



No. 13-252769- -00000-0000

Fecha: 2013-10-24 15:15:33 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 90

Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

SOLICITUD

PATENTE DE INVENCION

21. EXPEDIENTE No.

54. TITULO: SISTEMAS Y MÉTODOS DE SEPARACIÓN OSMÓTICA

51. CLASIFICACION INTERNACIONAL B01D 65/08

71. SOLICITANTE: OASYS WATER, INC.

DOMICILIO: Massachusetts, Estados Unidos de América

74. APODERADA SILVANA MARIA LÓPEZ DÍAZ

22. BOGOTÁ, D.C.

Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO  No. 13-252769- -00000-0000 Fecha: 2013-10-24 15:15:33 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI Act. 411 PRESENTACION Folios: 90
--	---

DIRECCIÓN DE ASUNTOS GENEALÓGICOS
SOLICITUD FASE NACIONAL – PCT

1	TIPO DE SOLICITUD	☒ Patente de invención ☒ Capítulo I	☐ Patente de Modelo de Utilidad ☐ Capítulo II
2	DATOS SOLICITUD INTERNACIONAL PCT (86)		
Solicitud Internacional No.		PCT/US2012/034801	Fecha 24 de Abril de 2012
Publicación Internacional No.		WO 2012/148911 A3	Fecha 01 de Noviembre de 2012
3	TÍTULO DE LA INVENCIÓN (200 caracteres o espacios máximos)		
SISTEMAS Y MÉTODOS DE SEPARACIÓN OSMÓTICA			
4	CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL (CIP) B01D 65/08		
5	SOLICITANTE (S) ☐ Esta persona también es inventor. Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria		
APELLIDOS O RAZÓN SOCIAL		NOMBRE	IDENTIFICACIÓN
OASYS WATER, INC.			TIPO
6	DATOS DEL SOLICITANTE		
DIRECCIÓN: 21 Drydock Avenue 7th Floor Boston,		No. TELÉFONO:	
CIUDAD: Massachusetts 02210,		CORREO ELECTRONICO:	
PAÍS DE RESIDENCIA: Estados Unidos de América		LUGAR DE CONSTITUCIÓN: Estados Unidos de América	
7	INVENTOR (ES)		
APELLIDOS		NOMBRES	NACIONALIDAD
MCGINNIS,		Robert	Estadounidense
DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO:			
8	DATOS INVENTOR (ES)		
DIRECCIÓN		CIUDAD	ESTADO
195 Binney Street Apartment 1402,		Cambridge,	Massachusetts 02142,
PAÍS RESIDENCIA Estados Unidos de América			
OTRO(S) SOLICITANTE(S) Y/O (OTRO(S)) INVENTOR(ES)			
☐ Los demás solicitantes y/o (demás) inventores se indican en una hoja a continuación.			
9	☐ REPRESENTANTE LEGAL ☒ APODERADO		
APELLIDOS		NOMBRES	IDENTIFICACIÓN
LÓPEZ DÍAZ		SILVANA MARIA	C.C. 22.468.787 T.P. 147463 CSJ
DIRECCIÓN Cra. 11 No. 86 – 53, Piso 6		No. TELÉFONO	6181088
CIUDAD Bogotá, D.C.		CORREO ELECTRÓNICO	notificaciones@clarkemodet.com.co.
PAÍS Colombia			
10	DECLARACIONES DE PRIORIDAD ☒ SI ☐ NO		
(33) PAÍS DE ORIGEN		CÓDIGO PAÍS	(31) NÚMERO
1.Estados Unidos de América		US	61/478.768
2. Estados Unidos de América		US	61/479.187
3. Estados Unidos de América		US	61/597.371
			(32) FECHA AAA/MM/DD
			2011/04/25
			2011/04/26
			2012/02/10

11	DECLARACIÓN SOBRE USO DE RECURSOS GENÉTICOS O BIOLÓGICOS		
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de recursos genéticos o biológicos de los que cualquiera de los países miembros de la Comunidad Andina es país de origen.			
☐ SI ☐ NO			
Nota: En caso afirmativo deberá anexar copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o número de registro, expedido por la Autoridad competente.			
12	DECLARACIÓN SOBRE USO DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES		
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicionales de comunidades indígenas, afroamericanas o locales de países miembros de la Comunidad Andina.			
☐ SI ☐ NO			
Nota: En caso afirmativo deberá anexar la licencia o autorización de uso de conocimiento tradicional, o certificado, o número de registro expedido por la Autoridad competente.			
13	REDUCCIÓN DE TASAS		
Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.			
☐ SI ☐ NO			
Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.			
Micro, pequeñas y medianas empresas ☐			
Universidades públicas o privadas ☐			
Entidades sin ánimo de lucro ☐			
Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos			
14	AUTORIZACIÓN DE NOTIFICACIÓN EN LÍNEA ☐ SI ☐ NO		
Manifiesto que he leído y entendido perfectamente los términos y condiciones de uso de medios electrónicos para las notificaciones en línea a través de Internet de los actos administrativos proferidos por la Superintendencia de Industria y Comercio que deben ser notificados personalmente y, en consecuencia, autorizo el servicio de notificación a través de internet.			
15	COMPROBANTE DE PAGO O PAGO ELECTRÓNICO	Nº 13-099866// 13- 107550	Fecha 03/10/2013 24/10/2013
16	FIRMA DEL APODERADO :		
SILVANA MARIA LÓPEZ DÍAZ C.C. 22.468.787 T.P. 147463 CSJ			
17	ANEXOS		
Documentación Técnica Solicitud Internacional en castellano		Documentación Jurídica	
1. ☒ Descripción Nº de folios 70		9. ☐ Poderes, si fuera el caso.	
2. ☒ Reivindicaciones Nº Reivindicaciones: 21		10. ☐ Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante.	
3. ☒ Dibujos y/o figuras Nº folios: 6		11. ☐ Copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, certificado o número de registro, si fuera el caso.	
4. ☒ Resumen.		12. ☐ Copia de la licencia o autorización de Conocimientos Tradicionales, certificado o número de registro, si fuera el caso.	
5. ☐ Certificado de depósito de material biológico si fuera el caso.		13. Reducción de tasas	
6. ☐ Listado de secuencias de nucleótidos y/o aminoácidos en forma digital si fuera el caso.		Micro, pequeñas o medianas empresas	
7. ☐ Arte final 12 x 12.		☐ Copia simple de la declaración de renta del año inmediatamente anterior, o en su defecto prueba documental idónea.	
8. ☐ Anexo formato digital.		☐ Documento de constancia de cumplimiento con lo establecido en la ley 905 de 2004.	
		Universidades públicas o privadas	
		☐ Copia acto de reconocimiento institucional emitido por el Ministerio de Educación	
		Entidades sin ánimo de lucro	
		☐ Copia de registro vigente en Cámara de comercio.	
		☐ Hoja de información complementaria.	
		☐ Otros, especificar	
		14. ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.	
		15. ☐ Comprobante de pago por reivindicación de prioridad.	
		16. ☐ Comprobante de pago de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación.	
		17. ☒ Comprobante de pago por reivindicación adicional a 10.	

SISTEMAS Y MÉTODOS DE SEPARACIÓN OSMÓTICA

CAMPO DE LA TECNOLOGÍA

5 Uno o más aspectos se refieren generalmente a separación osmótica. Más particularmente, uno o más aspectos implican el uso de procesos de membrana impulsados osmóticamente, tales como ósmosis directa para separar solutos de soluciones.

10

ANTECEDENTES

La ósmosis directa ha sido usada para la desalinización. En general, un proceso de desalinización de
15 ósmosis directa implica un recipiente que tiene dos cámaras separadas por una membrana semipermeable. Una cámara contiene agua de mar. La otra cámara contiene una solución concentrada que genera un gradiente de concentración entre el agua de mar y la solución concentrada. Este gradiente extrae agua del
20 agua de mar a través de la membrana, lo que selectivamente permite que pase agua, pero no sales, a la solución concentrada. Gradualmente, el agua que ingresa a la solución concentrada diluye la solución. Luego se retiran los solutos de la solución diluida para generar agua potable.

25

Una desventaja de los sistemas de ósmosis directa es el fenómeno de intercambio iónico, que altera el equilibrio de iones del sistema. Por ejemplo, en un sistema que usa una

solución de extracción de $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ y una solución de alimentación de NaCl , los iones de Na^+ y NH_4^+ se intercambiarán a través de la membrana, lo que puede dar como resultado agua de producto de salinidad mayor y una mayor
5 dificultad para recuperar solutos de extracción. Algunas unidades de desalinización actualmente usan intercambio de iones pre y postratamiento o procesos similares; sin embargo, ese uso se realiza típicamente para acondicionar adicionalmente un solvente de producto y no en un intento por
10 superar estas desventajas, en particular con respecto a recuperar solutos de extracción.

BREVE DESCRIPCIÓN

15 Los aspectos se refieren generalmente a métodos y sistemas de membrana impulsados osmóticamente, incluyendo separación por ósmosis directa (FO), concentración osmótica directa (DOC), ósmosis directa asistida por presión y ósmosis retardada por presión (PRO).

20

En un aspecto, la invención se refiere a un método y proceso de membrana impulsado osmóticamente para mantener su equilibrio de iones. El proceso/método incluye los pasos de introducir una primera solución a un primer lado de una
25 membrana de ósmosis directa e introducir una solución de extracción concentrada a un segundo lado de la membrana de ósmosis directa. La solución de extracción concentrada tiene una concentración de soluto suficiente para mantener un

gradiente de concentración osmótica en la membrana. El proceso/método también incluye fomentar el flujo de un solvente de la primera solución a través de la membrana, formando así una segunda solución en el primer lado de la

5 membrana de ósmosis directa y una solución de extracción diluida en el segundo lado de la membrana de ósmosis directa. La segunda solución incluye al menos una primera especie iónica de soluto (por ej., amonio) mediante intercambio iónico inverso a través de la membrana. Además, el

10 proceso/método incluye dirigir la solución de extracción diluida a un sistema de separación y separar la solución de extracción diluida en solutos de extracción y solvente. El solvente recuperado incluye al menos una segunda especie iónica de soluto; por ejemplo, iones de sodio (Na^+) que se

15 intercambiaron a través de la membrana de ósmosis directa y/o iones de carbonato que permanecen presentes en el solvente recuperado debido a un desequilibrio iónico que evita que todos los solutos de extracción se recuperen de la solución de extracción diluida. El desequilibrio iónico puede ser un

20 resultado del intercambio iónico que ocurre a través de la membrana de ósmosis directa. El proceso/método también incluye los pasos de reciclar los solutos de extracción en la solución de extracción concentrada introducida al segundo lado de la membrana de ósmosis directa para mantener el

25 gradiente de concentración osmótica de allí, dirigir el solvente recuperado a un sistema de ósmosis inversa, presurizar el solvente recuperado para producir un solvente purificado y una solución concentrada que comprende dicha al

menos una segunda especie iónica de soluto e introducir la solución concentrada a la primera solución introducida al primer lado de la membrana de ósmosis directa. La segunda especie iónica de solutos se equilibra con la primera especie iónica de solutos dentro de la segunda solución para formar solutos de extracción adicionales dentro de la segunda solución que se pueden separar. Específicamente, las varias especies iónicas positivas y negativas de solutos residen dentro de la segunda solución en un equilibrio de carga igual. La segunda solución se dirige luego a un sistema de separación/reciclaje para recuperar los solutos de extracción adicionales. La primera especie iónica de solutos (o una forma de esta) en combinación con la segunda especie iónica de solutos (o una forma de esta) hace que cada especie de soluto de extracción se pueda separar de la segunda solución.

De manera alternativa, la solución concentrada de la unidad de ósmosis inversa se puede introducir a la segunda solución en el primer lado de la membrana, la segunda solución dentro del sistema de separación/reciclaje y/o la segunda solución a medida que se transfiere del primer lado de la membrana al sistema de separación/reciclaje. En algunas modalidades, la solución concentrada de la unidad de ósmosis inversa puede tener una cantidad mayor de sólidos disueltos totales (TDS) que la primera solución, en cuyo caso se preferiría introducir la solución concentrada a la segunda solución en forma descendente de la unidad de ósmosis directa, evitando así el posible impacto negativo de los TDS

mayores en la unidad de ósmosis directa. En algunos casos, la segunda solución puede comprender más amonio de otras fuentes, que también se pueden recuperar con los métodos y sistemas descritos.

5

En otro aspecto, la invención se refiere a un método para maximizar la recuperación de soluto de extracción en un sistema de membrana impulsado osmóticamente. El método incluye los pasos de proporcionar un primer sistema de

10 membrana impulsado osmóticamente que tiene una membrana de ósmosis directa y configurado para recibir una primera solución en un primer lado de la membrana y una solución de extracción concentrada en un segundo lado de la membrana, separando osmóticamente un solvente de la primera solución

15 usando la solución de extracción concentrada, formando así una segunda solución en el primer lado de la membrana y una solución de extracción diluida en el segundo lado de la membrana. La segunda solución incluye al menos una primera especie iónica de soluto mediante intercambio iónico inverso

20 a través de la membrana. La solución de extracción diluida se puede dirigir a un sistema de separación/reciclaje para un procesamiento adicional. El método también incluye separar la solución de extracción diluida para recuperar al menos un soluto de extracción y el solvente. El solvente recuperado

25 incluye al menos una segunda especie iónica de soluto. El método también incluye los pasos de reciclar al menos un soluto de extracción recuperado al primer sistema de membrana impulsado osmóticamente; proporcionar un segundo sistema de

membrana impulsado osmóticamente que tiene una membrana de ósmosis inversa; presurizar el solvente recuperado en el segundo sistema de membrana impulsado osmóticamente para recuperar un solvente sustancialmente puro y una solución concentrada, incluyendo dicha al menos una segunda especie iónica de soluto y reciclar la solución concentrada que tiene al menos una segunda especie iónica de soluto al primer sistema de membrana impulsado osmóticamente. La solución concentrada se agrega a la primera solución, dando así como resultado que la segunda solución incluya dicha al menos una primera especie iónica de soluto y dicha al menos una segunda especie iónica de soluto. Dicha al menos una primera especie de soluto se equilibra con dicha al menos una segunda especie de soluto para formar solutos de extracción adicionales que se pueden separar. El método incluye el paso de separar la segunda solución para recuperar los solutos de extracción adicionales y una tercera solución. La segunda solución se puede dirigir a un segundo sistema de separación/reciclaje o el paso de separación se puede realizar con el mismo sistema de separación/reciclaje usado con la solución de extracción diluida.

