esquema de reacción a continuación.



Debe entenderse que la expresión carbonilo enolizable, como se usa en la memoria descriptiva, no incluye un compuesto que tenga únicamente un grupo funcional aldehído, un compuesto que tenga únicamente un grupo funcional de ácido carboxílico, un compuesto que tenga únicamente un grupo funcional amida, un compuesto que tenga únicamente un grupo funcional de haluro de acilo o acetilacetona. Los carbonilos enolizables de la invención incluyen los ejemplificados en la memoria descriptiva y también incluyen, entre otros, los siguientes carbonilos enolizables: 1-acetonaftona, 2-acetonaftona, 4-metil-1-acetonaftona, 1''-hidroxi-2''-acetonaftona, 2'-hidroxi-1'-acetonaftona, 2-metoxi-1-acetonaftona, 4-fluoro-1-acetonaftona; 2-acetilfenantreno, 3-acetilfenantreno, 4-acetilfenantreno, 9-acetilfenantreno, 6-bromo-9-acetilfenantreno, 9-fluoro-10-acetilfenantreno, 9-fluorenona, 9-fluorenona oxima, 2-nitro-9-fluorenona, 3-nitro-9-fluorenona, 4-nitro-9-fluorenona, 2,6-dinitro-9-fluorenona, 2,7-dinitro-9-fluorenona, 2,3,7-trinitro-9-fluorenona, 2-fluoro-9-fluorenona, 1-bromo-9-fluorenona, 2-bromo-9-fluorenona, 2,7-dicloro-9-fluorenona, 2,7-dibromo-9-fluorenona, 2-hidroxi-9-fluorenona, 4-hidroxi-9-fluorenona; 1-metilfluoren-9-ona; 4-metilfluoren-9-ona; 3,4-dihidro-2(1H)-quinolinona, 7-hidroxi-3,4-dihidro-2(1H)-quinolinona, 6-hidroxi-3,4-dihidro-2(1H)-quinolinona, 8-bromo-2,3-dihidro-4(1H)-quinolinona, 3-butil-4-hidroxi-1-metil-2(1H)-quinolinona, 6-fluoro-4,4-dimetil-3,4-dihidro-2(1H)-quinolinona, 8-fluoro-4,4-dimetil-3,4-dihidro-2(1H)-quinolinona, 2,6-dimetil-4(1H)-quinolinona, 3-butil-4-hidroxi-1-metil-2(1H)-quinolinona, 1-indanona, 5,6-dimetoxi-1-indanona, 6-bromo-1-indanona, 6-metoxi-1-indanona, 2-bromo-1-indanona, 4-bromo-1-indanona, 5-bromo-1-indanona, 5-cloro-1-indanona, 6-cloro-1-indanona, 4,7-dimetil-1-indanona, 2-metil-1-indanona, 4-metil-1-indanona, 5-fluoro-1-indanona, 6-fluoro-1-indanona, 6-(trifluorometil)-1-indanona, 4-metoxi-1-indanona, 3,5-dimetoxi-1-indanona, 4,7-dimetoxi-1-

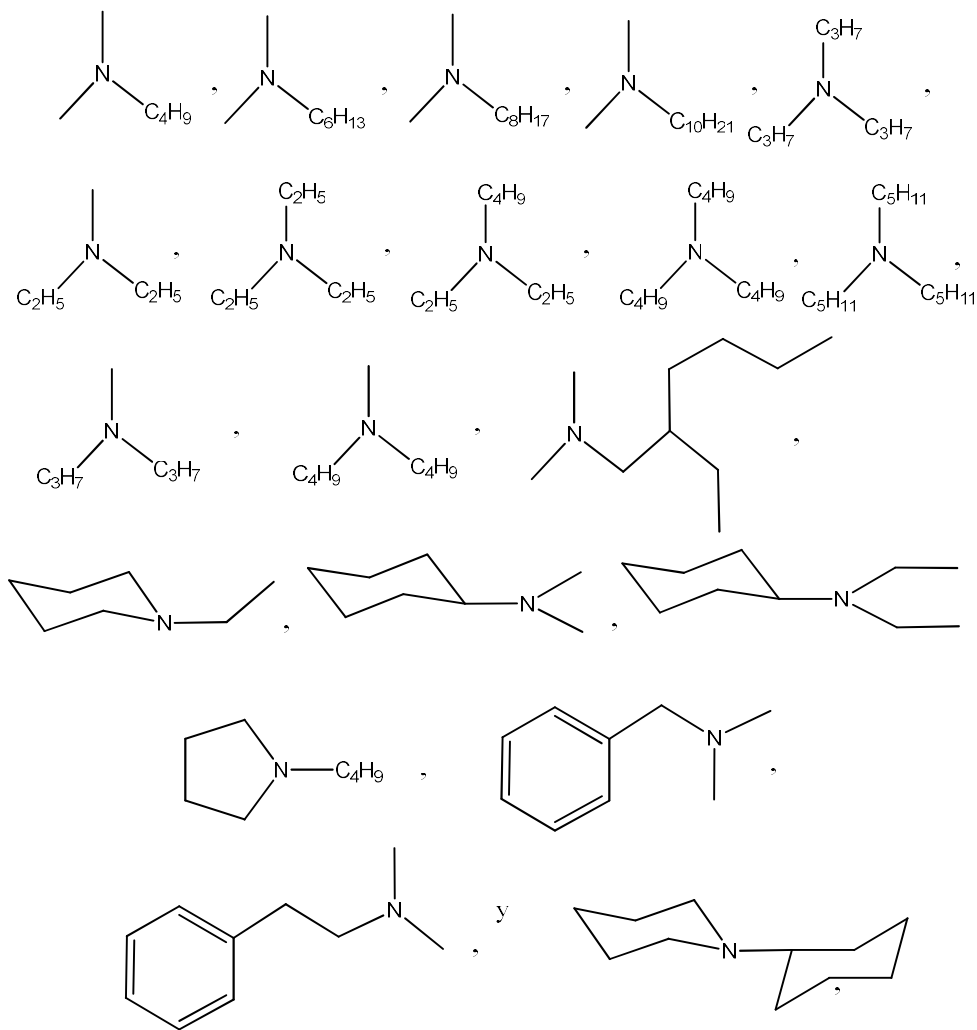
indanona, 5-hidroxi-1-indanona, 4-hidroxi-1-indanona, 7-hidroxi-1-indanona, 2-indanona oxima, 2,2-di(metiltio)-1-indanona, (2,4-dimetoxifenil)acetona, 3,5-dimetoxiacetofenona, 4-(4-metoxifenil)-2-butanona, 3-metoxifenilacetona, 4-metoxi acetofenona, 4-metoxi-2-fenilacetofenona, 2,5-dimetilfenilacetona, 3,4,5-trimetoxifenilacetona, 4-hidroxi-3-fenilbutan-2-ona, 3-hidroxi-4-fenilbutan-2-ona, 3-hidroxi-3-fenilbutan-2-ona, 4-hidroxi-4-fenilbutan-2-ona, 1-hidroxi-3-fenilbutan-2-ona, 3-hidroxi-1-fenilbutan-2-ona, 3-hidroxi-1,3-difenilbutan-2-ona, 4-hidroxifenilacetona, 3,4-dihidroxifenilacetona, 4-nitrofenilacetone, acetofenona, 4-metil acetofenona, bencilacetona, 3-metilfenilacetona, 4-metilfenilacetona, 4-etilfenilacetona, 1-fenilbutan-2-ona, 3-fenilbutan-2-ona, 4-fenilbutan-2-ona, 1-bromo-4-fenilbutan-2-ona, 3-metil-1-fenilbutan-2-ona, 3-metil-4-fenilbutan-2-ona, etil fenil cetona, butil fenil cetona, ciclopropil fenil cetona, ciclopentil fenil cetona, ciclobutil fenil cetona, ciclohexil fenil cetona, 2-fenilciclopentanona, 3-fenilciclopentanona, 2-fenilciclohexanona, 3-fenilciclohexanona, 2-fenilcicloheptanona, 3-fenilcicloheptanona, 4-clorofenil acetona, 4-cloro-2-fenilacetofenona, 2,6-diclorofenilacetona, 3-clorofenilacetona, 2,6-difluorofenilacetona, 1-bromo-1-fenilbutan-2-ona, 3-bromo-4-fenilbutan-2-ona, 1-bromo-4-fenilbutan-2-ona, 3-cloro-4-fenilbutan-2-ona, 2-acetiltiofeno, ciclopropil-2-tienil cetona, 2-acetilfuran, 2-furil metil cetona, 1-acetilpirrol, 2-acetilpirrolo, 4-metil-2-fenilacetofenona, 1,3-difenilacetone, 4,4-difenilbutan-2-ona, benzofenona, 4-naftil fenil cetona, 2-benzoilpiridina, 3- benzoilpiridina, 4-benzoilpiridina, 2-(4-clorobenzoil) piridina, 2-benzoiltiofeno, 2-benzoilpirrolo, di(3-tiofenil) metanona, 3-fenil-1-(2-tienil)-2-propen-1-ona y piperonil acetona.