En varias modalidades de los aspectos que anteceden, el proceso incluye el paso de reciclar los solutos de extracción adicionales en la solución de extracción concentrada. En una o más modalidades, el paso de separar la solución de extracción diluida comprende destilación. La solución de extracción concentrada puede incluir al menos un soluto de

extracción que se puede separar térmicamente y/o puede comprender amoníaco y dióxido de carbono en una relación molar de al menos 1:1.

5 En aun otro aspecto, la invención se refiere a un sistema para la extracción osmótica de un solvente de una primera solución. El sistema incluye un sistema de ósmosis directa con una primera cámara que tiene una entrada conectada fluidamente a una fuente de la primera solución,
10 una segunda cámara que tiene una entrada conectada fluidamente a una fuente de una solución de extracción concentrada y un sistema de membrana semipermeable que separa la primera cámara de la segunda cámara; un primer sistema de separación acoplado fluidamente al sistema de ósmosis directa
15 de forma descendente de la segunda cámara y configurado para recibir una solución de extracción diluida de este y para separar la solución de extracción diluida en solutos de extracción y una corriente de solvente; un intercambiador de presión (por ej., una bomba) acoplado fluidamente al sistema
20 de separación y configurado para presurizar y transportar la corriente de solvente; un sistema de ósmosis inversa acoplado fluidamente al intercambiador de presión, donde el sistema de ósmosis inversa incluye una primera cámara configurada para recibir la corriente de solvente presurizado, una membrana semipermeable acoplada a la primera cámara y una segunda
25 cámara acoplada a la membrana semipermeable y configurada para recibir un solvente que fluye a través de la membrana. La primera cámara de la unidad de ósmosis inversa está

acoplada fluidamente a la primera cámara de la unidad de ósmosis directa para proporcionar al menos una parte de la primera solución. El sistema también incluye un segundo sistema de separación acoplado fluidamente a la primera
5 cámara del sistema de ósmosis directa y configurado para recibir una primera solución concentrada desde allí y retirar al menos uno de los solutos de extracción y una corriente de producto de la primera solución concentrada.

10 En aun otro aspecto, la invención se refiere a un sistema para la extracción osmótica de un solvente de una primera solución. El sistema incluye un sistema de ósmosis directa configurado para recibir una solución de alimentación en un lado de una membrana semipermeable y una solución de
15 extracción concentrada en un lado opuesto de la membrana, un primer sistema de separación acoplado fluidamente al sistema de ósmosis directa y configurado para recibir una solución de extracción diluida del sistema de ósmosis directa y separar la solución de extracción diluida en solutos de extracción y
20 una corriente de solvente, un intercambiador de presión acoplado fluidamente al sistema de separación y configurado para presurizar y transportar la corriente de solvente, un sistema de ósmosis inversa acoplado fluidamente al intercambiador de presión y configurado para recibir la
25 corriente de solvente presurizada en un primer lado de una membrana semipermeable y que tiene un lado opuesto de la membrana para recibir un solvente de producto que fluye a través de la membrana, donde el primer lado de la membrana

está acoplado fluidamente a la unidad de ósmosis directa para proporcionar un solvente presurizado y concentrado como al menos una parte de la primera solución y un segundo sistema de separación acoplado fluidamente al sistema de ósmosis directa y configurado para recibir una primera solución concentrada de allí y retirar al menos uno de los solutos de extracción y una corriente de producto de la primera solución concentrada.

10 En varias modalidades de los aspectos que anteceden de la invención, el sistema incluye un sistema de reciclaje en comunicación fluida con el segundo sistema de separación para regresar los solutos de extracción separados a la solución de extracción concentrada. En una o más modalidades, el primer y
15 segundo sistema de separación puede incluir al menos una de una columna de destilación o una membrana de contacto. En determinadas modalidades, la solución de extracción concentrada incluye amoníaco y dióxido de carbono en una relación molar de al menos uno a uno.

20

En aun otro aspecto, la invención se refiere a un sistema para la extracción osmótica de un solvente de una primera solución. El sistema incluye un sistema de ósmosis directa, un sistema de pretratamiento y un sistema de
25 separación. El sistema de ósmosis directa incluye una primera cámara que tiene una entrada conectada fluidamente a una fuente de la primera solución, una segunda cámara que tiene una entrada conectada fluidamente a una fuente de una

solución de extracción concentrada y un sistema de membrana semipermeable que separa la primera cámara de la segunda cámara. El sistema de pretratamiento está en comunicación fluida con la fuente de la primera solución y el sistema de ósmosis directa. En una modalidad, el sistema de pretratamiento se coloca entre la fuente de la primera solución y el sistema de ósmosis directa. El sistema de separación está fluidamente conectado en forma descendente de la segunda cámara para recuperar al menos uno de solutos de extracción o una corriente de solventes. El sistema de separación puede incluir al menos una de una columna de destilación o una membrana de contacto, el sistema de separación está configurado para recibir una solución de extracción diluida de la segunda cámara.

15

En varias modalidades, la solución de extracción concentrada incluye amoníaco y dióxido de carbono en una relación molar deseada de al menos uno a uno. El sistema de pretratamiento puede incluir al menos uno de una fuente de calor para precalentar la primera solución, medios para ajustar el pH de la primera solución, un filtro u otro medio para filtrar la primera solución (por ej., filtración de carbono o arena), medios para la adición de polímeros o medios para ablandar la primera solución. El sistema también puede incluir un sistema de postratamiento en comunicación fluida con la corriente de solvente. El sistema de postratamiento puede incluir al menos uno de un sistema de ósmosis inversa, un sistema de intercambio iónico, un segundo

sistema de ósmosis directa, un sistema de destilación, un pervaporador, un sistema de recompresión de vapor mecánico o un sistema de filtración. En modalidades adicionales, el sistema también puede incluir un sistema de reciclaje que
5 incluye un absorbente configurado para facilitar la reintroducción de los solutos de extracción a la segunda cámara para mantener la relación molar deseada de la solución de extracción.

10 En otro aspecto, la invención se refiere a un sistema para la extracción osmótica de un solvente de una primera solución. El sistema incluye un sistema de ósmosis directa, un sistema de separación y un sistema de postratamiento. El sistema de ósmosis directa incluye una primera cámara que
15 tiene una entrada conectada fluidamente a una fuente de la primera solución, una segunda cámara que tiene una entrada conectada fluidamente a una fuente de una solución de extracción concentrada y un sistema de membrana semipermeable que separa la primera cámara de la segunda cámara. El sistema
20 de separación está fluidamente conectado en forma descendente de la segunda cámara para recuperar al menos uno de solutos de extracción o una corriente de solventes. El sistema de postratamiento está en comunicación fluida con la corriente de solvente.

25

En varias modalidades, la solución de extracción concentrada incluye amoníaco y dióxido de carbono en una relación molar deseada de al menos uno a uno. El sistema de

postratamiento puede incluir al menos uno de un sistema de ósmosis inversa, un sistema de intercambio iónico, un segundo sistema de ósmosis directa, un sistema de destilación, un pervaporador, un sistema de recompresión de vapor mecánico o un sistema de filtración. El sistema también puede incluir un sistema de pretratamiento en comunicación fluida con la fuente de la primera solución, por ejemplo, el sistema de pretratamiento se puede colocar entre la fuente de la primera solución y el sistema de ósmosis directa. El sistema de pretratamiento puede incluir al menos uno de una fuente de calor para precalentar la primera solución, medios para ajustar el pH de la primera solución, un filtro u otro medio para filtrar la primera solución (por ej., filtración de carbono o arena), medios para la adición de polímeros o medios para ablandar la primera solución. El sistema también puede incluir un sistema de reciclaje que incluye un absorbente configurado para facilitar la reintroducción de los solutos de extracción a la segunda cámara para mantener la relación molar deseada de la solución de extracción. En algunas modalidades, el sistema de separación incluye al menos una de una columna de destilación o una membrana de contacto, el sistema de separación está configurado para recibir una solución de extracción diluida de la segunda cámara.

25

De acuerdo con una o más modalidades, un sistema para la extracción osmótica de un solvente de una primera solución puede comprender una primera cámara que tiene una entrada

conectada fluidamente a una fuente de la primera solución, una segunda cámara que tiene una entrada conectada fluidamente a una fuente de una solución de extracción concentrada que comprende amoníaco y dióxido de carbono en una relación molar deseada de al menos uno a uno, un sistema de membrana semipermeable que separa la primera cámara de la segunda cámara, una operación de pretratamiento en comunicación fluida con al menos una de la fuente de la primera solución o la primera cámara, un sistema de separación conectado fluidamente en forma descendente de la segunda cámara, el sistema de separación configurado para recibir una solución de extracción diluida de la segunda cámara y para recuperar solutos de extracción y una corriente de solventes, un sistema de reciclaje que comprende un absorbente configurado para facilitar la reintroducción de los solutos de extracción a la segunda cámara para mantener la relación molar deseada y una operación de postratamiento en comunicación fluida con la corriente de solventes. En una modalidad, el sistema de separación incluye una columna de destilación.

Los aspectos adicionales de la invención se refieren al uso de los sistemas y procesos descritos en la presente para tratar aguas residuales. De acuerdo con una o más modalidades, un método para tratar aguas residuales puede incluir introducir aguas residuales que tienen una alta demanda de oxígeno bioquímico o una alta demanda de oxígeno químico en un primer lado de una membrana semipermeable,

introducir una solución de extracción concentrada que incluye amoníaco y dióxido de carbono a una relación molar de al menos uno a uno en un segundo lado de la membrana semipermeable para mantener un gradiente de concentración osmótica deseado a través de la membrana semipermeable, fomentar el flujo de al menos una parte de las aguas residuales a través de la membrana semipermeable para formar una segunda solución en el primer lado de la membrana semipermeable y una solución de extracción diluida en el segundo lado de la membrana semipermeable e introducir al menos una parte de la solución de extracción diluida a una operación de separación para recuperar solutos de extracción y una corriente de solvente. El método también puede incluir los pasos opcionales de reintroducir los solutos de extracción al segundo lado de la membrana semipermeable para mantener la relación molar deseada de amoníaco a dióxido de carbono en la solución de extracción concentrada y recoger la corriente de solvente.

En algunas modalidades, el método también puede incluir introducir la segunda solución a un proceso secundario, tal como un digestor anaeróbico. En otras modalidades, el método también puede incluir introducir la segunda solución a un incinerador. El calor generado del incinerador o de la combustión de metano del digestor se puede proporcionar a la operación de separación. En al menos algunas modalidades, el método también puede incluir controlar la incrustación de la membrana semipermeable.

En otro aspecto, la invención se refiere a un proceso de ósmosis directa. El proceso incluye los pasos de introducir una primera solución que tiene un solvente y al menos un soluto en un primer lado de una membrana semipermeable, introducir múltiples cristales de nucleación de precipitados ("gérmenes") a la primera solución, introducir una solución de extracción concentrada a un segundo lado de la membrana semipermeable, fomentar la nucleación de al menos un soluto en la primera solución y fomentar un flujo de al menos una parte del solvente a través de la membrana semipermeable para formar una segunda solución en el primer lado de la membrana semipermeable y una solución de extracción diluida en el segundo lado de la membrana semipermeable. Los múltiples gérmenes pueden incluir gérmenes de una composición y configuración sustancialmente uniformes; sin embargo, los gérmenes con diferentes composiciones y/o configuraciones se pueden introducir para la nucleación selectiva de diferentes solutos. La cantidad, composición y configuración de los gérmenes se seleccionarán para adaptarse a una aplicación particular; por ej., la recuperación de un compuesto farmacéutico y/o la remoción de solutos no deseados. El paso de fomentar la nucleación puede incluir la introducción y dispersión pasiva de los gérmenes dentro de la solución y opcionalmente la agitación, aireación u otros medios para fomentar la mezcla de los gérmenes dentro de la primera solución.

En varias modalidades del aspecto que antecede, el proceso puede incluir el paso de dirigir al menos una parte de la solución de extracción diluida a una unidad de separación para recuperar al menos uno de una corriente de
5 solvente o solutos de extracción y el paso de volver a introducir solutos de extracción en la solución de extracción concentrada en el segundo lado de la membrana semipermeable para mantener una relación molar deseada en la solución de extracción deseada. En una modalidad, el paso de fomentar un
10 flujo de al menos una parte del solvente incluye mantener el gradiente de concentración osmótica en la membrana semipermeable, que puede incluir mantener una relación molar de amoníaco a dióxido de carbono de al menos 1:1 en la solución de extracción concentrada. Opcionalmente, el proceso
15 puede incluir el paso de monitorear una o más características de la solución de extracción concentrada y modificar la solución de extracción según sea necesario mediante, por ejemplo, la reintroducción de solutos de extracción en la solución para alterar su relación molar. El proceso también
20 puede incluir el paso de recuperar al menos una parte de dicho al menos un soluto que se precipitó de la primera solución. La recuperación del soluto precipitado puede incluir procesar adicionalmente los solutos y/o la primera solución mediante, por ejemplo, filtración, sedimentación
25 gravitacional (por ej., en una cámara separada), clasificación y precipitación preferencial de los solutos, intercambio de calor u otros medios de separación. En determinadas modalidades, por ejemplo, cuando los solutos

precipitados incluyen o arrastran sustancias orgánicas, la suspensión o solutos precipitados se pueden dirigir a un incinerador o digestor para un procesamiento adicional.