[0078] La expresión “compuesto que contiene amina” incluye cualquier compuesto que incluye una o más funcionalidades amina, pero no incluye una amina heterocíclica donde el anillo heterocíclico incluye un átomo de oxígeno o azufre, así como al menos un grupo amina; tal como por ejemplo 4-etilmorfolina.

[0079] La expresión “compuesto que contiene amina terciaria” significa preferentemente un compuesto que tiene al menos un grupo amina terciaria, pero se debe apreciar que el compuesto puede tener más de un grupo amina terciaria o además puede ser una mezcla de compuestos que contienen amina terciaria. Preferentemente, el compuesto que contiene amina terciaria es una base, tal como una base de Lewis. Si la base es una base de Lewis, se prevé que el aducto de Lewis se puede formar con el carbonilo enolizable. En una forma de realización, se prefiere que el compuesto que contiene amina terciaria sea inmiscible con agua a o por encima de 20 °C en una atmósfera de presión estándar. La solución puede incluir una combinación de más de un compuesto que contiene amina terciaria. El compuesto que contiene amina terciaria puede ser alifático, conjugado, asimétrico o cíclico o

una combinación de estos.

[0080] Los ejemplos de compuestos que contienen amina terciaria adecuados incluyen los siguientes:



[0081] En una forma de realización, el compuesto que contiene amina terciaria se selecciona de 1-etilpirrolidina, etilpiperidina, 2-metilpiridina y N-metilpiperidina.

[0082] En una forma de realización, el compuesto que contiene amina terciaria se selecciona de un $-N(C_1-C_7 \text{ alquilo})_3$. En otra forma de realización, el compuesto que contiene amina terciaria se selecciona de un $-N(C_1-C_4 \text{ alquilo})_3$. En aun otra forma de realización, el compuesto que contiene amina terciaria es $-N(C_2 \text{ alquilo})_3$ (triethylamina).

[0083] Se apreciará que los compuestos que contienen amina terciaria enumerados anteriormente son lo suficientemente sencillos para la producción a escala industrial.

[0084] Debe apreciarse que la relación molar del al menos un compuesto que contiene amina terciaria con respecto al uno o más carbonilos enolizables de la Fórmula II puede estar presente en diversas relaciones molares que incluyen de alrededor de 1:99 o 99:1; de alrededor de 1:50 o 50:1; de alrededor de 1:10 o 10:1; de alrededor de 1:5 o 5:1; de alrededor de 1:3 o 3:1; de alrededor de 1:2 o 2:1 o de alrededor de 1:1.

[0085] Debe apreciarse que la relación molar del al menos un compuesto que contiene amina o sal de amonio con respecto al al menos un compuesto que contiene ácido carboxílico o un ácido alquilsulfónico o una combinación de estos se selecciona de alrededor de 1:99 o 99:1; o alrededor de 1:50 o 50:1; o alrededor de 1:10 o 10:1; o alrededor de 1:5 o 5:1; o alrededor de 1:3 o 3:1; o alrededor de 1:2 o 2:1; o alrededor de 1:1.

EJEMPLOS

[0086] Los ejemplos descritos en la presente se proporcionan con el propósito de ilustrar formas de realización específicas de la invención y no pretenden limitar la invención de forma alguna. Las personas del oficio de nivel medio pueden utilizar las divulgaciones y enseñanzas en la presente para producir otras formas de realización y sus variaciones sin la experimentación indebida. Todas estas formas de realización y sus variaciones se consideran parte de esta invención.

Ejemplos preparativos.

Ejemplos preparativos. – Solución de mezcla de solventes que absorbe agua

[0087] Preparación de una mezcla de solventes que absorbe agua para fines de prueba. El siguiente método se empleó para generar una solución de mezcla de solventes que absorbe agua estándar.

1. Se mezcló 2-butanona de grado analítico disponible en el comercio (también conocida como metiletilcetona MEK) y trietilamina (TEA) en una relación molar de 2:1 como se indica a continuación en la Tabla 1 para crear la mezcla de solventes que absorbe agua en su estado "seco" (sin agua):

Tabla 1:

Cantidad total de mezcla de solventes elaborada (l)	2-butanona (l)	Trietilamina (l)
1	0,563	0,437
2	1,125	0,875
5	2,813	2,187
10	5,626	4,374
20	11,253	8,747

2. Se agregó 10 % de agua desionizada a la mezcla de solventes en las cantidades que se muestran a continuación en la Tabla 2 y se agitó bien. La adición de agua a la mezcla de solventes creó una “mezcla de solventes húmeda”.

Tabla 2:

Volumen de mezcla de solventes (l)	Volumen de agua a agregar (ml)
1	100
2	200
5	500
10	1000
20	2000

3. Una vez que se preparó la mezcla de solventes húmeda, diversos complejos de [amina* + compuesto que contiene ácido carboxílico] -podrían estudiarse como agentes de secado, es decir, agentes para eliminar el agua de la mezcla de solventes. Esto implicaría agregar el agente de secado seleccionado a la mezcla de solventes húmeda con agitación vigorosa. El agente de secado se agregó a una relación agua:agente de secado de 2:1 como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3:

Volumen de mezcla de solventes (l)	Volumen de agua DI agregada a la mezcla de solventes (ml)	Volumen de agente de secado a agregar (ml) a la mezcla de solventes húmeda
1	100	50
2	200	100
5	500	250
10	1000	500
20	2000	1000

4. Los dos líquidos se dejaron separar por completo.
5. El agente de secado (capa inferior) se decantó y se eliminó.
6. Se realizó una prueba de adición estándar (por triplicado) para calcular la concentración de agua en la muestra, mediante el uso de un cromatograma de gases.

[0088] Todos los datos de GC se recolectaron en un cromatógrafo de gases SHIMADZU Nexis 2030 equipado con una columna SUPELCO WATERCOL 1910. Los parámetros de GC se configuraron como se muestra a continuación:

Configuración de parámetros

Volumen de inyección	1,0 µl
Temperatura de inyección	250 °C
Modo de inyección	División
Relación de división	100,0
Gas portador	He
Presión del gas portador	53,1 kPa
Flujo de columna	0,93 ml/min.
Velocidad lineal	22,0 cm/s

Longitud de columna	30,0 m
Diámetro interior de columna	0,32
Método de columna	Isocrático
Temperatura de columna	163,0 °C
Tiempo total	9 min
Detector	TCD
Velocidad de muestra	TCD40 ms
Corriente de TCD	70 mA
Gas de reposición	He
Flujo de reposición	8,0 ml/min.
Temperatura de TCD	200 °C

Método de columna:

Velocidad (°C/min)	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (s)
	100,00	2,55
25,0	168,0	5,0

Tiempo de programa total 10:27 min

Ejemplos preparativos. – Complejo de agente de secado

[0089] El complejo de agente de secado se formó hasta una relación molar de 1:1 de ácido cítrico:etilpiperidina. Luego, se agregó 10 % de ácido cítrico en exceso para asegurar que toda la etilpiperidina haya formado un complejo para formar el complejo [amina* + compuesto que contiene ácido carboxílico] para eliminar cualquier posibilidad de etilpiperidina “libre”.

Ejemplo 1 – La absorción de agua de diversos complejos [amina* + compuesto que contiene ácido carboxílico]

[0090] Se evaluaron diversos complejos de amina con ácido cítrico o de amina con ácido glicólico para determinar las capacidades de regeneración. Los complejos de ácido cítrico y ácido glicólico se prepararon con la misma molalidad de 6,9 mol/kg. Se prepararon diversas combinaciones de mezclas de solventes como se describe en la Tabla 4 a continuación para la reacción con 6,9 mol/kg de ácido cítrico o ácido glicólico para formar los diversos complejos [amina* + compuesto que contiene ácido carboxílico] que luego se evaluaron para determinar las capacidades de absorción de agua:

Tabla 4: La composición de las diversas mezclas de solventes

Diversas mezclas de solventes	Relación molar
Trietilamina:MEK	0,5:1
Etilpiperidina:MEK	0,5:1
(Trietilamina:etilpiperidina):MEK	(0,3:0,2):1

[0091] Los complejos [amina* + compuesto que contiene ácido carboxílico] obtenidos se evaluaron para determinar sus capacidades de recuperación de agua mediante los siguientes procedimientos:

Se agregaron 0,2 ml de los diversos complejos a 20 ml de la mezcla de solventes húmeda (preparada de acuerdo con el Ejemplo preparativo 1 anterior).

- La mezcla resultante se mezcló mediante un mezclador Vortex durante 30 segundos y luego se separó mediante la centrifuga equipada con un rotor de 4 brazos oscilantes y 130 mm de diámetro a 4000 rpm durante 60 segundos.
- El agua restante en la mezcla de solventes se midió mediante cromatografía de gases a través del método de adición estándar.

[0092] Los resultados obtenidos se tabulan en la Tabla 5.

Tabla 5: Composición de la nueva combinación de complejo amina/ácido (al poner en contacto el complejo ácido + amina con la mezcla de solventes húmeda) y sus capacidades de absorción de agua.

Ácido	Peso del ácido (g)	Moles (mol)	Agua destilada (g)	La molalidad mol/kg	Amina	Relación de amina con respecto a MEK (X:1)	Mezcla de solventes húmeda utilizada (ml)	% de H ₂ O en la mezcla de solventes húmeda	Complejo utilizado (ml)	% de H ₂ O en la mezcla de solventes seca
Glicólico	5,24	0,069	10,0	6,90	TEA	0,5	20,0	7,10	0,2	6,00
Glicólico	5,24	0,069	10,0	6,90	EP	0,5	20,0	7,10	0,2	6,00
Glicólico	5,24	0,069	10,0	6,90	TEA y EP	0,3:0,2	20,0	7,10	0,2	5,90
Ácido cítrico	13,2	0,069	10,0	6,90	TEA	0,5	20,0	7,10	0,2	5,20
Cítrico	13,2	0,0690	10,0	6,90	EP	0,5	20,0	7,10	0,2	5,30
Cítrico	13,2	0,0690	10,0	6,90	TEA y EP	0,3:0,2	20,0	7,10	0,2	5,30
Cítrico	13,2	0,0690	10,0	6,90	IBA	0,5	20	7,10	0,2	6
Cítrico	13,2	0,0690	10,0	6,90	PYR	0,5	20	7,10	0,2	5,8

TEA = trietilamina; EP = etilpiperidina; IBA = isobutilamina; PYR = pirrolidina

[0093] Los resultados mostrados en la Tabla 5 demuestran que las sales de amina/ácido también exhiben capacidades de regeneración de absorción de agua, por lo tanto, también pueden funcionar como regenerantes. Con la misma concentración, la capacidad de absorción de agua de las sales cítricas fue mejor que la de las sales glicólicas.

Ejemplo 1 (continuación) – La absorción de agua de diversos complejos [sal de amonio* + compuesto que contiene ácido carboxílico]

[0094] Se evaluaron complejos de sales de amonio con ácido cítrico para determinar las capacidades de recuperación de agua. Se prepararon mezclas de solventes secas y húmedas de acuerdo con el Ejemplo preparativo 1 anterior.

El citrato de amonio se preparó de la siguiente manera:

- Se agregó ácido cítrico (13,96 g, 0,073 mol) a 10 ml de 28 % en peso de amoníaco en agua (NH₄OH: 2,55 g, 0,073 mol).
- La mezcla se agitó a temperatura ambiente durante 30 minutos.

La preparación de la solución saturada es de la siguiente manera:

- Se agregó una cantidad de ácidos a 10 ml de agua destilada.
- La solución se agitó a temperatura ambiente.
- Una vez que no se disuelve más ácido, se detuvo la agitación y se usó la solución saturada.

[0095] En la Tabla 6, se prepararon algunos regenerantes de sal de amonio potenciales como soluciones saturadas. La composición regenerante y la fuente se enumeran en la tabla. El procedimiento para medir la capacidad de absorción de agua se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Se agregaron 0,2 ml de los diversos regenerantes a 20 ml de la mezcla de solventes húmeda.
- Se mezcló mediante un mezclador Vortex durante 30 segundos y luego se separó mediante la centrifuga equipada con un rotor de 4 brazos oscilantes y 130 mm de diámetro a 4000 rpm durante 60 segundos.
- El agua restante en la mezcla de solventes se verificó mediante la GC a través del método de adición estándar.

Tabla 6: Regenerantes de sal de amonio potenciales

Sal de amonio	Fuente de sales	Porcentaje de concentración de agua en la mezcla de solventes húmeda (%)	Porcentaje de concentración de agua en la mezcla de solventes después del secado con el complejo de ácido de sal de amonio (%)
Citrato de amonio	Preparado de acuerdo con el método anterior.	7,10	4,40
Sal de amonio de ácido isoetiónico	Sigma-Aldrich	7,10	5,4

*El citrato de amonio se preparó de acuerdo con el método anterior.

[0096] Se evaluó una gama de compuestos que contienen grupos carboxílicos para determinar sus capacidades de absorción de agua. Como se analizó anteriormente, se prepararon muestras de mezclas de solventes húmedas de acuerdo con el Ejemplo

preparativo 1 anterior. Se adquirieron diversos compuestos que contienen carboxílicos de Sigma-Aldrich, como la solución de poli(ácido acrílico-ácido co-maleico), poli(ácido acrílico), ácido glicólico y tartárico. Los compuestos que contienen ácido carboxílico se prepararon como se muestra en la Tabla 6 y la Tabla 7. Las muestras en la Tabla 6 se diluyeron a la mitad de la concentración y se usaron para las pruebas, que se evaluaron en la Tabla 7.

Tabla 7: La tabla que muestra los ácidos potenciales en la molalidad de -COOH de 9,80 mol/kg

Ácido carboxílico potencial	Peso utilizado (g)	MW del regenerante (g/mol)	Cantidad de grupos -COOH en el regenerante	Moles de regenerante potencial (mol)	Moles de grupo -COOH (mol)	Agua destilada (kg)	La molalidad de -COOH (mol/kg)
Solución de poli(ácido acrílico-ácido co-maleico)	10,0	3000	48,0	0,0033	0,16	0,016	9,8
Solución de poli(ácido acrílico)	7,20	1800	25,0	0,0040	0,098	0,010	9,8
Ácido glicólico	7,45	76,1	1,00	0,098	0,098	0,010	9,8
Ácido tartárico	7,35	150	2,00	0,049	0,098	0,010	9,8
Ácido cítrico	6,34	192	3,00	0,033	0,098	0,010	9,8

[0097] La molalidad (mol/kg) de -COOH se calculó con la fórmula:

$$\frac{\text{Moles de } -\text{COOH}}{\text{El peso de agua destilada}}$$

Tabla 8: La tabla que muestra los ácidos carboxílicos potenciales en la molalidad de 0,200 mol/kg

Ácido carboxílico potencial	peso (g)	MW del ácido carboxílico (g/mol)	Los moles de ácido (mol)	Agua destilada (kg)	La molalidad (mol/kg)
solución de poli(ácido acrílico-ácido co-maleico)	10,0	3000	0,0033	0,017	0,2
Solución de poli(ácido acrílico)	3,60	1800	0,0020	0,010	0,20
ácido glicólico	0,152	76,05	0,0020	0,010	0,2
ácido tartárico	0,300	150	0,0020	0,010	0,2
ácido cítrico	0,384	192	0,0020	0,010	0,2

[0098] La molalidad (mol/kg) se calculó con la fórmula:

$$\frac{\text{Moles de ácidos}}{\text{El peso de agua destilada}}$$

[0099] Se realizaron las siguientes etapas para medir las capacidades de liberación de agua para estos candidatos que contienen grupos de ácido carboxílico:

- Se agregaron 0,2 ml de cada compuesto que contiene ácido carboxílico a 20 ml de la mezcla de solventes húmeda.
- La combinación resultante se mezcló mediante el instrumento de un mezclador durante 30 segundos y luego se separó mediante la centrifuga equipada con un rotor de 4 brazos oscilantes y 130 mm de diámetro a 4000 rpm durante 60 segundos.
- El agua restante en la mezcla de solventes se verificó mediante la GC a través del método de adición estándar.

Observación y análisis:

Tabla 9: Las capacidades de absorción de agua de los diversos ácidos a la mitad de concentración en la Tabla 7

La molalidad de -COOH (4,90 mol/kg)		
Nuevos regenerantes ácidos	Concentración de agua en mezcla de solventes húmeda (%)	Porcentaje de concentración de agua en mezcla de solventes después de secado con regenerante (%)
Solución de ácido poli(acrílico)	7,10	6,40
Ácido glicólico	7,10	5,00
Solución de poli(ácido acrílico-ácido co-maleico)	7,10	6,50
Ácido tartárico	7,10	5,90
Ácido cítrico	7,10	5,30

Tabla 10: Las capacidades de absorción de agua de los diversos ácidos en la Tabla 7

La molalidad de -COOH (9,80 mol/kg)		
Nuevos regenerantes	Concentración de agua en mezcla de solventes húmeda (%)	Porcentaje de concentración de agua en mezcla de solventes después de secado con regenerante (%)
Solución de ácido poli(acrílico)	7,10	5,40
Ácido glicólico	7,10	4,40
Solución de poli(ácido acrílico-ácido co-maleico)	7,10	5,80
Ácido tartárico	7,10	4,90
Ácido cítrico	7,10	4,40

Tabla 11: Las capacidades de absorción de agua de los diversos ácidos en la Tabla 8

La molalidad de 0,20 mol/kg		
Nuevos regenerantes	Concentración de agua en mezcla de solventes húmeda (%)	Porcentaje de concentración de agua en mezcla de solventes después de secado con regenerante (%)
Solución de ácido poli(acrílico)	7,10	6,40
Ácido glicólico	7,10	8,50
Solución de poli(ácido acrílico - ácido co-maleico)	7,10	5,80
Ácido tartárico	7,10	8,80
Ácido cítrico	7,10	8,10

[00100] Los resultados mostraron que el aumento de la concentración de -COOH también aumentó las capacidades de absorción de agua. El poli(ácido acrílico-ácido co-maleico) mostró el mejor potencial como regenerante a baja concentración.