5 En otro aspecto, la invención se refiere a un sistema para el procesamiento de una solución usando ósmosis. El sistema incluye un módulo de ósmosis directa y medios para introducir múltiples gérmenes en el módulo de ósmosis directa. El módulo de ósmosis directa incluye una primera
10 cámara en comunicación fluida con una fuente de una primera solución que incluye un solvente y al menos un soluto, una segunda cámara en comunicación fluida con una solución de extracción concentrada y una membrana semipermeable que acopla la primera cámara y la segunda cámara. El medio para
15 introducir los múltiples gérmenes se configura para introducir los gérmenes a la primera cámara, donde los múltiples gérmenes provocan la nucleación de al menos una parte de dicho al menos un soluto cuando la primera solución se introduce a la primera cámara. El medio para introducir
20 múltiples gérmenes puede incluir reciclar una parte de los cristales de precipitación retirados de otra parte del sistema, o de una tolva colocada adyacente a la primera cámara para proporcionar, con o sin regulación, los gérmenes a la primera cámara o un sistema separado que incluye, por
25 ejemplo, un depósito para mantener los múltiples gérmenes (como cristales secos o en una suspensión) y la bomba necesaria (u otra fuente de energía primaria), cañerías y válvulas para administrar los gérmenes del depósito a la

primera cámara. El medio y/o la primera cámara también pueden incluir una fuente de aire, un mezclador y/o deflectores para ayudar a la introducción y dispersión de los gérmenes en la primera solución.

5

En una o más modalidades, el sistema puede incluir un módulo de separación en comunicación fluida con la segunda cámara para recuperar al menos uno de una corriente de solventes y solutos de extracción y un medio para reciclar solutos de extracción en la solución de extracción concentrada. El módulo de separación y medio de reciclaje puede incluir, por ejemplo, cámaras adicionales, filtros, intercambiadores de calor, columnas de destilación, membranas de contacto y cañerías necesarias para recuperar y volver a introducir los solutos de extracción a la solución de extracción concentrada. El sistema también puede incluir un módulo de recuperación en comunicación fluida con la primera cámara para recuperar solutos precipitados. El módulo de recuperación puede incluir, por ejemplo, un depósito de decantación, filtros, un incinerador y/o un digestor (por ej., donde ocurre precipitación con concentración de BOD o COD).

En aun otro aspecto, la invención se refiere a un aparato para el tratamiento de una solución usando ósmosis. El aparato incluye una cámara configurada para recibir una primera solución que incluye un solvente y al menos un soluto, un módulo de membrana colocado dentro de la cámara y

un medio para introducir múltiples gérmenes a la cámara, donde los múltiples gérmenes provocan la nucleación de al menos una parte de dicho al menos un soluto en la primera solución en la cámara. El módulo de membrana incluye una
5 membrana semipermeable que tiene una superficie exterior en comunicación fluida con la primera solución en la cámara y una superficie interior para recibir una solución de extracción concentrada.

10 Aun otros aspectos, modalidades y ventajas de estos ejemplos de aspectos y modalidades se describen en detalle a continuación. Además, se debe entender que tanto la información que antecede como la descripción detallada que sigue son meramente ejemplos ilustrativos de varios aspectos
15 y modalidades y desean proporcionar una visión general o marco para comprender la naturaleza y carácter de los aspectos y modalidades reivindicados. Por consiguiente, estos y otros objetos, junto con las ventajas y características de la presente invención descritas en la presente serán
20 evidentes mediante referencia a la siguiente descripción y los dibujos adjuntos. Además, se debe entender que las características de las diversas modalidades descritas en la presente no son mutuamente exclusivas y pueden existir en diversas combinaciones y permutaciones.

25

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

En los dibujos, los caracteres de referencia similares
5 se refieren generalmente a las mismas partes en las
diferentes vistas. Además, los dibujos no están
necesariamente a escala, por el contrario, el énfasis
generalmente se pone en la ilustración de los principios de
la invención y no se pretenden como definición de los límites
10 de la invención. Con fines de claridad, no todos los
componentes se pueden etiquetar en cada dibujo. En la
siguiente descripción, varias modalidades de la presente
invención se describen con referencia a los siguientes
dibujos, donde:

15

La FIG. 1 es una representación esquemática de un
sistema/proceso de ósmosis directa para el tratamiento de
aguas residuales de acuerdo con una o más modalidades de la
invención;

20

La FIG. 2 es una representación esquemática de un
sistema/proceso alternativo para el tratamiento de aguas
residuales de acuerdo con una o más modalidades de la
invención;

25

La FIG. 3 es un diagrama esquemático de un sistema de
extracción osmótica de un solvente de acuerdo con una o más
modalidades de la invención;

La FIG. 4 es una representación esquemática de una aplicación del sistema de la FIG. 3 de acuerdo con una o más modalidades de la invención;

5

La FIG. 5 es una representación esquemática de un sistema osmótico que incluye una unidad de ósmosis directa y una unidad de ósmosis inversa de acuerdo con una o más modalidades de la invención; y

10

La FIG. 6 es un diagrama de flujo que ilustra los diversos pasos de un proceso de membrana impulsado osmóticamente configurado para mantener su equilibrio iónico.

15

DESCRIPCIÓN DETALLADA

20

De acuerdo con una o más modalidades, un método osmótico para extraer un solvente (por ej., agua) de una solución generalmente puede implicar exponer la solución a una primera superficie de una membrana de ósmosis directa. Una segunda solución, o solución de extracción, con una

25 concentración aumentada con respecto a la de la primera solución o solución del proceso puede estar expuesta a una segunda superficie opuesta de la membrana de ósmosis directa. El solvente luego se puede extraer de la solución a través de

la membrana de ósmosis directa y a la segunda solución generando una solución rica en solvente mediante la ósmosis directa que usa propiedades de transferencia de fluidos que implican movimiento desde una solución menos concentrada a una solución más concentrada. La solución enriquecida con solvente, también denominada solución de extracción diluida, puede recogerse en una primera salida y someterse a un proceso de separación adicional para producir, por ejemplo, agua purificada. Una segunda corriente del producto, por ej., una solución del proceso agotada o concentrada, puede recogerse en una segunda salida para descarga o un tratamiento adicional.

La presión hidráulica generalmente puede fomentar el transporte de la primera y la segunda solución a través de un módulo de membrana junto a un eje longitudinal de sus respectivos canales, mientras la presión osmótica generalmente puede fomentar el transporte de solvente a través de una membrana de ósmosis directa en el módulo desde la solución de alimentación hasta la solución de extracción. De manera alternativa, la presión hidráulica puede ejercerse en la solución de alimentación para asistir al flujo del solvente desde soluciones de alimentación a extracción, o la presión hidráulica puede colocarse en la solución de extracción para permitir la producción de energía desde la expansión del volumen de la solución de extracción debido al flujo de membrana del solvente desde la solución de alimentación impulsada por la diferencia de presión osmótica

entre las dos soluciones (PRO). Generalmente, los canales de flujo dentro el módulo están diseñados para minimizar la presión hidráulica necesaria para provocar un flujo a través de estos canales (flujo cruzado), pero esto a menudo no concuerda con el deseo de crear turbulencia en los canales de flujo, beneficioso para la generación eficaz de diferencia de presión osmótica entre las dos soluciones, que tiene una tendencia a aumentar la resistencia al flujo. Las diferencias de presión osmótica más elevadas pueden generalmente aumentar el flujo transmembrana, pero también pueden tener una tendencia a aumentar la cantidad de calor necesario para separar los solutos de extracción de la solución de extracción diluida para producir un producto acuoso diluido y una solución de extracción reconcentrada.

De acuerdo con una o más modalidades, un módulo de membrana de ósmosis directa puede incluir una o más membranas de ósmosis directa. Las membranas de ósmosis directa pueden ser generalmente semipermeables, por ejemplo, pueden permitir el pasaje de agua, pero excluyen solutos disueltos allí, tales como cloruro de sodio, carbonato de amonio, bicarbonato de amonio y carbamato de amonio. Muchos tipos de membranas semipermeables son adecuados para este fin siempre que sean capaces de permitir el pasaje de agua (es decir, el solvente) mientras bloquean el pasaje de solutos y no reaccionan con los solutos en la solución. La membrana puede tener una variedad de configuraciones que incluyen películas delgadas, membranas de fibra hueca, membranas de devanado espiral,

monofilamentos y tubos para discos. Existe una cantidad de membranas semipermeables comercialmente disponibles conocidas que se caracterizan por tener poros lo suficientemente pequeños como para permitir que el agua pase mientras se tamizan moléculas del soluto tales como cloruro de sodio y sus especies moleculares iónicas tales como cloruro. Dichas membranas semipermeables pueden estar hechas de materiales orgánicos o inorgánicos. En algunas modalidades, pueden usarse membranas hechas de materiales tales como acetato de celulosa, nitrato de celulosa, polisulfona, fluoruro de polivinilideno, copolímeros de poliamida y acrilonitrilo. Otras membranas pueden ser membranas minerales o membranas cerámicas hechas de materiales tales como ZrO_2 y TiO_2 .

Preferentemente, el material que se selecciona para su uso como membrana semipermeable generalmente será capaz de resistir varias condiciones del proceso a las que la membrana puede estar expuesta. Por ejemplo, puede ser conveniente que la membrana sea capaz de resistir temperaturas elevadas, tales como las asociadas con la esterilización u otros procesos a alta temperatura. En algunas modalidades, un módulo de membrana de ósmosis directa puede ser operado a una temperatura en el intervalo de alrededor de 0-100 grados Celsius. En algunas modalidades no taxativas, las temperaturas del proceso pueden variar alrededor de 40-50 grados Celsius. Asimismo, puede ser conveniente que la membrana sea capaz de mantener la integridad en condiciones de diferentes pH. Por ejemplo, una o más soluciones en el

ambiente de la membrana, tal como la solución de extracción, pueden ser más o menos ácidas o básicas. En algunas modalidades no taxativas, un módulo de membrana de ósmosis directa puede ser operado a un nivel de pH de entre alrededor de 2 y 11. En determinadas modalidades no taxativas, el nivel de pH puede ser entre alrededor de 7 y 10. Las membranas usadas no necesitan estar hechas de uno de estos materiales y pueden ser compuestos de diferentes materiales. En al menos una modalidad, la membrana puede ser una membrana asimétrica, tal como con una capa activa en una primera superficie, y una capa de soporte en una segunda superficie. En algunas modalidades, una capa activa generalmente puede ser una capa de desecho. Por ejemplo, una capa de desecho puede bloquear el pasaje de sales en algunas modalidades no taxativas. En algunas modalidades, una capa de soporte, tal como una capa de apoyo, generalmente puede estar inactiva.

De acuerdo con una o más modalidades, al menos una membrana de ósmosis directa puede estar colocada dentro de un alojamiento o cubierta. El alojamiento generalmente puede tener el tamaño y la forma para alojar las membranas colocadas en este. Por ejemplo, el alojamiento puede ser sustancialmente cilíndrico si el alojamiento enrolla en espiral las membranas de ósmosis directa. El alojamiento del módulo puede contener entradas para proporcionar soluciones de alimentación y extracción al módulo así como salidas para el retiro de corrientes del producto desde el módulo. En algunas modalidades, el alojamiento puede proporcionar al

menos un depósito o cámara para sostener o almacenar un fluido a ser introducido en o retirado del módulo. En al menos una modalidad, el alojamiento puede estar aislado.

- 5 Un proceso de separación de acuerdo con una o más modalidades puede implicar exponer una primera solución a una primera superficie de una membrana semipermeable. Una segunda solución que tiene la concentración mayor a la de la primera solución puede estar expuesta a una segunda superficie
- 10 opuesta de esta membrana. En algunas modalidades, la concentración de la segunda solución puede aumentarse usando un primer reactivo para ajustar el equilibrio de solutos dentro de la segunda solución para aumentar la cantidad de una especie soluble del soluto dentro de la segunda solución.
- 15 El gradiente de concentración entre la primera y la segunda solución luego extrae el solvente de la primera solución a través de la membrana semipermeable y hacia la segunda solución produciendo una solución rica en solvente. De acuerdo con una o más modalidades, una parte de los solutos
- 20 puede recuperarse de la segunda solución rica en solvente y reciclarse en la solución de extracción. El proceso de recuperación puede proporcionar una corriente de producto de solvente. El gradiente de concentración también produce una solución agotada en el primer lado de la membrana
- 25 semipermeable que puede descargarse o procesarse adicionalmente. La solución agotada puede incluir una o más especies objetivo de la cual es conveniente una concentración o recuperación.

De acuerdo con una o más modalidades, se describe un aparato para la extracción de un solvente de una primera solución usando ósmosis. En una modalidad no taxativa del
5 aparato, el aparato tiene una primera cámara con una entrada y una salida. La entrada de la primera cámara puede estar conectada a una fuente de la primera solución. Una membrana semipermeable separa la primera cámara de la segunda cámara. La segunda cámara tiene una entrada y una primera y una
10 segunda salida. En algunas modalidades, una tercera cámara puede recibir una segunda solución rica en solvente de la primera salida de la segunda cámara y un reactivo de la segunda salida de la segunda cámara. La tercera cámara puede incluir una salida que está conectada a una operación de
15 separación, tal como un filtro para filtrar la segunda solución rica en solvente. El filtro puede tener una primera y segunda salida, dicha primera salida está conectada a la entrada de la segunda cámara para reciclar un soluto precipitado a la segunda cámara. En algunas modalidades, una
20 cuarta cámara puede recibir la segunda solución rica en solvente de la segunda salida de la operación de separación. La cuarta cámara puede tener un calentador para calentar la segunda solución rica en solvente. Una primera salida en la cuarta cámara puede restituir gases constituyentes a la
25 entrada de la segunda cámara. Tal como se describe en la presente, distintas especies, tales como los gases de la cuarta cámara y/o el soluto precipitado de la tercera cámara, pueden reciclarse dentro del sistema. Dichas especies pueden

introducirse, por ejemplo, a la segunda cámara, en la misma entrada o en una entrada diferente. Una segunda salida en la cuarta cámara puede permitir que un producto final, por ej., el solvente, salga del aparato. Las configuraciones del canal de flujo pueden justificar el cambio de volúmenes de flujo o velocidades de flujo en la solución de alimentación y solución de extracción a medida que el flujo ocurre a través de la membrana de una solución a la otra. Los canales de flujo para las soluciones de alimentación y extracción en los sistemas de membrana generalmente están diseñados para ser aproximadamente iguales en longitudes cortas y velocidad de flujo baja a moderada, o ahusamiento donde la alimentación se torna más estrecha y la extracción se torna más profunda para mayores longitudes de canal y/o mayores flujos.

De acuerdo con una o más modalidades, un módulo de membrana de ósmosis directa generalmente puede estar construido y colocado de forma que pone una primera solución y una segunda solución en contacto con el primer y el segundo lado de una membrana semipermeable, respectivamente. Aunque la primera y la segunda solución pueden permanecer estáticas, se prefiere que tanto la primera como la segunda solución sean introducidas por flujo cruzado, es decir, flujos paralelos a la superficie de la membrana semipermeable. Esto generalmente puede aumentar el contacto del área de superficie de membrana a lo largo de una o más rutas de flujo de fluidos, aumentando así la eficacia de la ósmosis directa. En algunas modalidades, la primera y la segunda solución

pueden fluir en la misma dirección. En otras modalidades, la primera y la segunda solución pueden fluir en direcciones opuestas. En al menos algunas modalidades, puede existir una dinámica de fluidos similar en ambos lados de una superficie de membrana. Esto se puede lograr mediante integración estratégica de dichas una o más membranas de ósmosis directa en el módulo o alojamiento.

De acuerdo con una o más modalidades, los solutos de extracción pueden recuperarse para volverse a usar. Los ejemplos de los procesos de recuperación de soluto de extracción se describen en la publicación de patente estadounidense N° 2012/0067819 (la publicación '819), otorgada a McGinnis, cuya descripción se incorpora a la presente en su totalidad mediante esta referencia. Un sistema de separación puede extraer solutos de la solución de extracción diluida para producir agua del producto sustancialmente libre de los solutos. El sistema de separación puede incluir una columna de destilación. Los solutos de extracción luego pueden restituirse, tal como por un sistema de reciclaje, nuevamente a la solución de extracción concentrada. Los solutos gaseosos pueden condensarse o absorberse para formar una solución de extracción concentrada. Un absorbente puede usar solución de extracción diluida como un absorbente. En otras modalidades, el agua del producto puede usarse como un absorbente, para toda o parte de la absorción de las corrientes de gas desde un sistema de reciclaje de soluto. Además, el gas y/o calor

producido como parte del proceso de tratamiento de aguas residuales pueden usarse en el proceso de recuperación de soluto de extracción.

5 De acuerdo con una o más modalidades, la primera solución puede ser cualquier solución o solvente acuoso que contiene uno o más solutos para los cuales es conveniente separación, purificación u otro tratamiento. En algunas modalidades, la primera solución puede ser agua no potable,
10 tal como agua de mar, agua salada, agua salobre, agua gris, y algunas aguas industriales. Una corriente del proceso a ser tratada puede incluir sales y otras especies iónicas tales como cloruro, sulfato, bromuro, silicato, yoduro, fosfato, sodio, magnesio, calcio, potasio, nitrato, arsénico, litio,
15 boro, estroncio, molibdeno, manganeso, aluminio, cadmio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, níquel, selenio, plata, y zinc. En algunos ejemplos, la primera solución puede ser salmuera, tal como agua salada o agua de mar, aguas residuales u otras aguas contaminadas. La primera solución
20 puede administrarse a un sistema de tratamiento de membrana de ósmosis directa desde una operación de unidad corriente arriba tal como instalación industrial, o cualquier otra fuente tal como el océano. La segunda solución puede ser una solución de extracción que contiene una mayor concentración
25 de soluto con relación a la primera solución. Puede usarse una amplia variedad de soluciones de extracción. Por ejemplo, la solución de extracción puede comprender una solución de sal termolítica. En algunas modalidades, puede usarse una

solución de extracción de amoníaco y un dióxido de carbono, tal como los descritos en la publicación de patente estadounidense N° 2005/0145568, otorgada a McGinnis, cuya descripción se incorpora a la presente en su totalidad
5 mediante esta referencia. En una modalidad, la segunda solución puede ser una solución concentrada de amoníaco y dióxido de carbono. En al menos una modalidad, la solución de extracción puede comprender amoníaco y dióxido de carbono en una relación molar mayor a 1 a 1.

10

Los solutos preferidos para la segunda solución (de extracción) pueden ser gases de amoníaco y dióxido de carbono y sus productos, carbonato de amonio, bicarbonato de amonio y carbamato de amonio. El amoníaco y el dióxido de carbono
15 cuando se disuelven en agua a una relación de alrededor de 1, forman una solución que comprende principalmente bicarbonato de amonio y en una menor medida los productos relacionados carbonato de amonio y carbamato de amonio. El equilibrio en esta solución favorece las especies menos solubles del
20 soluto, bicarbonato de amonio, sobre las especies solubles de soluto, carbamato de amonio y en una menor medida carbonato de amonio. Amortiguar la solución que comprende principalmente bicarbonato de amonio con un exceso de gas de amoníaco de forma tal que la relación entre amoníaco y
25 dióxido de carbono aumenta de alrededor de 1.75 a 2.0, cambiará el equilibrio de la solución hacia las especies solubles del soluto, carbamato de amonio. El gas de amoníaco es más soluble en agua y es adsorbido preferentemente por la

solución. Dado que el carbamato de amonio es adsorbido más fácilmente por el solvente de la segunda solución, su concentración puede aumentar hasta el punto en que el solvente no puede adsorber más soluto, es decir, saturación.

5 En algunas modalidades no taxativas, la concentración de solutos dentro de esta segunda solución alcanzada por esta manipulación es mayor a alrededor de 2 molal, mayor a alrededor de 6 molal, o alrededor de 6 a 12 molal.

10 De acuerdo con una o más modalidades, la relación entre amoníaco y dióxido de carbono permitirá sustancialmente la total absorción de los gases de solución de extracción en el fluido de absorción, por ej., una parte de la solución de extracción diluida tal como se describe anteriormente, en
15 función de la mayor concentración de la solución de extracción en el sistema. La concentración, el volumen y la velocidad de flujo de la solución de extracción generalmente corresponderán a la concentración, el volumen y la velocidad de flujo de la solución de alimentación, de forma tal que la
20 diferencia deseada en presión osmótica entre las dos soluciones se mantenga a través del sistema de membrana y el intervalo de recuperación de agua de alimentación. Esto puede calcularse de acuerdo con una o más modalidades considerando los fenómenos de polarización de concentración interna y
25 externa en la membrana y en su superficie. En una modalidad de desalinización no taxativa, puede usarse una velocidad de flujo de la entrada de solución de extracción concentrada que es aproximadamente 33% de la velocidad de flujo del agua de

alimentación salina, típicamente en el intervalo de alrededor de 25% a 75% para un sistema de desalinización de agua de mar. Una alimentación de salinidad menor puede necesitar velocidades de entrada de solución de extracción de alrededor de 5% a 25% del flujo de agua de alimentación. La relación de salida de la solución de extracción diluida puede ser típicamente entre alrededor de 50% y 100% de la relación de entrada de agua de alimentación, y alrededor de tres a cuatro veces el volumen de la descarga de salmuera.

10

De acuerdo con una o más modalidades, la relación entre amoníaco y dióxido de carbono corresponderá generalmente a las concentraciones de la solución de extracción y las temperaturas usadas en la remoción de soluto de extracción y proceso de recuperación. Si las relaciones no son lo suficientemente altas, no será posible absorber por completo los gases del soluto de extracción en sales para volverse a usar en la solución concentrada, y si la relación es demasiado alta, habrá un exceso de amoníaco en la solución de extracción que no se condensará apropiadamente en un intervalo de temperatura deseado, tal como el necesario para usar calor residual para accionar el proceso. Por ejemplo, en algunas modalidades una columna de destilación puede extraer gases a alrededor de 50 grados C y una columna de absorción puede funcionar a alrededor de 20 grados C. Se considerará adicionalmente que la relación entre amoníaco y dióxido de carbono evitan el pasaje de amoníaco a la solución de alimentación a través de la membrana. Si la relación es muy

alta, esto puede hacer que esté presente amoníaco desionizado en mayores concentraciones en la solución de extracción (normalmente principalmente amonio) que las necesarias o convenientes. Otros parámetros, tales como el tipo de agua de alimentación, presión osmótica deseada, flujo deseado, tipo de membrana y concentración de solución de extracción pueden impactar en la relación molar de la solución de extracción preferida. La relación entre amoníaco y dióxido de carbono puede estar monitoreada y controlada en un proceso de separación osmótica. En al menos una modalidad, la solución de extracción puede comprender amoníaco y dióxido de carbono en una relación molar mayor a 1 a 1. En algunas modalidades no taxativas, la relación para una solución de extracción a aproximadamente 50 grados C, y con la molaridad de la solución de extracción especificada como la molaridad del dióxido de carbono dentro de esa solución, puede ser al menos alrededor de 1.1 a 1 hasta 1 molar de solución de extracción, alrededor de 1.2 a 1 hasta 1.5 molar de solución de extracción, alrededor de 1.3 a 1 hasta 3 molar de solución de extracción, alrededor de 1.4 a 1 hasta 4 molar de solución de extracción, alrededor de 1.5 a 1 hasta 4.5 molar de solución de extracción, alrededor de 1.6 a 1 hasta 5 molar de solución de extracción, alrededor de 1.7 a 1 hasta 5.5 molar de solución de extracción, alrededor de 1.8 a 1 hasta 7 molar de solución de extracción, alrededor de 2.0 a 1 hasta 8 molar de solución de extracción y alrededor de 2.2 a 1 hasta 10 molar de solución de extracción. Los experimentos indican que estos son aproximadamente las relaciones mínimas necesarias para la

solubilidad estable de soluciones de estas concentraciones a esta temperatura aproximada. A menores temperaturas, se necesitan mayores relaciones entre amoníaco y dióxido de carbono para las mismas concentraciones. A mayores
5 temperaturas, pueden ser necesarias menores relaciones pero también puede ser necesaria algo de presurización de la solución para evitar la descomposición de los solutos en gases. Las relaciones mayores a 1 a 1, aun en concentraciones globales menores que 2 molar aumentan en gran medida la
10 estabilidad de las soluciones y evitan la evolución del gas de dióxido de carbono y en general la separación termolítica de las soluciones de extracción como respuesta a incluso cantidades moderadas de calor y/o reducción de presión.

15 De acuerdo con una o más modalidades, un proceso de separación de ósmosis directa puede comprender introducir una primera solución en un primer lado de una membrana semipermeable, detectar al menos una característica de la primera solución, seleccionar una relación molar para una
20 solución de extracción concentrada que comprende amoníaco y dióxido de carbono en función de dicha al menos una característica detectada, introducir la solución de extracción concentrada que comprende amoníaco y dióxido de carbono en la relación molar seleccionada en un segundo lado
25 de la membrana semipermeable para mantener un gradiente de concentración osmótico deseado a través de la membrana semipermeable, fomentar el flujo de al menos una parte de la primera solución a través de la membrana semipermeable para

formar una segunda solución en el primer lado de la membrana semipermeable y una solución de extracción diluida en el segundo lado de la membrana semipermeable, introducir al menos una parte de la solución de extracción diluida a una
5 operación de separación para recuperar solutos de extracción y una corriente de solvente, reintroducir los solutos de extracción en el segundo lado la membrana semipermeable para mantener las concentraciones seleccionadas de relación molar de amoníaco a dióxido de carbono en la solución de extracción
10 concentrada, y recoger la corriente de solvente.

De acuerdo con una o más modalidades, un aparato para la extracción osmótica de un solvente de una primera solución puede comprender una primera cámara que tiene una entrada
15 conectada fluidamente a una fuente de la primera solución, una segunda cámara que tiene una entrada conectada fluidamente a una fuente de una solución de extracción concentrada que comprende amoníaco y dióxido de carbono en una relación molar de al menos 1 a 1, una membrana
20 semipermeable que separa la primera cámara de la segunda cámara, un sistema de separación conectado fluidamente corriente abajo de la segunda cámara, que incluye una columna de destilación, el sistema de separación configurado para recibir una solución de extracción diluida de la segunda
25 cámara y para recuperar solutos de extracción y una corriente de solventes, y un sistema de reciclaje que incluye un absorbente configurado para facilitar la reintroducción de los solutos de extracción a la segunda cámara para mantener

la relación molar de amoníaco a dióxido de carbono en la solución de extracción concentrada.

De acuerdo con una o más modalidades, los diferentes
5 sistemas y métodos de membrana impulsados osmóticamente
pueden estar integrados en sistemas más grandes. En algunas
modalidades, los sistemas y métodos pueden estar integrados
con diferentes fuentes de calor y sistemas de agua. En al
menos una modalidad, una solución de extracción puede
10 alimentarse en el interior de los tubos asociados con un
condensador. En algunas modalidades, puede usarse en un
calderín agua caliente que se encuentra bajo tierra. En otras
modalidades, pueden usarse calor geotérmico, calor residual
de fuentes industriales, colectores solares, sal fundida, o
15 calor residual en un sistema de almacenamiento térmico. En
aun otras modalidades, pueden implementarse generadores
diesel.

De acuerdo con una o más modalidades adicionales, los
20 sistemas y métodos de ósmosis directa pueden estar integrados
con procesos auxiliares para maximizar la recuperación de
agua desde fuentes de aguas residuales con alta capacidad de
descamación. Por ejemplo, para evitar la precipitación de
sales de calcio y magnesio, primero se debe retirar calcio y
25 magnesio de la alimentación mediante técnicas tales como las
que implican intercambio iónico con sodio en resina de
intercambio catiónico de ácidos fuertes. El concentrado de FO
puede usarse para regenerar la resina. Puede usarse un

dispersante químico para evitar la precipitación dentro de la columna de intercambio iónico. Para controlar la escala de sílice, puede alimentarse un dispersante de escala de sílice a la alimentación del sistema. Si el factor de concentración deseado lleva a una concentración de sílice que excede el máximo recomendado por el proveedor de dispersantes, puede reciclarse una parte de la alimentación a través de un microfiltro o ultrafiltro externo pequeño que retira la sílice.

10

En otra modalidad, las sales solubles pueden concentrarse en el sistema de membrana de FO hasta o más allá de su solubilidad, con o sin el uso de químicos antidescamantes, de forma tal que la solución de alimentación concentrada se dirige a un depósito de precipitación que contiene adición de gérmenes cristalinos y/o químicos floculadores. Esta solución luego puede dirigirse a un depósito de sedimentación y/o a un dispositivo de filtración para retirar partículas. El efluente de este tratamiento luego puede dirigirse a otro proceso, eliminarse o recircularse en el sistema de membrana de FO para concentración adicional. El uso de fuerzas de cizallamiento de fluidos y/o la introducción de burbujas de aire para socavación pueden usarse en el sistema de membrana de FO para asegurar que la precipitación y/o incrustación no ocurra en la superficie de la membrana.