Ejemplo 2 – Experimento de entrecruzamiento de complejo de amina

[00101] Este experimento se llevó a cabo para determinar cuánto entrecruzamiento de amina se pudo detectar entre la amina en el complejo de agente de secado y la mezcla de solventes. El complejo de agente de secado se evaluó contra mezclas de solventes a una humedad de 7,1 %. La mezcla de solventes comprendía una relación molar de 1:2 TEA:MEK preparada de acuerdo con el Ejemplo preparativo 1. Se mezclaron iguales volúmenes de mezcla de solventes húmeda y agente de secado y la combinación resultante se mezcló mediante un mezclador Vortex durante 30 segundos y luego se separó mediante la centrifuga equipada con un rotor de 4 brazos oscilantes y 130 mm de diámetro a 4000 rpm durante 60 segundos. Las muestras se dejaron equilibrar durante la noche antes de la prueba. Los resultados se muestran en la Tabla 12 y una curva de calibración de cromatografía de gases para etilpiperidina se muestra en la Figura 1.

Tabla 12:

Muestra de mezcla de solventes húmeda (MEK:TEA)	Etilpiperidina medida en la mezcla de solventes (ppm)
7,1 %	2289

[00102] Se puede ver que muy poca etilpiperidina en ppm se está entrecruzando hacia la mezcla de solventes, lo que significa que el complejo de [etilpiperidina + ácido cítrico] mantuvo en gran medida su integridad como un complejo durante todo el paso del complejo a través de la mezcla de solventes (MEK:TEA). Se midió muy poca etilpiperidina medida en la mezcla de solventes. Si la etilpiperidina se hubiera entrecruzado y equilibrado con la trietilamina, se habrían esperado mediciones de hasta alrededor de 168.000 ppm.

Ejemplo 3:

[00103] Se evaluó la capacidad de secado de diversos complejos [amina* + compuesto que contiene ácido carboxílico] y se comparó con los agentes de recuperación de agua divulgados en *Jessop et al.* US 2014/0076810.

[00104] Se usó mezcla de solventes húmeda (TEA:MEK 1:2) preparada de acuerdo con el Ejemplo preparativo 1 y se midió su contenido de agua mediante cromatografía de gases. A 20 ml de la mezcla de solventes húmeda, se prepararon 0,2 ml de los siguientes agentes de secado y se agregaron a la mezcla de solventes y luego se volvió a medir el contenido de agua de la mezcla de solventes húmeda mediante cromatografía de gases. TEA: CO₂ se preparó mediante adición de TEA. H₂CO₃ (0,0098 mol, 1,60 g) se agregó a agua destilada (0,0556, 1 g). Se formó una mezcla de 9,8 mol/kg de TEA: CO₂. TEA: Ácido fórmico, TEA: Ácido cítrico y TEA: Ácido glicólico estaba en la misma molalidad de 9,8 mol/kg y se usó para obtener los resultados mostrados en la Tabla 13 y la Figura 2.

Tabla 13:

Agente de secado	% de agua restante	% de agua eliminada
Mezcla de solventes húmeda de control (sin agente de secado)	8,4	0
TEA CO ₂ (estado de la técnica)	8,0	0,4
TEA Ácido fórmico (estado de la técnica)	7,5	0,9
TEA Ácido cítrico	7,1	1,3
TEA Ácido glicólico	7,5	0,9

[00105] Los resultados de la Tabla 13 y la Figura 2 muestran que el complejo trietilamina:ácido cítrico y el complejo trietilamina:ácido glicólico proporcionaron una eliminación de agua mayor o comparativa en comparación con el sistema descrito en *Jessop et al.* US 2014/0076810.

Ejemplo 4: Medición del pH del complejo ácido carboxílico : trietilamina para demostrar la irreversibilidad de protonación del complejo ácido carboxílico/trietilamina.

[00106] La irreversibilidad de la protonación del ácido carboxílico en el complejo se puede demostrar mediante la comparación de los cambios en el pH que muestran que se eliminaron sustancialmente todos los protones libres cuando se agregó trietilamina (ver Tabla 14). Los datos de pH también justifican el hecho de que la amina se encuentra principalmente en forma de sal.

Tabla 14:

Ácido cítrico en presencia de cloruro de cobre o hierro	Trietilamina	pH	Color de la solución
CuCl ₂ + ácido cítrico	No se agregó ninguna	0,63	Celeste
FeCl ₃ + ácido cítrico	No se agregó ninguna	0,82	Rojo/marrón
CuCl ₂ + ácido cítrico	TEA	7,82	Azul
FeCl ₃ + ácido cítrico	TEA	7,58	Amarillo

Ejemplo 5: Combinación de aminoácidos + amina

[00107] Se evaluó una gama de aminoácidos como los compuestos que contienen grupo carboxílico para determinar sus capacidades de absorción de agua. Como se analizó anteriormente, se prepararon muestras de mezclas de solventes húmedas de acuerdo con el Ejemplo preparativo 1 anterior. Los aminoácidos se adquirieron de Sigma-Aldrich. Se evaluó la capacidad de secado de una amina* + diversas combinaciones de aminoácidos.

[00108] Se usó mezcla de solventes húmeda (TEA:MEK 1:2) preparada de acuerdo con el Ejemplo preparativo 1 y se midió su contenido de agua mediante cromatografía de gases. A 20 ml de la mezcla de solventes húmeda, se prepararon 0,2 ml de los siguientes agentes de secado y se agregaron a la mezcla de solventes y luego se volvió a medir el contenido de agua de la mezcla de solventes húmeda mediante cromatografía de gases. Las soluciones de aminoácidos saturadas se mezclaron con TEA para formar los complejos TEA:lisina, TEA:glicina, TEA:sarcosina y TEA: N,N-dimetilglicina respectivamente y se usaron para obtener los resultados mostrados en la Tabla 15 y la Figura 3.

Tabla 15:

Agente de secado	Porcentaje de concentración de agua en la mezcla de solventes húmeda (%)	Porcentaje de concentración de agua en la mezcla de solventes después del secado con el regenerante (%)
TEA: Glicina	7,10	6,8
TEA: Lisina	7,10	5,7
TEA: N,N-dimetilglicina	7,10	5,6
TEA: Sarcosina	7,10	5,3

[00109] Los resultados en la Tabla 15 y la Figura 3 muestran que un complejo de trietilamina:aminoácido puede actuar como un agente de secado. Este complejo puede secar el solvente húmedo mediante la eliminación eficaz del agua.

Ejemplo 6: Combinaciones de diversos agentes de secado

[00110] Se preparó una mezcla de solventes que absorbe agua de acuerdo con el Ejemplo 1 descrito anteriormente. Se agregó una salmuera sintética a la mezcla de solventes que absorbe agua en una relación de 20:1. (20 partes de mezcla de solventes que absorbe agua por 1 parte de salmuera). La salmuera sintética tenía la composición detallada en la Tabla

16.

Tabla 16: Composición de salmuera sintética

Sales	g/l
NaCl	22,8
MgCl ₂	0,2348
KCl	0,1206
CaCl ₂	2,4459
SrCl ₂	0,289
BaCl ₂	0,3044

[00111] Después de la adición de la salmuera a la mezcla de solventes que absorbe agua, la humedad de la mezcla de solventes se determinó mediante cromatografía de gases como 8,136 %. Se preparó una serie de agentes de secado de acuerdo con la Tabla 17.

Tabla 17: Composición de agentes de secado

N.º	Agentes de secado	Combinación	Ácido 1 (g)	Moles de ácido 1	Ácido 2 (g)	Moles de ácido 2	Peso de agua (g)	Molalidad de -COOH (mol/kg)	Relación molar de -COOH
1	Ácido 1: ácido tartárico; ácido 2: ácido metoxiacético	1	3,6771	0,0245	4,4139	0,0490	10	9,8	1:1
		2	2,4514	0,0163	5,8852	0,0653	10	9,8	1:2
2	Ácido 1: ácido glicólico; ácido 2: ácido metoxiacético	1	3,7265	0,0490	4,4139	0,0490	10	9,8	1:1
		2	2,4843	0,0327	5,8852	0,0653	10	9,8	1:2
3	Ácido 1: ácido tartárico; ácido 2: ácido cítrico	1	3,6771	0,0245	3,1380	0,0163	10	9,8	1:1
		2	1,8395	0,0123	4,7094	0,0245	10	9,8	1:2
4	Ácido 1: ácido metoxiacético; ácido 2: ácido cítrico	1	4,4139	0,0490	3,1380	0,0163	10	9,8	1:1
		2	2,9426	0,0327	4,1840	0,0218	10	9,8	1:2
5	Ácido 1: ácido glicólico; ácido 2: ácido tartárico	1	3,7265	0,0490	3,6771	0,0245	10	9,8	1:1
		2	1,0650	0,0140	6,3055	0,0420	10	9,8	1:2
6	Ácido 1: sal de amonio de ácido isoetiónico; ácido 2: Ácido cítrico	1	7,0148	0,0490	3,1380	0,0163	10	9,8	1:1
		2	4,6766	0,0327	4,1840	0,0218	10	9,8	1:2
7	Ácido 1: lisina; ácido 2: ácido cítrico	1	7,1633	0,0490	3,1380	0,0163	10	9,8	1:1
		2	3,5835	0,0245	4,7094	0,0245	10	9,8	1:2