20

25

De acuerdo con una o más modalidades, la incrustación de membrana puede estar monitoreada y controlada. La incrustación de la membrana puede controlarse usando técnicas de socavación tales como las que implican turbulencia líquida e introducción de gas. En algunas modalidades, las fuerzas de cizallamiento, tales como las que implican dinámica de fluidos en circulación que inducen cizallamiento en una superficie de la membrana, pueden usarse para socavación. En otras modalidades, objetos tales como pelotas de espuma pueden colocarse en rutas de flujo para efectuar la socavación. En algunas modalidades, la incrustación y la actividad biológica pueden controlarse a través de la manipulación de parámetros operativos para alterar la presión osmótica y las rutas de flujo, por ejemplo, de forma tal que las diferentes áreas de la membrana experimenten diferentes soluciones, presiones osmóticas, pH, u otras condiciones en diferentes momentos. Pueden programarse variaciones en el tiempo, tal como en función de minutos, horas, o años. Los sistemas y métodos de separación de FO adicionales pueden usarse para tratar soluciones con alto potencial de escala. Estos sistemas y métodos permitirán recuperaciones considerablemente mayores de corrientes de agua de alimentación, ofreciendo beneficios económicos y ambientales considerables (por ej., menor toma de agua, menor descarga de agua, menos uso químico, etc.) usando supersaturación o desaturación o una suspensión sembrada.

Los sistemas de suspensión no sembrados envían una solución saturada a la matriz de la membrana, cuya alimentación se tornará supersaturada mediante la remoción de agua a través del flujo. Esta solución supersaturada se dirigirá a un depósito mezclando esta solución con cristales suspendidos u otros puntos de nucleación para precipitación. Esta suspensión luego se dirigirá a un depósito de asentamiento, hidrociclona, u otro dispositivo de filtración para retirar precipitados.

10

Los sistemas y métodos que usan una suspensión sembrada tendrán precipitados suspendidos en la solución a través del módulo de la membrana, de forma tal que ocurrirá una precipitación adicional en estos puntos de nucleación, y no en la superficie de la membrana, tal como se describe en más detalle a continuación con respecto a la FIG. 2. El manejo de la suspensión requerirá un sistema de prefiltración o hidrociclona para mantener un diámetro de partícula máximo. En distintas modalidades, la membrana de este sistema puede estar revestida y en algunos casos revestida otra vez periódicamente para evitar la abrasión de la capa barrera. Dichos revestimientos pueden incluir acetato de polivinilo (PVA). Las ventajas adicionales de estos sistemas y métodos incluyen, por ejemplo, su capacidad de permitir la desalinización continua de soluciones en o por encima de sus límites de solubilidad para una a muchas sales, reducir o eliminar el uso de químicos a ser consumidos en el proceso,

20

25

reducir la incrustación de la membrana, y reducir el efecto del transporte de sales inverso.

De acuerdo con una o más modalidades, pueden usarse
5 sistemas y métodos en operaciones de biorreactor de membrana (MBR) para el tratamiento de aguas residuales. En algunas modalidades, las aguas residuales pueden convertirse para reusarse a partir de residuos en un solo paso. Algunas modalidades pueden no necesitar aireación de forma tal que la
10 separación de membrana directa de agua de sólidos y orgánicos suspendidos en una corriente de residuos, o una operación de digestor de membrana, pueden proporcionar ahorros en términos de energía y costo global. En modalidades no taxativas, un sistema MBR puede estar diseñado de forma tal que la
15 circulación sea a lo largo de la superficie de las láminas de membrana, con una región relativamente sin mezclar en el depósito debajo de las láminas. Los sólidos pueden retirarse de esta zona de asentamiento. La fermentación puede ocurrir también en la región sin mezclar, permitiendo la remoción y
20 el uso de metano desde la parte superior del depósito. El depósito puede estar configurado de forma tal que las salidas de la bomba estén colocadas en un lado del depósito que dirige al flujo a lo largo del eje transversal (ancho) de las láminas de membrana que inducen fuerza de cizallamiento y
25 turbulencia si se desea de forma tal que el flujo se distribuye uniformemente a lo largo del eje longitudinal de las láminas distribuidas uniformemente desde arriba hacia abajo. Las fuerzas de cizallamiento, junto con, por ejemplo,

aireación y agitación, ayudan a evitar/reducir la incrustación de las superficies de la membrana. El depósito puede estar configurado adicionalmente de forma tal que la pared opuesta del depósito esté curva de forma tal que el agua vuelva con resistencia reducida nuevamente al lado de la bomba del depósito, y este flujo pasa por cualquier lado de la pila de membranas. La solución de extracción en el interior de los bolsillos de la membrana puede fluir desde arriba hacia abajo, desde abajo hacia arriba o alternativamente en series según sea necesario. Las pilas de membrana pueden estar colocadas de forma tal que las diferentes regiones del depósito experimenten diferentes concentraciones de estado permanente de solución de alimentación. Las burbujas de aire pueden usarse para socavar la superficie de la membrana para reducir los fenómenos de polarización de la concentración y evitar la incrustación y/o descamación de la superficie de la membrana, y se pretende esta introducción de aire con estos fines y no para la introducción de oxígeno a la solución, como resulta típico para los biorreactores de membrana convencionales.

De acuerdo con una o más modalidades, los biorreactores de membrana y los procesos de ósmosis inversa convencionales pueden remplazarse con las técnicas de ósmosis directa descritas en la presente para el tratamiento de aguas residuales industriales. Un enfoque de ósmosis directa puede ser particularmente beneficioso en aplicaciones que implican altos niveles de sólidos suspendidos o altos niveles de

orgánicos disueltos. La ósmosis directa también puede ser una opción conveniente para el tratamiento de aguas residuales que tiene una alta demanda de oxígeno bioquímico (BOD) o una alta demanda de oxígeno químico (COD). La ósmosis directa realiza la misma función que MBR y ósmosis inversa, pero en un solo paso y sin la energía que necesita normalmente MBR para airear el agua para introducir oxígeno para la degradación biológica de BOD y COD. Específicamente, el uso de ósmosis directa para la concentración de aguas cloacales elimina la necesidad que tiene el aire/oxígeno de hacer que las bacterias necesarias consuman los residuos, dando como resultando un proceso más eficaz-menos equipos, menos energía, y una huella menor. Las aguas cloacales concentradas luego pueden enviarse a, por ejemplo, un digestor para producir gas metano, tal como se describe a continuación.

De acuerdo con una o más modalidades, la ósmosis directa también puede usarse para concentrar una corriente de alimentación. Los procesos de concentración de ósmosis directa pueden producir agua potable u otra agua de alta calidad en un proceso de un solo paso, en contraste con procesos convencionales de microfiltración o ultrafiltración, que requieren etapas posteriores al pulido, tales como los que implican ósmosis inversa, es decir, FO-MBR produce agua de la misma calidad que MBR convencional seguido de un proceso de ósmosis inversa, pero en un solo paso.

En algunas modalidades, una corriente del proceso puede contener especies objetivo deseadas para ser concentradas y recuperadas, tales como un fármaco, sal, enzima, proteína, catalizador, microorganismo, compuesto orgánico, compuesto inorgánico, precursor químico, producto químico, coloide, producto alimenticio, o contaminante. En al menos una modalidad, la ósmosis directa puede usarse para recuperación mineral. En algunas modalidades, la ósmosis directa puede usarse para concentrar salmueras en la industria de minería de la solución. Las soluciones de salmuera pueden alcanzar saturación con una operación de ósmosis directa de forma tal que la precipitación pueda facilitar la recuperación de minerales, sales, metales y fertilizantes, tales como potasa.

Las corrientes que tienen alta BOD y/o alta COD pueden concentrarse usando un proceso de ósmosis directa. En algunas modalidades, los procesos de concentración de ósmosis directa pueden acoplarse a un digestor anaeróbico para producir gas para combustión. El gas producido puede también proporcionar calor a un proceso de recuperación de soluto sin un digestor por separado. En otras modalidades, los procesos de concentración de ósmosis directa pueden acoplarse a un incinerador para la combustión directa de sólidos para proporcionar calor a un proceso de ósmosis directa corriente arriba y/o proceso de recuperación de soluto.

La FIG. 1 presenta un esquema de un sistema/proceso de ósmosis directa para el tratamiento de aguas residuales. Una

corriente de aguas residuales a ser tratada puede contener una o más especies tales como sales, proteínas, catalizadores, microorganismos, químicos orgánicos o inorgánicos, precursores o productos químicos, coloides, u
5 otros componentes. En algunas modalidades no taxativas, la descarga de nutrientes por parte de plantas de aguas residuales puede reducirse con un sistema y proceso de ósmosis directa tal como se ilustra.

10 Tal como se muestra en la FIG. 1, el sistema/proceso 10 incluye un módulo de ósmosis directa 12. Pueden usarse diferentes sistemas y procesos de ósmosis directa, tales como los que se describen en la presente y se describen
15 adicionalmente en la patente estadounidense N° 6,391,205, publicación de patente estadounidense N° 2011/0203994; y solicitud PCT N° de serie PCT/US10/054738, presentada el 29 de octubre de 2010, y PCT/US10/054512, presentada el 28 de octubre de 2010, cuyas descripciones se incorporan a la
20 presente en su totalidad mediante esta referencia. El módulo 12 está en comunicación fluida con una fuente o corriente de aguas residuales 14 (es decir, la solución de alimentación) y una fuente o corriente de solución de extracción 16. La
25 fuente de aguas residuales 14 puede incluir, por ejemplo, aguas residuales municipales (por ej., aguas cloacales) y/o industriales (por ej., reflujo de fractura hidráulica), que incluye agua radioactiva. La fuente de solución de extracción 16 puede incluir, por ejemplo, una corriente de solución salina, tal como agua de mar, u otra solución tal como de

describe en la presente que puede actuar como agente osmótico para desagotar la fuente de aguas residuales 14 mediante ósmosis a través de una membrana de ósmosis directa dentro del módulo 12. El módulo 12 produce una corriente 18 de la
5 solución concentrada de la fuente de aguas residuales 14 que puede procesarse adicionalmente tal como se describe en la presente. El módulo 12 también produce una solución de extracción diluida 20 que puede procesarse adicionalmente tal como se describe en la presente, por ejemplo, la solución de
10 extracción diluida 20 pueden dirigirse a una unidad de separación 22 donde los solutos de extracción y un solvente objetivo pueden recuperarse.

La FIG. 2 ilustra un sistema/proceso 110, donde un
15 módulo de membrana de ósmosis directa 102 puede sumergirse o colocarse dentro de un montaje encerrado. Además de los métodos descritos anteriormente para reducir incrustación, el sistema/proceso 110 ilustrado en la FIG. 2 utiliza un enfoque de suspensión sembrada para tratar una fuente de aguas
20 residuales u otra solución de alimentación. Tal como se muestra, el sistema/proceso 110 incluye un módulo de ósmosis directa 112 en comunicación fluida con una corriente de aguas residuales 114 y una corriente de solución de extracción 116. El módulo 112 incluye una cámara o depósito 104 para recibir
25 aguas residuales. La cámara 104 está configurada para sostener el módulo de membrana 102. Tal como se describe con respecto a la FIG. 1, el módulo FO 112 también produce una

solución concentrada 118 y una solución de extracción diluida 120.

De acuerdo con una o más modalidades, se agregan
5 gérmenes a la cámara 104 para crear una suspensión sembrada 106. Los gérmenes proporcionan puntos de nucleación para la precipitación selectiva de determinados solutos (por ej., una sal o aminoácido) sobre ellas. Los solutos objetivo se precipitarán fuera de la suspensión sembrada 106 y se
10 asentarán en el fondo de la cámara 104, opuesto a ser depositados en la superficie de la membrana, donde los solutos precipitados pueden procesarse adicionalmente tal como se describe anteriormente. Estos pueden usarse parcialmente en el proceso, por ejemplo con sólidos
15 precipitados redirigidos al depósito como gérmenes. Además, la cámara 104 puede incluir medios adicionales para mejorar el proceso de ósmosis directa, por ejemplo, aireación y agitación para reducir la incrustación de la membrana y/o
mejorar la eficacia de los gérmenes, tal como se describe
20 anteriormente.

El uso de gérmenes en el módulo de ósmosis directa es particularmente beneficioso para alimentaciones que pueden necesitar pretratamiento o contener solutos deseados, por
25 ejemplo, una alimentación de un proceso farmacéutico. Los gérmenes ayudan a la recuperación de los solutos diana. Además, con respecto al tratamiento de aguas residuales que tiene un alto nivel de sólidos suspendidos, una parte de los

sólidos pueden extraerse del fondo de la cámara 104 y otra parte puede precipitarse mediante el uso de los gérmenes. Además, el tamaño y la composición de los gérmenes pueden seleccionarse para adecuarse a una aplicación particular, tal como, por ejemplo, recuperación de un compuesto farmacéutico o reducción del efecto del transporte de sal inverso.

La FIG. 3 presenta un esquema de un sistema 210 para la extracción osmótica de un solvente usando un sistema/proceso de ósmosis directa 212 que incluye una o más operaciones de unidad de pretratamiento y/o postratamiento 214, 216. Pueden usarse diferentes sistemas y procesos de ósmosis directa, tales como los descritos en la presente y que se describen adicionalmente en la patente estadounidense N° 6,391,205, publicación de patente estadounidense N° 2011/0203994; y publicación PCT N° WO2011/053794 y WO2011/059751, a las que se hace referencia anteriormente.

De acuerdo con una o más modalidades, el sistema 210 puede incluir una o más operaciones de pretratamiento 214 para mejorar el proceso de ósmosis directa 212. El pretratamiento puede implicar ajuste de pH, tal como elevar los niveles de pH de una corriente de proceso a ser tratada, uso de un antidescamante, varios tipos de filtración, adición de polímero, intercambio de calor, ablandamiento y ablandamiento por nanofiltración.

De acuerdo con una o más modalidades, el sistema 210 puede incluir una o más operaciones de postratamiento 216. El postratamiento puede implicar separación por ósmosis inversa de segundo pasaje, separación por intercambio iónico, procesos adicionales de ósmosis directa u otras operaciones para retirar amoníaco y/o sal. El postratamiento puede reducir la salinidad del agua de producto por debajo de la producida por un sistema de ósmosis directa de único pasaje. En otras modalidades, el postratamiento puede utilizarse de forma alternativa o adicional para retirar solutos de extracción que de otro modo estarían presentes en una corriente de producto. En algunas modalidades no taxativas específicas, la descarga de salmuera de ósmosis directa se puede tratar posteriormente usando intercambio iónico, destilación, pervaporación, destilación de membrana, aireación, tratamiento biológico u otro proceso para retirar solutos de extracción que se difunden inversamente en salmuera. Las operaciones de postratamiento adicionales pueden incluir tratamiento de cero descarga de líquidos (ZLD) usando, por ejemplo, cristalización y evaporación. En una modalidad, el tratamiento de ZLD usa un sistema de ósmosis directa, por ejemplo, en vez de un sistema de evaporación.

De acuerdo con una o más modalidades, el agua de alimentación se puede precalentar con calor de desecho de un proceso de recuperación de soluto de extracción para lograr un mejor flujo. Los ejemplos de procesos de recuperación de soluto de extracción se describen en la publicación '819 a la

que se hace referencia anteriormente. Un sistema de recuperación de soluto de extracción puede necesitar enfriamiento. Por ejemplo, un condensador de un extractor puede necesitar enfriamiento. Por lo tanto, el enfriamiento se puede proporcionar por una corriente de alimentación de membrana antes de su introducción a la membrana de ósmosis directa. La corriente de alimentación de membrana puede proporcionar suficiente enfriamiento para permitir la reabsorción de la corriente de soluto de extracción durante el proceso de recuperación de soluto de extracción. En una modalidad, la corriente de alimentación puede enfriar una o más corrientes en el proceso de recuperación hasta ambiente. Además, las mayores temperaturas de sistema de membrana se pueden asociar con un mayor flujo aumentando la permeabilidad del agua, aumentando la difusividad del soluto de extracción y/o alimentación y mejorando la estructura de poro de la membrana por expansión térmica.

De acuerdo con una o más modalidades, se puede usar salmuera para retirar calor de un proceso de recuperación de soluto de extracción. Calentar la salmuera puede vaporizar los solutos residuales en la salmuera. Específicamente, el concentrado de salmuera de membranas de ósmosis directa se puede dirigir a un condensador en la parte superior de un extractor para proporcionarle enfriamiento al último. El calor absorbido por la salmuera puede ayudar a impulsar el gas disuelto de la salmuera y se puede usar en un proceso de agotamiento como un postratamiento de salmuera, similar al

usado para extraer solutos que se reciclan de la corriente de agua de producto. Por ejemplo, los solutos de extracción que ingresaron en la corriente de salmuera mediante un flujo de sal inverso en el sistema de membrana se pueden recuperar calentando la salmuera; en algunas modalidades junto con los otros procesos descritos en, por ejemplo, la publicación '819. En cualquier caso, los solutos de extracción se pueden regresar a la solución de extracción concentrada y volverse a usar.

10

De acuerdo con una o más modalidades, el carbón activado u otros productos orgánicos se pueden usar para absorber o filtrar una corriente de gas del sistema de agotamiento de solución de extracción diluida y/o un sistema de postratamiento de salmuera. La operación de absorción puede retirar los componentes volátiles de las corrientes tratadas que de otro modo se acumularían en el sistema de solución de extracción. Por ejemplo, los compuestos orgánicos solubles que pasan a través de una membrana de ósmosis directa se pueden volatilizar en el sistema de recuperación de solutos. Se puede usar un sistema similar en el caso de cualquier componente de la corriente para sacarle los solutos de extracción que contiene componentes volátiles de soluto que no es de extracción. Se debería usar cualquier operación de separación apropiada para evitar la acumulación de compuestos volátiles en la corriente de vapor del sistema de agotamiento. Por ejemplo, la separación se puede proporcionar antes del agotamiento en la fase líquida, antes de la

15

20

25

condensación en la fase de vapor, después de la condensación en la fase líquida o dentro del sistema de solución de extracción en cualquier momento donde su uso evitaría la acumulación de estos compuestos. En una modalidad, las
5 corrientes de líquido y vapor de solución de extracción se enfriarían y estarían en contacto una con la otra durante un período de tiempo suficiente como para permitir una reabsorción sustancialmente completa de los solutos de extracción, que se puede lograr en un sistema de membrana o
10 columna de empaquetamiento.

De acuerdo con una o más modalidades, el ablandamiento del agua por intercambio iónico, nanofiltración o un proceso similar se puede implementar como un pretratamiento para un
15 proceso de ósmosis directa. En algunas modalidades específicas, el ablandamiento se puede proporcionar antes del tratamiento con agua de cero descarga de líquidos para asegurar que la sal del producto sea de alto valor. La pureza de la sal y su composición, tal como cloruro de sodio de alta
20 pureza, se puede seleccionar por operación de ablandamiento de pretratamiento, ya que el proceso de ablandamiento puede retirar selectivamente los iones divalentes. Por lo tanto, un sistema integrado puede proporcionar un producto de alto valor. Se puede usar salmuera luego del tratamiento por
25 ósmosis directa para la recarga de intercambio iónico. En otras modalidades, se puede usar cualquier tipo de cristalizador para producir sal luego de la separación por ósmosis directa.

La FIG. 4 representa una posible aplicación del sistema 210 para la extracción osmótica de un solvente de acuerdo con una o más modalidades de la invención. Tal como se describe con respecto a la FIG. 3, el sistema 210 incluye el sistema de ósmosis directa 212 y una o más unidades de pre y postratamiento 214, 216. El sistema 210 puede incluir cualquier combinación de unidades de pre y/o postratamiento 214, 216 junto con uno o más sistemas de ósmosis directa 212, incluyendo solo pretratamiento o solo postratamiento. Los varios sistemas/unidades descritos en la presente se pueden interconectar mediante técnicas de cañería convencionales y pueden incluir cualquier cantidad y combinación de componentes, tales como bombas, válvulas, sensores, dispositivos de medida, etc., para monitorear y controlar el funcionamiento de los varios sistemas y procesos descritos en la presente. Los varios componentes se pueden usar junto con un controlador tal como se describe en la presente.

En la aplicación que se muestra en la FIG. 4, el sistema 210 se usa para tratar agua salada de una fuente interior 218. Tal como se muestra, una corriente de alimentación 220 se dirige a la unidad de pretratamiento 214, donde la corriente de alimentación se calienta, por ejemplo. Una vez que la corriente de alimentación se pretrató, la corriente tratada 222 se dirige luego al sistema de ósmosis directa 212, donde proporciona la primera solución como se describe en la presente. Opcionalmente, la corriente tratada

222 se podría dirigir a unidades de pretratamiento adicionales para un procesamiento adicional (por ej., ajuste de pH) antes de ingresar al sistema de ósmosis directa 212. Se proporciona una solución de extracción al sistema de ósmosis directa 212 mediante una corriente 224 para proporcionar el gradiente de presión osmótica necesario para fomentar el transporte del solvente a través de la membrana, tal como se describe en la presente.

10 Al menos dos corrientes salen del sistema de ósmosis directa 212: una corriente de alimentación concentrada o tratada 226, de la que se extrajo solvente; y una corriente de extracción diluida 228, a la que se le agregó solvente. La corriente concentrada 226 se puede dirigir luego a una unidad de postratamiento 216 para un procesamiento adicional, tal como un segundo sistema de ósmosis directa para recuperar solvente adicional. Se pueden utilizar otros procesos de postratamiento, por ejemplo, cristalización y evaporación, para proporcionar además cero descarga de líquidos. La alimentación completamente procesada o concentrada se puede desechar, reciclar o de otro modo aprovechar dependiendo de la naturaleza del concentrado (flecha 238).

25 La corriente de extracción diluida 228 se puede dirigir a un sistema de separación 230, donde el solvente y/o los solutos de extracción se pueden recuperar. Opcionalmente, la corriente de extracción diluida 228 también se puede dirigir a una unidad de postratamiento según se desee para un

procesamiento adicional (corriente 228a). En una o más modalidades, el sistema de separación 230 separa los solutos de extracción de la corriente de extracción diluida 228 para producir una corriente de solvente sustancialmente purificada 5 232, por ejemplo, agua potable y una corriente de soluto de extracción 236. En una o más modalidades, la corriente de solvente 232 también se puede dirigir a una unidad de postratamiento para un procesamiento adicional (corriente 232a) dependiendo del uso final del solvente. Por ejemplo, el 10 solvente se puede tratar además mediante destilación para retirar solutos de extracción adicionales que pudieran estar todavía presentes en el solvente. En una o más modalidades, la corriente de soluto de extracción 236 puede regresar directamente a la corriente de extracción 224 (corriente 15 236a), dirigirse a un sistema de reciclaje 234 para reintegrarla a la corriente de extracción 224 (corriente 236b) o dirigirse a una unidad de postratamiento (corriente 236c) para un procesamiento adicional dependiendo del uso deseado de los solutos de extracción recuperados. En una o 20 más modalidades, el sistema de reciclaje 234 se puede usar junto con la unidad de pretratamiento 214 para, por ejemplo, proporcionar intercambio de calor con la corriente de alimentación 220 (corriente 240).

25 La FIG. 5 representa un sistema de membrana impulsado osmóticamente 310 que está configurado para ajustar el equilibrio iónico del sistema global y recuperar solutos de extracción adicionales de un sistema de ósmosis directa

usando una unidad de ósmosis inversa para tratar posteriormente el agua purificada que se descarga de una unidad de separación/reciclaje y volver a dirigir el concentrado del sistema de ósmosis inverso a una alimentación del sistema de ósmosis directa. Esta disposición permite la recuperación de solutos de extracción adicionales y mantiene el equilibrio iónico del sistema global sin la necesidad de adición y/o remoción de determinados productos químicos o sistemas/procesos adicionales (por ej., intercambiadores iónicos).

Tal como se muestra en la FIG. 5 (y de manera similar al sistema 210 que se muestra en la FIG. 4), el sistema 310 incluye la unidad de ósmosis directa 312, que incluye una o más primeras cámaras 312a que contienen o están en comunicación fluida con una fuente de una solución de alimentación o primera solución 320. La unidad de ósmosis directa 312 también incluye una o más segundas cámaras 312b que están separadas de las/s primera/s cámara/s 312a por una membrana de ósmosis directa semipermeable 313. La/s segunda/s cámara/s 312b contienen o están en comunicación fluida con una fuente de solución de extracción concentrada 324. La solución de extracción concentrada 324 tiene una concentración de soluto suficiente para mantener un gradiente de concentración osmótica a través de la membrana 313, provocando así que un solvente de la primera solución/solución de alimentación 320 fluya por la membrana 313 a la segunda cámara 312b y diluya la solución de

extracción concentrada. La primera solución 320 está concentrada en la primera cámara 312a, formando una segunda solución 322.

5 Durante el proceso de ósmosis directa, puede ocurrir intercambio iónico a través de la membrana 313. En un ejemplo de sistema que usa una solución de extracción de $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ con una solución de alimentación que contiene NaCl , los iones de amonio (NH_4^+) se puede mover desde la segunda cámara/lado 312b
10 de la membrana de ósmosis directa 313 a la primera cámara/lado 312a de la membrana 313 y los iones de sodio (Na^+) se puede mover desde la primera cámara/lado 312a de la membrana 313 a la segunda cámara/lado 312b de la membrana 313. Este intercambio iónico da como resultado la segunda
15 solución 322 que contiene al menos una primera especie iónica de soluto (por ej., NH_4^+) y la solución de extracción diluida 326 que contiene al menos una segunda especie iónica de soluto (por ej., Na^+). El impacto negativo del intercambio iónico puede dar como resultado una pérdida de solutos de
20 extracción recuperables y agua de producto de mayor salinidad. El uso novedoso de un sistema de ósmosis inversa y un sistema de separación adicional tal como se describe a continuación supera los impactos negativos del fenómeno de intercambio iónico y proporcionan una mejora inesperada a la
25 recuperación de solutos de extracción, además de mejorar la calidad del agua de producto.

La solución de extracción diluida 326 se dirige a un sistema de separación y/o reciclaje 330, donde la solución de extracción diluida 326 se separa en solutos de extracción (o una solución de extracción concentrada) 328 y el solvente (por ej., agua potable) obtenido mediante el proceso de ósmosis directa. Este solvente recuperado 332 contiene dicha al menos una segunda especie iónica de soluto que se intercambió a través de la membrana, pero no se retiró durante la operación de recuperación de soluto de extracción.

10 Los solutos de extracción se pueden recuperar mediante cualquiera de los sistemas y métodos descritos en la presente, incluyendo la patente '789. Los solutos de extracción recuperados 328 se pueden reciclar en la fuente de solución de extracción concentrada 324 o formar su base.

15

Debido al fenómeno de intercambio iónico, no todos los solutos de extracción se pueden recuperar durante este proceso de separación/reciclaje inicial. Por ejemplo, en los casos en que una especie iónica (por ej., NH_4^+) intercambió iones de forma inversa a través de la membrana y otra especie iónica de solutos (Na^+) ingresó a la solución de extracción, la relación de los solutos de extracción en la solución de extracción diluida no está equilibrada. El equilibrio de los solutos de extracción (por ej., amoníaco (NH_3) y dióxido de carbono (CO_2)) deben estar equilibrados para retirar de forma más eficaz todos los solutos de extracción de la solución de extracción diluida. Por consiguiente, dicha al menos una segunda especie iónica puede incluir una especie iónica de

soluto de extracción que permanece presente en el solvente recuperado (por ej., un carbonato). En el ejemplo de modalidad, la pérdida de iones de amoníaco da como resultado que permanezca un exceso de iones de carbonato presente en el solvente. En esta modalidad, dicha al menos una segunda especie iónica de solutos presente en el solvente recuperado incluirá los iones de sodio (Na^+) y los iones de carbono (CO_3^-) en solución.