[00112] Se agregaron 0,2 ml del agente de secado preparado de acuerdo con las composiciones 1 a 7 a 20 ml de la mezcla de solventes húmeda preparada anteriormente. La combinación del agente de secado y la mezcla de solventes húmeda se mezcló mediante vórtice y luego se centrifugó para separar las capas respectivas. La humedad de la mezcla de solventes se midió nuevamente mediante cromatografía de gases para determinar la cantidad de agua que el agente de secado había eliminado de la mezcla de solventes húmeda. Los resultados se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18: Viscosidad, pH y conductividad del agente de secado

Agente de secado, todo a 9,8 mol/kg de COOH y todas las mediciones tomadas a 18 °C. La humedad del solvente original era de 8,136 %								
Ácido 1	Ácido 2	Relación molar de -COOH	pH antes de agregar TEA	pH después de agregar TEA	Viscosidad (m.Pas)	Temperatura (°C)	Conductividad (ms/cm)	Humedad después del agente de secado (%)
ácido tartárico	Ácido MA	1:1	0,81	8,81	24,83	18	5,88	7,251
		1:2	0,819	8,99	18,81		5,53	7,331
Ácido glicólico	Ácido MA	1:1	0,94	9,03	15,74	18	7,09	7,316
		1:2	0,94	8,92	15		6,66	7,285
ácido tartárico	Ácido cítrico	1:1	0,69	7,86	154	18	4,4	7,346
		1:2	0,7	9,14	63,44		3,31	7,379
Ácido MA	Ácido cítrico	1:1	0,97	8,81	29,73	18	4,78	7,447
		1:2	0,86	8,74	39,94		4	7,327
Ácido glicólico	ácido tartárico	1:1	0,84	8,7	26,63	18	6,82	7,269
		1:2	0,46	8,64	34,55		5,09	7,317
Lisina	Ácido cítrico	1:1	5,71	9,58	50,83	18	3,75	7,566
		1:2	3,36	8,95	73,15		3,23	7,479
Ácido cítrico			-0,31	8,14	161	18,3	1,112	7,298

MA = ácido metoxiacético

[00113] Los resultados de la Tabla 18 muestran que el ácido metoxiacético proporciona una presión osmótica más alta en combinación con ácido tartárico y ácido glicólico. Por el contrario, la presión osmótica de los agentes de secado era baja cuando la combinación de agentes de secado incluía lisina. También se puede ver que la viscosidad de las combinaciones de agentes de secado también varía. La combinación de ácido tartárico y ácido cítrico tiene la viscosidad más alta.

Ejemplo 7: Combinaciones de diversos agentes de secado con diferentes mezclas de secado de solvente

[00114] Se preparó una gama de mezclas de secado de solvente como se muestra en la Tabla 19. La relación molar de amina con respecto a cetona era 1:2.

Tabla 19.

Cetona Amina	Masa	Densidad	Volumen (ml)	Moles	Relación molar (Amina: cetona)
MEK	74,122	0,806	171,73	1,87	0,5:1
Etilpiperidina	113,2	0,824	128,27	0,93	
Ciclohexanona	98,15	0,948	180,35	1,74	0,5:1
Etilpiperidina	113,2	0,824	119,65	0,87	
MEK	74,122	0,806	177,71	1,93	0,5:1
4-etilmorfolina	115,1735	0,91	122,29	0,97	
Ciclohexanona	98,15	0,948	186,19	1,80	0,5:1
4-etilmorfolina	115,1735	0,91	113,81	0,90	
MEK	74,122	0,806	180,92	1,97	0,5:1
N,N-dietilmetilamina	87,16	0,72	119,08	0,98	
Ciclohexanona	98,15	0,948	189,32	1,83	0,5:1
N,N-dietilmetilamina	87,16	0,72	110,68	0,91	

[00115] Se prepararon calibraciones de cromatografía de gases para las mezclas de solventes. Estas se realizaron usando 0,5, 0,49, 0,48, 0,47, 0,46 y 0,45 ml de absorbente con 0, 0,01, 0,02, 0,03, 0,04 y 0,05 ml de agua respectivamente. Los agentes de secado se prepararon de acuerdo con la Tabla 20.

Tabla 20: Agentes de secado

Muestra	Concentración de COOH (mol/kg)	Peso de compuesto (g)	Moles de ácido	Agua (ml)	Cantidad de -COOH
Ácido cítrico	9,8	3,138	0,016	5	3
Ácido glicólico	9,8	3,726	0,049	5	1
ácido tartárico	9,8	3,677	0,025	5	2
Lisina	9,8	7,163	0,049	5	1

[00116] La capacidad de la mezcla de solventes de cetona/amina para absorber agua se evaluó de acuerdo con el siguiente procedimiento:

Se agregaron 10 ml de agua destilada a 10 ml de la mezcla de cetona/amina en una relación

volumétrica de 1:1.

- 1 La mezcla resultante se mezcló mediante vórtice durante 30 segundos y luego se calentó a 50 grados Celsius.
- 2 Después de 1-2 horas, la capa superior de la mezcla mezclada mediante vórtice se analizó mediante cromatografía de gases.
- 3 Se midió que la humedad de la mezcla de metiletilcetona y etilpiperidina era de 12,6 %.
- 4 Se midió que la humedad de la mezcla de ciclohexanona y etilpiperidina era de 8,3 %.
- 5 La humedad de la mezcla de metiletilcetona y 4-etilmorfolina no se pudo medir porque la mezcla no se separó en dos fases incluso cuando se calentó a 70 grados Celsius.
- 6 La humedad de la mezcla de ciclohexanona y 4-etilmorfolina no se pudo medir porque la mezcla no se separó en dos fases incluso cuando se calentó a 70 grados Celsius.

[00117] También se evaluó la capacidad de un agente de secado de liberar el agua dentro de la mezcla de solventes de cetona/amina. Los siguientes agentes de secado se prepararon mediante la adición de un exceso de una amina, trietilamina (10 ml para ácido cítrico, ácido glicólico, ácido tartárico y 5 ml para lisina), al agente de secado detallado en la Tabla 20. El agente de secado resultante, la combinación de aminas, luego se analizó para determinar el pH, la viscosidad y la conductividad a alrededor de 19,3 grados Celsius. Los resultados obtenidos se tabulan en la Tabla 21.

Tabla 21:

Agente de secado y amina	Concentración de COOH (mol/kg)	pH antes de agregar TEA	pH después de agregar TEA	Viscosidad (m.Pas)	Temperatura (°C)	Conductividad (ms/cm)
Ácido	9,8	0,69	8,25	68,2	19,3	3,35

cítrico.TEA						
Ácido glicólico.TEA	9,8	0,84	9,09	18,7	19,2	8,27
Ácido tartárico.TEA	9,8	0,46	7,76	34,6	19,3	5,68
Lisina TEA	9,8	10,61	10,68	74,77	19,3	1,403

[00118] Se puede observar que la viscosidad y la conductividad se obtuvieron de las diversas combinaciones. Por ejemplo, la combinación de lisina y TEA proporcionó la viscosidad más alta, mientras que la combinación de ácido glicólico y TEA proporcionó la viscosidad más baja. La humedad de las diversas mezclas de solventes (cetona más amina) con diferentes combinaciones de agentes de secado (ácido más amina) se analizó mediante GC y los resultados se muestran en la Tabla 22 a continuación.

Tabla 22:

Cetona Combinación de amina	Relación molar (Amina: cetona)	Contenido de agua de la combinación de amina cetona húmeda (%)	Contenido de agua de la combinación de amina cetona seca (glicólico) (%)	Contenido de agua de la combinación de amina cetona seca (cítrico) (%)	Contenido de agua de la combinación de amina cetona seca (tartárico) (%)	Contenido de agua de la combinación de amina cetona seca (lisina) (%)
MEK	0,5:1	11,931	10,625	10,526	10,491	10,81
EP						
CH	0,5:1	7,722	6,842	6,728	6,744	7,155
EP						
MEK	0,5:1	10,071	10,838	9,813	9,868	10,085
4-EM						
CH	0,5:1	9,563	9,814	9,102	9,224	9,497
4-EM						
MEK	0,5:1	10,905	10,726	10,267	10,285	10,42
N,N-DMA						
Ciclohexanona	0,5:1	12,505	11,418	11,034	11,155	11,569
N,N-DMA						

EP = etilpiperidina; CH = ciclohexanona; 4-EM = 4-etilmorfolina NN-DMA – N,N-dietilmetilamina

[00119] Se puede ver a partir de los resultados en la Tabla 22 que los agentes de secado no secan todas las soluciones de amina:cetona, y en particular las soluciones que incluyen

4-etilmorfolina (EM) se volvieron más húmedas después de mezclarlas con un agente de secado.