10 En una o más modalidades, el sistema de separación/reciclaje 330 usa calor residual para retirar los solutos de amoníaco y dióxido de carbono de la solución de extracción diluida. Tal como se describió anteriormente, debido a que los iones de amoníaco se intercambian de forma
15 inversa a través de la membrana de ósmosis directa 313, la relación de amoníaco a dióxido de carbono se altera y no hay una cantidad suficiente de amoníaco en la solución de extracción diluida para retirar todo el dióxido de carbono, parte del cual está presente en forma de carbonato. El NH_3CO_2
20 que está presente en la solución de extracción diluida en la relación requerida se vaporiza de la solución, dejando el solvente y los iones de sodio y los iones de carbonato (es decir, dicha al menos una segunda especie iónica de soluto) en solución con el solvente recuperado.

25

El solvente recuperado 332 que contiene dicha al menos una segunda especie iónica de soluto, que normalmente se podría considerar como producto final, se dirige a un sistema

de ósmosis inversa 316. Típicamente, el solvente 332 se presurizará y transferirá al sistema de ósmosis inversa 316 mediante un dispositivo de intercambio de presión, tal como una bomba 338. El solvente 332 se transfiere a una primera
5 cámara/lado 316a del sistema de ósmosis inversa 316 bajo presión, forzando así el solvente a través de la membrana de ósmosis inversa 317 y dando como resultado un solvente purificado 334 en la segunda cámara/lado 316b de la membrana 317. El solvente purificado 334 se puede recoger para
10 cualquier objetivo deseado. Lo que permanece bajo presión en la primera cámara/lado 316a de la membrana 317 es la solución concentrada que contiene dicha al menos una segunda especie iónica de soluto, que no puede pasar a través de la membrana 317. Esta solución concentrada 336 se dirige luego al sistema
15 de ósmosis directa 312. En particular, la solución concentrada 336 se agrega a la solución de alimentación/primera solución 320 y se introduce con eso a la primera cámara/lado 312a del sistema 312/membrana 313. La introducción de la solución concentrada 336 da como resultado
20 la segunda solución que contiene tanto dicha al menos una primera como dicha al menos una segunda especie iónica de solutos (por ej., Na^+ , NH_4^+ y CO_3^-). En modalidades alternativas, la solución concentrada 336 no regresa directamente a la unidad de ósmosis directa 312/primera
25 solución 320, pero se transfiere directamente al segundo sistema de separación 340, tal como lo muestra la línea punteada 323, en cuyo caso la solución concentrada 336 se mezcla con la segunda solución o concentrado de salmuera.

Esto puede ser particularmente beneficioso en casos en que la solución concentrada 336 tiene mayor TDS, lo que puede afectar negativamente el funcionamiento de la unidad de ósmosis directa 312 mediante, por ejemplo, la reducción de la presión osmótica en el sistema.

La primera y segunda especie iónica de solutos en la segunda solución 322 están equilibradas, dando así como resultado la formación de carbonato de amonio y/o bicarbonato de amonio y/o carbamato de amonio (es decir, otros solutos de extracción que se pueden separar). La segunda solución 322 se dirige a un segundo sistema de separación/reciclaje 340. En algunas modalidades, el sistema 340 se usa para concentrar/separar la salmuera. El sistema de separación/reciclaje 340 funciona de manera similar al primer sistema de separación/reciclaje 330 y separa los solutos de extracción adicionales recientemente formados 344. Estos solutos de extracción 344 se pueden volver a reciclar a la fuente de solución de extracción concentrada 324. La relación equilibrada de iones de amoníaco e iones de carbonato permite que casi todos los solutos de extracción se retiren y recuperen de la segunda solución. El resto de la segunda solución (por ej., salmuera) 342 se puede procesar adicionalmente o se puede desechar.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo que generalmente ilustra el funcionamiento de los diversos sistemas de membrana impulsados osmóticamente configurados para mantener el equilibrio iónico del sistema global y maximizar la

recuperación de solutos de extracción. Tal como se muestra en la FIG. 6, el proceso comienza proporcionando un primer sistema de membrana impulsado osmóticamente (paso 405) en forma de un sistema de ósmosis directa. Una primera solución y una solución de extracción concentrada se introducen en lados opuestos de una membrana de ósmosis directa dentro del primer sistema (Pasos 415, 425). El proceso también incluye el paso de fomentar el flujo de un solvente de la primera solución a la solución de extracción concentrada (Paso 435). Este paso da como resultado la formación de una segunda solución en un lado de la membrana y una solución de extracción diluida en el lado opuesto de la membrana. Debido al fenómeno de intercambio iónico, la segunda solución incluirá una primera especie iónica de soluto que se intercambió de forma inversa a través de la membrana y la solución de extracción diluida incluirá una segunda especie iónica de soluto que se intercambió de forma directa a través de la membrana.

Uno de los próximos pasos en el proceso incluye dirigir la solución de extracción diluida a un primer sistema de separación/reciclaje (Paso 445), donde los solutos de extracción se recuperan y vuelven a reciclar a la solución de extracción concentrada. Generalmente, debido a la pérdida de la primera especie iónica de soluto de extracción de la solución de extracción concentrada, hay una falta de equilibrio de solutos de extracción dentro de la solución de extracción diluida, que impide/evita la recuperación de todos

los solutos de extracción de la solución de extracción diluida. Específicamente, un exceso de al menos un soluto de extracción permanecerá en el solvente recuperado como una especie iónica de soluto de extracción, que se incluye en
5 dicha al menos una segunda especie iónica de soluto. En el ejemplo de sistema, dicha al menos una segunda especie iónica de soluto incluirá los iones de sodio y los iones de carbonato.

10 El solvente restante que se recupera en el primer sistema de separación se dirige luego bajo presión a un segundo sistema de membrana impulsado osmóticamente (Paso 455) en forma de un sistema de ósmosis inversa. Se fomenta el flujo de solvente a través de la membrana de ósmosis inversa,
15 dando como resultado un solvente purificado en un lado de la membrana y una solución concentrada en el lado opuesto de la membrana (Paso 465). El solvente purificado se puede recoger para usarse (por ej., como agua potable) o de otro modo procesarse adicionalmente. La solución concentrada, que
20 contiene dicha al menos una segunda especie iónica de soluto, se dirige al primer sistema de membrana impulsado osmóticamente, donde se combina con la primera solución y se introduce al primer sistema de membrana impulsado osmóticamente (Paso 475).

25

Dicha al menos una segunda especie iónica de soluto (por ej., Na^+ y CO_3^-) se equilibrará con dicha al menos una primera especie iónica de soluto (NH_4^+) presente en la segunda

solución (Paso 485), dando así como resultado la formación de otros solutos de extracción que se pueden retirar. La segunda solución se puede retirar del primer sistema de membrana impulsado osmóticamente y dirigirse a un segundo sistema de separación/reciclaje (Paso 495), donde los otros solutos de extracción se pueden retirar y reciclar a la solución de extracción concentrada. El resto de la segunda solución concentrada (por ej., salmuera) se puede procesar adicionalmente o de lo contrario se puede desechar.

10

De acuerdo con una o más modalidades, los dispositivos, sistemas y métodos descritos en la presente generalmente pueden incluir un controlador para ajustar o regular al menos un parámetro de funcionamiento del dispositivo o un componente de los sistemas, tal como, de modo no taxativo, válvulas y bombas de accionamiento, así como ajustar una propiedad o característica de una o más corrientes de flujo de fluidos a través de un módulo de membrana de ósmosis directa. Un controlador puede estar en comunicación electrónica con al menos un sensor configurado para detectar al menos un parámetro de funcionamiento del sistema, tal como una concentración, velocidad de flujo, nivel de pH o temperatura. El controlador se puede configurar generalmente para generar una señal de control para ajustar uno o más parámetros de funcionamiento en respuesta a una señal generada por un sensor. Por ejemplo, el controlador se puede configurar para recibir una representación de una condición, propiedad o estado de cualquier corriente, componente o

subsistema de los sistemas de membrana impulsados osmóticamente y sistemas de pre y postratamiento asociados. El controlador típicamente incluye un algoritmo que facilita la generación de al menos una señal de salida que se basa típicamente en una o más de cualquiera de las representaciones y un valor objetivo o deseado tal como un punto de referencia. De acuerdo con uno o más aspectos particulares, el controlador se puede configurar para recibir una representación de cualquier propiedad medida de cualquier corriente y generar una señal de control, de impulsión o salida a cualquiera de los componentes del sistema, para reducir cualquier desviación de la propiedad medida de un valor objetivo.

De acuerdo con una o más modalidades, los métodos y sistemas de control del proceso pueden monitorear varios niveles de concentración, tal como los que se pueden basar en parámetros detectados incluyendo pH y conductividad. También se pueden controlar las velocidades de flujo de la corriente del proceso y los niveles de depósito. Se pueden monitorear la temperatura y la presión. Se pueden detectar filtraciones de membrana usando sondas selectivas de iones, medidores de pH, niveles de depósito y velocidades de flujo de corriente. Las filtraciones también se pueden detectar presurizando un lado de solución de extracción de una membrana con gas y usando detectores ultrasónicos y/u observación visual de filtraciones en un lado del agua de alimentación. Se pueden monitorear otros parámetros de funcionamiento y problemas de

mantenimiento. Se pueden monitorear varias eficacias de proceso, tal como midiendo la calidad y velocidad de flujo del agua de producto, flujo de calor y consumo de energía eléctrica. Los protocolos de limpieza para la mitigación de

5 incrustaciones biológicas se puede controlar tal como midiendo la disminución de flujo como se determina por velocidades de flujo y soluciones de extracción en puntos específicos en un sistema de membrana. Un sensor en una corriente de salmuera puede indicar cuándo se necesita

10 tratamiento, tal como con destilación, intercambio iónico, cloración de punto de interrupción o protocolos similares. Esto se puede hacer con pH, sondas selectivas de iones, espectrometría infrarroja transformada de fourier (FTIR) u otro medio para detectar concentraciones de soluto de

15 extracción. Una condición de solución de extracción se puede monitorear y rastrear para la adición y/o remplazo de solutos. Asimismo, se puede monitorear la calidad de agua de producto por medios convencionales o con una sonda tal como una sonda de amonio o amoníaco. Se puede implementar FTIR

20 para detectar especies presentes proporcionando información que puede ser útil, por ejemplo, para asegurar un funcionamiento adecuado de la planta y para identificar el comportamiento tal como los efectos de intercambio iónico de la membrana.

25

La ósmosis directa se puede emparejar con pretratamientos de prevención de descamaciones para permitir una alta recuperación de agua de alimentación incluyendo, por

ejemplo, técnicas de intercambio iónico, ablandamiento químico, nanofiltración, antidescamantes y/o precipitación. Se puede usar limpieza de aire en un sistema de prevención de descamaciones para FO para evitar la formación de descamaciones en una superficie de membrana. Se puede usar ósmosis directa para aguas que contienen productos orgánicos sin aireación para actividad biológica. Se puede concentrar una corriente residual para el posible uso en un digestor, mientras que se produce potencialmente metano dentro del depósito de membrana para el uso de energía y producir un agua de producto de calidad de reutilización. Esto puede ser particularmente eficaz en un diseño de depósito de membrana sumergida. Además de proporcionar oxígeno, también se puede usar limpieza de aire para permitir una alta concentración de productos orgánicos sin incrustación de membrana. Se puede implementar una operación de tipo reactor de depósito de agitación continuo (CSTR) o por lotes con ósmosis directa, particularmente para permitir una función mejorada de los sistemas de ósmosis directa y/o precipitación que concentran productos orgánicos. Los sistemas de ósmosis retardada por presión también pueden estar en una configuración de depósito sumergido. Los sistemas de ósmosis retardada por presión se pueden airear para evitar incrustaciones y/o descamación y para reducir la polarización de concentración. Los gases reactivos también pueden ayudar en esta funcionalidad. El crecimiento biológico en sistemas de ósmosis directa se puede controlar alternando qué módulos o secciones de membrana de un arreglo se exponen a presiones osmóticas altas o bajas.

Por ejemplo, una sección de arreglo de membrana que normalmente ve 0.5 M de aguas se puede cambiar por el tratamiento de aguas de 2M. Dicho ajuste hará que el crecimiento de la biopelícula sea muy difícil. La
5 desgasificación de la corriente de alimentación también se puede realizar para evitar el crecimiento de determinados tipos de organismos biológicos. Por ejemplo, retirar oxígeno puede restringir el crecimiento de organismos nitrificantes que podrían oxidar el amoníaco que pasa desde la solución de
10 extracción a la solución de alimentación. Las técnicas de reducción de sulfito, tratamiento biológico, choques osmóticos, limpieza convencionales que no reaccionan con solución de extracción, flujo de agua de producto sin productos químicos, aireación de solución de salmuera y
15 adición de bisulfito son otras técnicas que se pueden implementar para restringir la actividad biológica. En algunas modalidades, se puede usar el pH, sonda de iones, FTIR, y/o velocidades de flujo para controlar los sistemas de ósmosis directa para asegurar los flujos deseados,
20 diferencias de presión osmótica, relaciones de amoníaco a dióxido de carbono y concentraciones.

Habiendo descrito algunas modalidades ilustrativas de la invención, debería ser evidente para los expertos en la
25 técnica que lo que antecede es simplemente ilustrativo y no taxativo y que se presentó solo a modo de ejemplo. Varias modificaciones y otras modalidades están dentro del alcance de un experto en la técnica y se contempla como que están

dentro del alcance de la invención. En particular, pese a que muchos de los ejemplos presentados en la presente implican combinaciones específicas de actos de métodos o elementos de sistema, se debe entender que esos actos y esos elementos se
5 pueden combinar en otras formas para lograr los mismos objetivos.

Además, los expertos en la técnica deberían comprender que los parámetros y configuraciones descritas en la presente
10 son ejemplos y que los parámetros y/o configuraciones reales dependerán de la aplicación específica donde se usen los sistemas y técnicas de la invención. Los expertos en la técnica también reconocerán o serán capaces de determinar, usando solamente la experimentación de rutina, equivalentes
15 de las modalidades específicas de la presente invención. Por lo tanto, se debe entender que las modalidades descritas aquí se presentan a modo de ejemplo solamente y que, dentro del alcance de cualesquiera reivindicaciones adjuntas y equivalentes de estas, la invención se puede poner en
20 práctica en una forma diferente a la descrita específicamente.