Ejemplo 8 – Uso de la regeneración en contracorriente para optimizar la recuperación y reducir los requisitos de ósmosis inversa mediante el uso de una muestra de salmuera comercial

[00120] Se preparó una gama de mezclas de metiletilcetona con respecto a trietilamina (absorbente) mediante la adición de 1 ml de salmuera comercial a 20 ml de metiletilcetona con respecto a trietilamina (2 % húmedo en una relación de MEK con respecto a TEA de 1:2). La muestra resultante se mezcló mediante vórtice durante 30 segundos y luego se centrifugó durante 1 minuto (4000 RPM). La muestra de salmuera comercial tenía la siguiente composición como se describe en la Tabla 23.

Tabla 23: Composición de la muestra de salmuera 1

Analito	Concentración (mg/l)
Alcalinidad, bicarbonato como CaCO_3	293,000
Cloruro	1950,000
Sulfato	5950,000
Bario	0,012
Calcio	501,000
Magnesio	359,000
Manganeso	0,011
Potasio	3,620
Sodio	3100,000
Estroncio	6,930
Boro	30,700
Hierro	ND
Sólidos disueltos totales	12300,000

[00121] Para el experimento inicial A (regeneración estándar): Ver la Figura 4, el absorbente se regeneró cinco veces con regenerante puro (1 ml). El regenerante puro se preparó por etapas mediante el uso de 1 litro de agua, 1322 gramos de ácido cítrico, 112 gramos de

CuCl₂ (dihidrato), 2,22 l de trietilamina y 0,25 litros de metiletilcetona (2 butanona).

[00122] La Figura 4 muestra las etapas en este experimento:

- El regenerante diluido de la 2.^a regeneración se reutiliza para la 1.^a regeneración de la siguiente etapa.
- El regenerante diluido de la 3.^a regeneración se reutiliza para la 2.^a regeneración de la siguiente etapa.
- El regenerante diluido de la 4.^a regeneración se reutiliza para la 3.^a regeneración de la siguiente etapa.
- La 5.^a regeneración siempre usó regenerante puro (1 ml), al que se hacer referencia como PP Regen en la Figura 4.
- El regenerante diluido de la 5.^a regeneración se reutiliza para la 4.^a regeneración de la siguiente etapa.

[00123] El análisis de cromatografía de gases en cada etapa para el proceso de regeneración en contracorriente se realizó mediante el uso de los parámetros que se detallan a continuación: Todos los datos de GC se recolectaron en un cromatógrafo de gases SHIMADZU Nexis 2030 equipado con una columna SH-Rxi-624Sil MS. Los parámetros de GC se configuraron como se muestra a continuación:

Configuración de parámetros

Volumen de inyección	0,5 µl
Temperatura de inyección	250 °C
Modo de inyección	División
Relación de división	50,0
Gas portador	He
Presión del gas portador	53,1 kPa
Flujo de columna	1,16 ml/min
Velocidad lineal	24,0 cm/s
Longitud de columna	30,0 m

Diámetro interior de columna	0,32
Método de columna	Gradiente
Temperatura de columna	250,0 °C
Tiempo total	9 min
Detector	TCD
Velocidad de muestra	TCD40 ms
Corriente de TCD	60 mA
Gas de reposición	He
Flujo de reposición	8,0 ml/min.
Temperatura de TCD	200 °C

Método de columna de GC:

Velocidad (°C/min)	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (s)
	100,0	2,00
10,00	125,0	0,00
50,00	200,0	3,00

Tiempo de programa total 9,00 min

[00124] El análisis de GC se realizó para determinar la presencia de agua en el absorbente y para rastrear la reducción de los niveles de agua en el absorbente en cada etapa de regeneración o secado del absorbente. Los resultados de GC se muestran a continuación en la Tabla 24 y se representan en la Figura 5.

Tabla 24:

Etapas	% húmedo	1 (1. ^a reg) %	2 (2. ^a reg) %	3 (3. ^a reg) %	4 (4. ^a reg) %	5 (5. ^a reg) %
A	5,2	3,0	2,0	1,5	1,3	1,2
B	5,2	3,4	2,3	1,7	1,4	1,2
C	5,2	3,7	2,6	1,9	1,5	1,3
D	5,2	3,9	2,8	2,0	1,5	1,3
E	5,2	4,0	2,9	2,2	1,6	1,3
F	5,2	4,1	3,0	2,2	1,6	1,3

[00125] De los resultados anteriores se puede ver que después de la 5.^a regeneración, incluso después de reutilizar el regenerante en todas las demás etapas, los resultados son bastante estables y, en última instancia, proporcionan un porcentaje de agua muy bajo (1,3 %).

[00126] Los inventores han establecido que el rendimiento de recuperación de agua del complejo [amina* + compuesto que contiene ácido carboxílico] es superior al de los agentes de recuperación de agua descritos en Jessop *et al.* US 2014/0076810, como se muestra en el Ejemplo 3. Sin limitarse a ninguna teoría mecanicista, es notable que el [amina* + compuesto que contiene ácido carboxílico] de la presente invención se protona irreversiblemente, mientras que Jessop *et al.* US 2014/0076810 enseña claramente que la

amina no se debe protonar irreversiblemente. A diferencia de Jessop, que requiere la función de conmutación del agente de secado, los presentes ejemplos muestran que la conmutación no es una función necesaria del agente de secado/regenerador. Los inventores también han podido establecer que cuando un complejo [amina* + compuesto que contiene ácido carboxílico] se mezcla con una mezcla de solventes [amina + carbonilo enolizable + agua], la amina* del complejo puede ser la misma amina en la mezcla de solventes o una diferente. Esto se debe a que la integridad del complejo se mantiene sustancialmente a medida que el complejo pasa a través de la mezcla de solventes, que es diferente a lo que se describe en Jessop. También significa que la forma compleja o salina de la amina no es reversible por temperatura o por destilación con aire.

Ejemplo 9

[00127] Se procesó una solución de secado de solvente diluida mediante el uso de una membrana de ósmosis inversa. La solución de secado de solvente diluida (20 litros) comprendía 20 % en volumen de la composición de secado de solvente y 80 % en volumen de agua destilada. La composición de secado de solvente diluida se preparó al disolver (FeCl_3) y ácido cítrico en la relación molar de 1: 10 y luego al diluir la composición disuelta con 80 % de agua destilada. Los sólidos disueltos totales (TDS) del 20 % (en volumen) de la composición de secado de solvente eran aproximadamente 287 gramos. Con referencia a la Figura 6, se ilustra el sistema de ósmosis inversa que comprende los siguientes componentes:

- 1 Tanque de alimentación que consiste en una solución de secado de solvente diluida
- 2 Medidor de flujo en la salida de alimentación
- 3 Bomba de alta presión con control de presión de circuito cerrado frente a la membrana (elemento de ósmosis inversa de agua de mar Dow FILMTEC™ SW30 - 2540 con área activa de 2,8 m²) mediante la manipulación de la velocidad de la bomba
- 4 Recipiente de membrana
- 5 Corriente de concentrado con válvula de restricción
- 6 Permeado de salida

- 7 Tanque de recolección de permeado
- 8 Válvulas de control

[00128] Antes del uso del sistema de ósmosis que se muestra en la Figura 6, la membrana en el recipiente de membrana 4 se acondicionó al hacer correr agua desionizada a través de la membrana durante 2 horas antes de dosificar la alimentación con la solución de secado de solvente diluida. La solución de secado de solvente diluida del tanque de alimentación 1 se empujó al nivel de alta presión mediante el uso de una bomba de alta presión 3. La membrana semipermeable dentro de cada recipiente de membrana 4 restringe la mayor parte de la composición de secado de solvente. Solo el permeado que consiste en sal disuelta baja y agua pasa a través de la membrana, mientras que la corriente de concentrado 5 se retroalimenta al tanque de alimentación 1. El permeado de salida 6 se alimenta al tanque de recolección de permeado 7. La conductividad eléctrica del permeado se midió como un indicador de la calidad del permeado y el % de rechazo.

Condiciones de medición:

- Temperatura de funcionamiento máxima: 40 °C
- Temperatura de funcionamiento de membrana máxima: 45°C
- Presión (bar): 60
- La velocidad de flujo del permeado y las mediciones de conductividad tanto del concentrado como del permeado se recolectaron en los intervalos de tiempo mencionados a continuación.

Tabla 25: Alimentación: 20 % (en vol.) de solución de secado de solvente diluida

	Tiempo	Flujo (LMH)	% de rechazo
60 bar	2	3,51	97,33
	4	3,58	98,22
	6	3,74	98,32
	8	3,56	98,25
	10	3,45	98,13
	12	3,25	97,93
	14	2,98	97,71
	16	2,88	97,38

	18	2,74	97,04
	20	2,68	97,01
	30	1,80	94,30
	40	1,75	93,77
	50	1,63	93,68
	60	0,65	93,00
	70	0,09	93,03

[00129] Los resultados que se muestran en la Tabla 25 también se representan en la Figura 8.

[00130] Mediciones de presión osmótica y concentración: Se tomaron 100 µl de muestra tanto de alimentación como de permeado y se pasaron por el osmómetro. Las unidades se convirtieron de mOsmol/kg a atm y se calculó y tabuló la concentración de sal en ambas corrientes.

[00131] Las siguientes fórmulas se usaron para calcular el flujo, el rechazo de sal y la recuperación de agua.

Medición de flujo:

$$J_w = \frac{\text{Velocidad de flujo de Permeado } \left(\frac{\text{ml}}{\text{min}}\right) \times 60}{1000 \times \text{área activa de membrana}}$$

% de rechazo de sal mediante el método de conductividad:

$$\frac{\text{Conductividad de solución de alimentación } \left(\frac{\text{ms}}{\text{cm}}\right) - \text{Conductividad de agua de permeado } \left(\frac{\text{ms}}{\text{cm}}\right)}{\text{Conductividad de solución de alimentación } \left(\frac{\text{ms}}{\text{cm}}\right)} \times 100$$

% de rechazo de sal mediante el método de presión osmótica:

$$\frac{\text{Presión osmótica de alimentación (atm)} - \text{Presión osmótica de permeado (atm)}}{\text{Presión osmótica de alimentación (atm)}} \times 100$$

% de recuperación de agua - Método 1:

$$\frac{\text{Volumen de (alimentación - concentrado) (l)}}{\text{Volumen de alimentación (l)}} \times 100$$

% de recuperación de agua - Método 2:

$$\frac{\text{Volumen de permeado recolectado al final de la prueba (l)}}{\text{Volumen de alimentación (l)}} \times 100$$

[00132] Una segunda forma de realización del proceso de la presente invención se muestra en la Figura 7. Esta forma de realización ilustra un proceso en el que se puede emplear más de una etapa de regeneración de composición de secado de solvente para recuperar el complejo de composición de secado de solvente. Como se muestra en la Figura 7, el regenerante diluido (la composición de secado de solvente diluida) se recupera de la columna coalescente COL-102 después de un proceso industrial que implica la eliminación de agua de un material de alimentación de salmuera. La composición de secado de solvente diluida luego se somete a una fase de recuperación de ósmosis inversa de múltiples etapas para concentrar (es decir, eliminar el agua) la composición de secado de solvente (regenerante) en una operación de bucle continuo, por la cual el regenerante se recupera y se vuelve a alimentar a las etapas anteriores del proceso industrial para facilitar la eliminación de agua de una solución de salmuera. Debe apreciarse que la columna coalescente puede ser una columna coalescente electroestática, porque la composición de secado de solvente es un buen aislante y la coalescencia electrostática puede mejorar el rendimiento general del proceso. La Figura 11 muestra un diagrama de proceso que incluye una columna coalescente electroestática (COL-202).

Ejemplo 10 – Otras membranas

[00133] También se evaluaron otras diversas membranas en las siguientes condiciones y se compararon con la membrana utilizada anteriormente:

[00134] Composición de secado de solvente – La composición de secado de solvente diluida se preparó al disolver (FeCl₃) y ácido cítrico en la relación molar de 1: 10 y luego al diluir la composición disuelta con 80 % de agua destilada. Los sólidos disueltos totales (TDS) del 20 % (en volumen) de la composición de secado de solvente eran aproximadamente 287 gramos.

Ejemplo 10.1 Membrana 1 TriSep™ TS-80

Especificaciones de la membrana:

- Flujo (GFD/psi): 220/110
- Presión de funcionamiento máxima (bar): 41

- Temperatura de funcionamiento máxima (°C): 45
- Tolerancia al cloro: 0,1 ppm
- Área activa de membrana: 0,0142 m²
- Solución de alimentación: 5 % de solución de secado de solvente (en vol.)

Resultados de Membrana 1:

[00135] Los resultados a diversas presiones y tiempos para los datos de flujo y de rechazo de sal se muestran a continuación en las Tablas 26 - 28.

Tabla 26: Datos de flujo (LMH) y % de rechazo de sal para TriSep™ TS-80

Presión (bar)	Flujo de permeado (LMH)	% de rechazo
20	11,15	59,09
25	11,59	59,97
30	14,46	60,47
35	17,71	60,31

Tabla 27: Flujo (LMH) a diferentes presiones en intervalo de tiempo regular para TriSep™ TS-80

Presión (bar)	20	25	30	35
Tiempo (min)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)
5	10,72	11,04	15,41	18,10
10	11,74	12,51	13,53	16,56
15	10,50	11,55	14,82	18,02
20	11,38	11,74	14,44	18,54
25	11,10	11,18	14,59	17,32
30	11,48	11,55	13,96	17,74

Datos de presión osmótica

Tabla 28: Cálculo del % de rechazo mediante el uso de mediciones de presión osmótica de

las corrientes de alimentación y permeado

Presión (bar)	Presión osmótica de alimentación (bar)	Presión osmótica de permeado (bar)	% de reducción
20,00	2,71	1,22	54,79
25,00	2,68	1,16	56,80
30,00	2,74	1,20	56,21
35,00	2,67	1,24	53,64

Ejemplo 10.2 Membrana 2 de lámina plana Dow filmtec, SW30XLE, PA-TFC, RO

Especificaciones de la membrana:

- Flujo (GFD/psi): 23-29/880
- Presión de funcionamiento máxima (bar): 68,9
- Temperatura de funcionamiento máxima (°C): 45
- Tolerancia al cloro: 0,1 ppm
- Área activa de membrana: 0,0142 m²
- Solución de alimentación: 5 % de solución de secado de solvente (en vol.)

Resultados de Membrana 2:

[00136] Los resultados a diversas presiones y tiempos para los datos de flujo y de rechazo de sal se muestran a continuación en las Tablas 28-30.

Tabla 29: Datos de flujo (LMH) y % de rechazo de sal

Presión (bar)	Flujo de permeado (LMH)	% de rechazo
20	7,08	62,48
25	8,82	69,39
30	11,09	80,25
35	14,98	86,79
40	18,49	88,57

Tabla 30: Flujo (LMH) a diferentes presiones en intervalos de tiempo regular

Presión (bar)	20	25	30	35	40
Tiempo (min)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)
5	7,10	9,30	11,26	13,98	17,59
10	7,18	8,45	11,21	16,74	18,34
15	6,87	8,41	11,26	14,90	18,11
20	7,24	8,54	11,04	14,56	18,97
25	6,84	9,35	11,21	14,73	18,68
30	7,28	8,86	10,59	14,97	19,27

Datos de presión osmótica**Tabla 31:** Cálculo del % de rechazo mediante el uso de mediciones de presión osmótica de las corrientes de alimentación y permeado

Presión (bar)	Presión osmótica de alimentación medida (bar)	Presión osmótica de permeado medida (bar)	% de reducción
20,00	2,49	0,67	72,96
25,00	2,82	0,47	83,33
30,00	2,67	0,37	86,02
35,00	2,71	0,21	92,24
40,00	2,68	0,19	93,05

Ejemplo 10.3 Membrana 3 Membrana de lámina plana Toray - UTC-82V, PA, RO**Especificaciones de la membrana:**

- Flujo (GFD/psi): 27/798
- Presión de funcionamiento máxima (bar): 55
- Temperatura de funcionamiento máxima (°C): 25
- Área activa de membrana: 0,0142 m²
- Solución de alimentación: 5 % de solución de secado de solvente (en vol.)

Resultados de Membrana 3:

[00137] Los resultados a diversas presiones y tiempos para los datos de flujo y de rechazo de sal se muestran a continuación en las Tablas 32-34.

Tabla 32: Datos de flujo (LMH) y % de rechazo de sal

Presión (bar)	Flujo de permeado (LMH)	% de rechazo
20	23,84	67,11
25	27,73	76,30
30	29,67	75,17
35	34,30	78,22
40	38,96	81,86
45	48,59	85,65

Tabla 33: Flujo (LMH) a diferentes presiones en intervalos de tiempo regular

Presión (bar)	20	25	30	35	40
Tiempo (min)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)
5	25,18	27,65	30,36	35,88	38,70
10	23,41	28,21	29,80	35,95	38,28
15	23,88	27,34	29,87	33,18	38,79
20	23,73	27,37	30,22	33,33	38,45
25	23,49	27,30	29,54	34,90	38,70
30	23,32	28,53	28,25	32,54	40,82

Cálculos de presión osmótica:

Tabla 34: Cálculo del % de rechazo mediante el uso de mediciones de presión osmótica de las corrientes de alimentación y permeado

Presión (bar)	Presión osmótica de alimentación medida (bar)	Presión osmótica de permeado medida (bar)	% de reducción
20,00	3,78	0,96	74,73
25,00	3,35	0,78	76,76
30,00	3,48	0,71	79,72
35,00	3,41	0,61	82,19
40,00	3,55	0,52	85,39
45,00	3,68	0,45	87,67

Ejemplo 10.4 Membrana 4 Membrana de lámina plana Synder, NFX, PA-TFC, NF**Especificaciones de la membrana:**

Flujo (GFD/psi): 20-25/110

Presión de funcionamiento máxima (bar): 30

Temperatura de funcionamiento máxima (°C): 35

Tolerancia al cloro (ppm horas): 500

Área activa de membrana: 0,0142 m²

Solución de alimentación: 5 % de solución de secado de solvente (en vol.)

Resultados de Membrana 4:

[00138] Los resultados a diversas presiones y tiempos para los datos de flujo y de rechazo de sal se muestran a continuación en las Tablas 35-37.

Tabla 35: Datos de flujo (LMH) y % de rechazo de sal

Presión (bar)	Flujo de permeado (LMH)	% de rechazo
20	40,49	56,55
25	47,45	54,67
30	59,05	52,42
35	65,62	53,39

Tabla 36: Flujo (LMH) a diferentes presiones en intervalos de tiempo regular

Presión (bar)	20	25	30	35
Tiempo (min)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)
5	42,81	44,20	55,79	63,78
10	45,63	45,21	54,29	67,38
15	42,69	49,94	59,36	67,25
20	35,56	49,94	63,56	60,23
25	38,45	48,21	60,41	68,34
30	37,77	47,17	60,87	66,76

Cálculos de presión osmótica:**Tabla 37:** Cálculo del % de rechazo mediante el uso de mediciones de presión osmótica de las corrientes de alimentación y permeado

Presión (bar)	Presión osmótica de alimentación medida (bar)	Presión osmótica de permeado medida (bar)	% de reducción
20	3,48	0,95	72,73
25	3,20	0,80	74,90
30	3,10	0,69	77,65
35	3,26	0,97	70,15

Ejemplo 10.5 Membrana de lámina plana Dow filmtec, SW30HR, PA-TFC, RO**Especificaciones de la membrana:**

- Flujo (GFD/psi): 18-24/800

- Presión de funcionamiento máxima (bar): 68,9
- Temperatura de funcionamiento máxima (°C): 45
- Tolerancia al cloro (ppm horas): 0,1
- Área activa de membrana: 0,0142 m²
- Solución de alimentación: 5 % de solución de secado de solvente (en vol.)

Resultados:

[00139] Los resultados a diversas presiones y tiempos para los datos de flujo y de rechazo de sal se muestran a continuación en las Tablas 38-40.

Tabla 38: Datos de flujo (LMH) y % de rechazo de sal

Presión (bar)	Flujo de permeado (LMH)	% de rechazo
35	7,74	84,78
40	13,18	93,32

Tabla 39: Flujo (LMH) a diferentes presiones en intervalos de tiempo regular

Presión (bar)	35	40
Tiempo (min)	Flujo (LMH)	Flujo (LMH)
5	7,43	12,08
10	7,65	20,79
15	7,75	11,58
20	7,47	11,47
25	7,93	11,65
30	8,23	11,51

Cálculos de presión osmótica:

Tabla 40: Cálculo del % de rechazo mediante el uso de mediciones de presión osmótica de las corrientes de alimentación y permeado

Presión (bar)	Presión osmótica de alimentación medida (bar)	Presión osmótica de permeado medida (bar)	% de reducción
35	3,52	0,24312	93,09
40	3,43	0,08104	97,64
45	3,64	0,072936	98,00

[00140] Los resultados de las diversas membranas se muestran en las Figuras 9 y 10. A partir de las Figuras 9 y 10 se puede ver que los resultados de las membranas son capaces de recuperar agua de la solución de secado de solvente diluida mediante el uso de una gama de membranas disponibles en el comercio.

Ejemplo 11: Determinación acerca de si diferentes sales de metal afectan la capacidad de agua de la composición de secado de solvente.

[00141] Se preparó una gama de composiciones de secado de solvente con diferentes sales de metal y se determinaron sus respectivas capacidades de agua mediante cromatografía de gases. Las composiciones de secado de solvente se prepararon de la siguiente manera:

1. Se agregó una cantidad de una sal de metal específica (detallada en la Tabla 41 a continuación) a una solución de ácido cítrico (6,6 g o 0,340 mol) en agua destilada (5 ml).
2. La mezcla resultante se agitó a 80 grados Celsius durante 20 minutos.
3. Se agregó un exceso de trietilamina a la mezcla agitada de la etapa 2 para generar la composición de secado de solvente.

Tabla 41:

Sal de metal utilizada	Peso de sal de metal (g)	Moles de sal de metal (mol)	Peso de ácido cítrico (g)	Moles de ácido cítrico (mol)	Agua destilada (g)	Relación molar (X:10 ácido cítrico)
NaCl	0,2008	0,0034	6,6	0,0344	5	1
Na ₂ CO ₃	0,3641	0,0034	6,6	0,0344	5	1
SrCl ₂	0,5445	0,0034	6,6	0,0344	5	1
AlCl ₃	0,8295	0,0034	6,6	0,0344	5	1
FeCl ₃	0,5572	0,0034	6,6	0,0344	5	1
CuCl ₂	0,5857	0,0034	6,6	0,0344	5	1
Fe(NO ₃) ₃	1,3879	0,0034	6,6	0,0344	5	1
Fe ₂ (SO ₄) ₃	1,3737	0,0034	6,6	0,0344	5	1
CuSO ₄	0,5483	0,0034	6,6	0,0344	5	1
Cu(OH) ₂	0,3400	0,0034	6,6	0,0344	5	1

[00142] Las propiedades de las composiciones de secado de solvente preparadas se detallan en la Tabla 42 a continuación:

Tabla 42:

Composición de secado de solvente	pH antes de agregar TEA	pH después de agregar TEA	Viscosidad (m.Pas)	Temperatura (°C)	Presión osmótica (atm)	Conductividad (ms/cm)
NaCl.citrato	0,04	8,05	288	18	194	1,119
Na ₂ CO ₃ .citrato	1,58	8,09	375	18	186	1,182
SrCl ₂ .citrato	1,27	8,18	381,32	18	194	0,949
AlCl ₃ .citrato	-0,43	8,29	209,22	18	-	1,569
FeCl ₃ .citrato	-0,28	8,06	219,68	18	186	1,96
CuCl ₂ .citrato	0,17	8,13	238,36	18	158	1,559
Fe(NO ₃) ₃ .citrato	-0,24	8,22	166,18	18	-	2,2
Fe ₂ (SO ₄) ₃ .citrato	-0,14	8,25	274,14	18	182	1,111
CuSO ₄ .citrato	0,04	8,16	278	18	-	1,258
Cu(OH) ₂ .citrato	0,98	8,016	537,23	18	108	1,005

[00143] Se puede ver que la viscosidad de cada composición de secado de solvente varía a medida que cambia la sal de metal. Las composiciones de secado de solvente anteriores luego se hicieron reaccionar con absorbente húmedo de la siguiente manera:

1. Se agregaron 0,2 ml de cada composición de secado de solvente descrita en la Tabla X a 20 ml de absorbente húmedo.
2. La mezcla resultante se mezcló mediante un mezclador Vortex durante 30 segundos y luego se separó mediante centrifuga.
3. Se analizó un análisis de GC del agua restante en el absorbente después de mezclarlo con las composiciones de secado de solvente y los resultados se muestran en la Tabla 43 a continuación.

Tabla 43 Las capacidades de absorción de agua de los regenerantes

Composición de secado de solvente	Absorbente húmedo utilizado (ml)	Contenido de agua en absorbente húmedo (%)	Volumen de composición de secado de solvente (ml)	Contenido de agua en absorbente después del secado con la composición de secado de solvente (%)	Estado de valencia
NaCl.citrato	20	7,793	0,2	6,635	1
Na₂CO₃.citrato	20	7,793	0,2	6,522	1
SrCl₂.citrato	20	7,793	0,2	6,581	2
AlCl₃.citrato	20	7,793	0,2	6,778	3
FeCl₃.citrato	20	7,793	0,2	6,76	3
CuCl₂.citrato	20	7,793	0,2	6,802	2
Fe(NO₃)₃.citrato	20	7,793	0,2	6,834	3
Fe₂(SO₄)₃.citrato	20	7,793	0,2	6,634	3
CuSO₄.citrato	20	7,793	0,2	6,723	2
Cu(OH)₂.citrato	20	7,793	0,2	6,699	2

[00144] A partir de los resultados mostrados en la Tabla 43, se puede ver que la capacidad de absorción de agua de cada composición de secado de solvente no se altera sustancialmente a medida que cambia la sal de metal.

[00145] La presente invención y sus formas de realización se han descrito en detalle. Sin embargo, el alcance de la presente invención no pretende limitarse a las formas de realización particulares de cualquier proceso, fabricación, composición de materia,

compuestos, medios, métodos y/o etapas descritas en la memoria descriptiva. Se pueden realizar diversas modificaciones, sustituciones y variaciones al material divulgado sin apartarse del espíritu y/o las características esenciales de la presente invención. En consecuencia, una persona del oficio de nivel medio apreciará fácilmente a partir de la divulgación que las modificaciones, sustituciones y/o variaciones posteriores que realizan sustancialmente la misma función o logran sustancialmente el mismo resultado que las formas de realización descritas en la presente pueden utilizarse de acuerdo con tales formas de realización relacionadas de la presente invención. Por lo tanto, las siguientes reivindicaciones pretenden abarcar dentro de su alcance las modificaciones, sustituciones y variaciones de combinaciones, kits, compuestos, medios, métodos y/o etapas divulgadas en la presente.