La fraseología y terminología se usan en la presente a efectos de descripción y no se deberán entender como
25 limitantes. Tal como se usa en la presente, el término "múltiples" se refiere a dos o más elementos o componentes. Los términos "que comprende", "que incluye", "que lleva", "que tiene", "que contiene" y "que implica" ya sea en la

descripción escrita o las reivindicaciones y similares son términos abiertos, es decir, significan "incluyendo, de modo no taxativo". Por lo tanto, se pretende que el uso de tales términos abarque los elementos enumerados a partir de
5 entonces, así como elementos adicionales. Solo las frases de transición "que consiste en" y "que consiste esencialmente en" son frases de transición cerradas o semicerradas, respectivamente, con respecto a cualquiera de las reivindicaciones. El uso de términos ordinales tales como
10 "primero", "segundo" y "tercero" y similares en las reivindicaciones para modificar un elemento reivindicado no connota en sí mismo ninguna prioridad, precedencia u orden de un elemento reivindicado sobre otro o el orden temporal en los que se realizan actos de un método, pero se usan
15 simplemente como etiquetas para distinguir un elemento reivindicado que tiene determinado nombre de otro elemento que tiene el mismo nombre (excepto por el uso del término ordinal) para distinguir los elementos reivindicados.

REIVINDICACIONES

Se reivindica lo siguiente:

5

1. Un método para maximizar la recuperación de solutos de extracción en un sistema de membrana impulsado osmóticamente, el método comprende los pasos de:

proporcionar un primer sistema de membrana impulsado osmóticamente que comprende una membrana de ósmosis directa y configurado para recibir una primera solución en un primer lado de la membrana y una solución de extracción concentrada en un segundo lado de la membrana;

separar osmóticamente un solvente de la primera solución usando la solución de extracción concentrada, formando así una segunda solución en el primer lado de la membrana y una solución de extracción diluida en el segundo lado de la membrana, donde la segunda solución comprende al menos una primera especie iónica de soluto mediante intercambio iónico inverso a través de la membrana;

separar la solución de extracción diluida para recuperar al menos un soluto de extracción y el solvente, donde el solvente recuperado comprende al menos una segunda especie iónica de soluto;

reciclar dicho al menos un soluto de extracción recuperado al primer sistema de membrana impulsado osmóticamente;

proporcionar un segundo sistema de membrana impulsado osmóticamente que comprende una membrana de ósmosis inversa;

presurizar el solvente recuperado en el segundo sistema de membrana impulsado osmóticamente para recuperar un
5 solvente sustancialmente puro y una solución concentrada que comprende dicha al menos una segunda especie iónica de soluto;

reciclar la solución concentrada que comprende dicha al menos una segunda especie iónica de soluto al primer sistema
10 de membrana impulsado osmóticamente, donde la solución concentrada se agrega a la primera solución, dando así como resultado la segunda solución que comprende dicha al menos una primera especie iónica de soluto y dicha al menos una segunda especie iónica de soluto;

15 equilibrar dicha al menos una primera especie de soluto con dicha al menos una segunda especie de soluto para formar solutos de extracción adicionales que se pueden separar; y

separar la segunda solución para recuperar los solutos de extracción adicionales y una tercera solución.

20

2. El método de la reivindicación 1 que comprende además el paso de reciclar los solutos de extracción adicionales en la solución de extracción concentrada.

25

3. El método de la reivindicación 1, donde el paso de separar la solución de extracción diluida comprende destilación.

4. El método de la reivindicación 1, donde la solución de extracción concentrada comprende amoníaco y dióxido de carbono en una relación molar de al menos 1:1.

5 5. Un sistema para la extracción osmótica de un solvente de una primera solución, que comprende:

un sistema de ósmosis directa que comprende:

una primera cámara que tiene una entrada fluidamente conectada a una fuente de la primera solución;

10 una segunda cámara que tiene una entrada fluidamente conectada a una fuente de una solución de extracción concentrada; y

un sistema de membrana semipermeable que separa la primera cámara de la segunda cámara;

15 un primer sistema de separación acoplado fluidamente al sistema de ósmosis directa en forma descendente de la segunda cámara y configurado para recibir una solución de extracción diluida de allí y para separar la solución de extracción diluida en solutos de extracción y una corriente de solvente;

20 un intercambiador de presión acoplado fluidamente al sistema de separación y configurado para presurizar y transportar la corriente de solvente;

un sistema de ósmosis inversa acoplado fluidamente al intercambiador de presión y que comprende:

25 una primera cámara configurada para recibir la corriente de solvente presurizada;

una membrana semipermeable acoplada a la primera cámara; y

una segunda cámara acoplada a la membrana semipermeable y configurada para recibir un solvente que fluye a través de la membrana, donde la primera cámara de la unidad de ósmosis inversa está acoplada fluidamente a la primera cámara de la 5 unidad de ósmosis directa para proporcionar al menos una parte de la primera solución; y

un segundo sistema de separación acoplado fluidamente a la primera cámara del sistema de ósmosis directa y configurado para recibir una primera solución concentrada 10 desde allí y retirar al menos uno de los solutos de extracción y una corriente de producto de la primera solución concentrada.

6. El sistema de la reivindicación 5 que comprende 15 además un sistema de reciclaje en comunicación fluida con el segundo sistema de separación para regresar los solutos de extracción separados a la solución de extracción concentrada.

7. El sistema de la reivindicación 5, donde la 20 solución de extracción concentrada comprende amoníaco y dióxido de carbono en una relación molar de al menos uno a uno.

8. El sistema de la reivindicación 5, donde al menos 25 uno del primer y segundo sistema de separación comprende al menos una de una columna de destilación o una membrana de contacto.

9. Un método para tratar aguas residuales, que comprende:

introducir aguas residuales que tienen una alta demanda de oxígeno bioquímico o una alta demanda de oxígeno químico
5 en un primer lado de una membrana semipermeable;

introducir una solución de extracción concentrada que comprende amoníaco y dióxido de carbono a una relación molar de al menos uno a uno en un segundo lado de la membrana semipermeable para mantener un gradiente de concentración
10 osmótica deseado a través de la membrana semipermeable;

fomentar el flujo de al menos una parte de aguas residuales a través de la membrana semipermeable para formar una segunda solución en el primer lado de la membrana semipermeable y una solución de extracción diluida en el
15 segundo lado de la membrana semipermeable; e

introducir al menos una parte de la solución de extracción diluida a una operación de separación para recuperar solutos de extracción y una corriente de solvente.
20

10. El método de la reivindicación 9, que comprende además introducir la segunda solución a un proceso secundario que incluye al menos uno de un incinerador y un digestor anaeróbico.

25

11. El método de la reivindicación 10, que comprende además proporcionar calor generado durante el proceso secundario a la operación de separación.

12. Un proceso de ósmosis directa que comprende los pasos de:

introducir una primera solución que comprende un primer
5 solvente y al menos un soluto en un primer lado de una membrana semipermeable;

introducir múltiples gérmenes a la primera solución;

introducir una solución de extracción concentrada a un
segundo lado de la membrana semipermeable;

10 fomentar la nucleación de dicho al menos un soluto en la primera solución; y

fomentar un flujo de al menos una parte del solvente a través de la membrana semipermeable para formar una segunda solución en el primer lado de la membrana semipermeable y una
15 solución de extracción diluida en el segundo lado de la membrana semipermeable.

13. El proceso de la reivindicación 12, que comprende además el paso de dirigir al menos una parte de la solución
20 de extracción diluida a una unidad de separación para recuperar al menos uno de una corriente de solvente o solutos de extracción.

14. El proceso de la reivindicación 13, que comprende
25 además el paso de reintroducir solutos de extracción en la solución de extracción concentrada en el segundo lado de la membrana semipermeable para mantener una relación molar deseada en la solución de extracción concentrada.

15. El proceso de la reivindicación 12, que comprende además el paso de recuperar al menos una parte de dicho al menos un soluto que se precipitó de la primera solución.

5

16. El proceso de la reivindicación 15, donde el paso de recuperar los solutos precipitados comprende un procesamiento adicional de al menos uno del soluto o la primera solución.

10

17. Un sistema para el procesamiento de una solución que usa ósmosis, el sistema comprende:

un módulo de ósmosis directa que comprende:

una primera cámara en comunicación fluida con una fuente de una primera solución que comprende un solvente y al menos un soluto;

una segunda cámara en comunicación fluida con una solución de extracción concentrada; y

una membrana semipermeable que acopla la primera cámara de la segunda cámara; y

medios para introducir múltiples gérmenes a la primera cámara, donde los múltiples gérmenes provocan la nucleación de al menos una parte de dicho al menos un soluto cuando la primera solución se introduce a la primera cámara.

25

18. El sistema de la reivindicación 17 que comprende además un módulo de separación en comunicación fluida con la

segunda cámara para recuperar al menos uno de una corriente de solvente y solutos de extracción.

19. El sistema de la reivindicación 18 que comprende
5 además medios para reciclar solutos de extracción en la solución de extracción concentrada.

20. El sistema de la reivindicación 17 que comprende además un módulo de recuperación en comunicación fluida con
10 la primera cámara para recuperar solutos precipitados.

21. Un aparato para el tratamiento de una solución que usa ósmosis que comprende:

una cámara configurada para recibir una primera
15 solución que comprende un solvente y al menos un soluto;

un módulo de membrana colocado dentro de la cámara y que comprende una membrana semipermeable que tiene una superficie exterior en comunicación fluida con la primera solución y una superficie interior para recibir una solución
20 de extracción concentrada; y

medios para introducir múltiples gérmenes a la cámara, donde los múltiples gérmenes provocan la nucleación de al menos una parte de dicho al menos un soluto en la primera solución en la cámara.

RESUMEN DE LA INVENCION

Se describen procesos de separación que usan sistemas
5 de membrana impulsados osmóticamente que generalmente
implican la extracción de solvente de una primera solución a
soluto concentrado usando una segunda solución concentrada
para extraer el solvente de la primera solución a través de
una membrana semipermeable. La eficiencia mejorada puede ser
10 el resultado de usar calor residual de bajo grado de fuentes
industriales o comerciales. El pretratamiento y
postratamiento también pueden mejorar los procesos de
membrana impulsados osmóticamente.

1/6

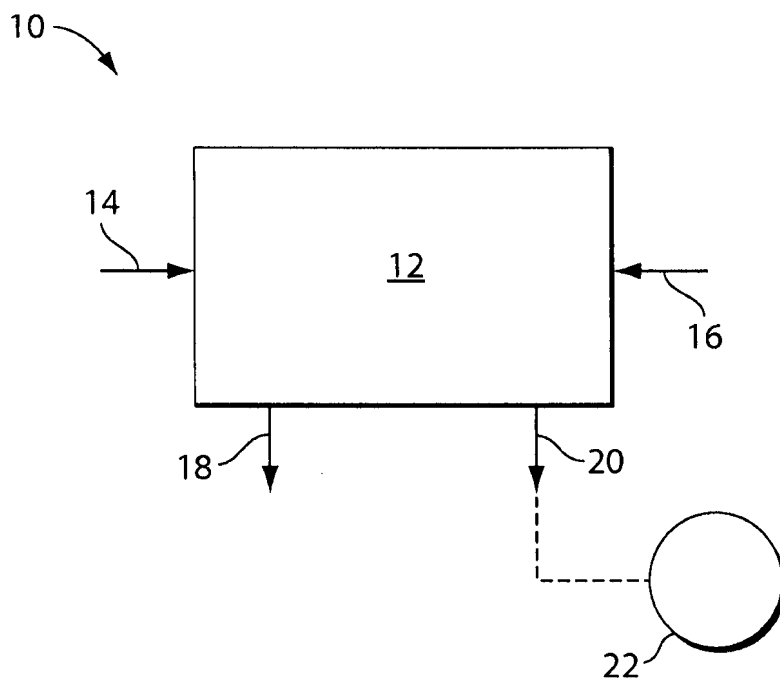


Fig. 1

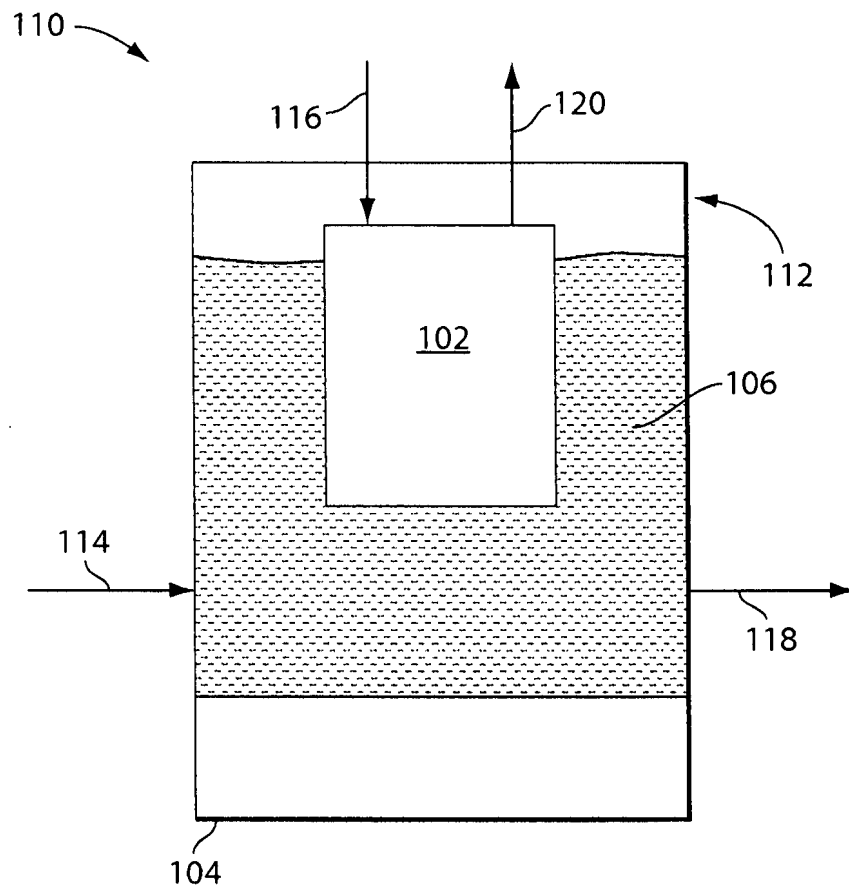


Fig. 2

3/6

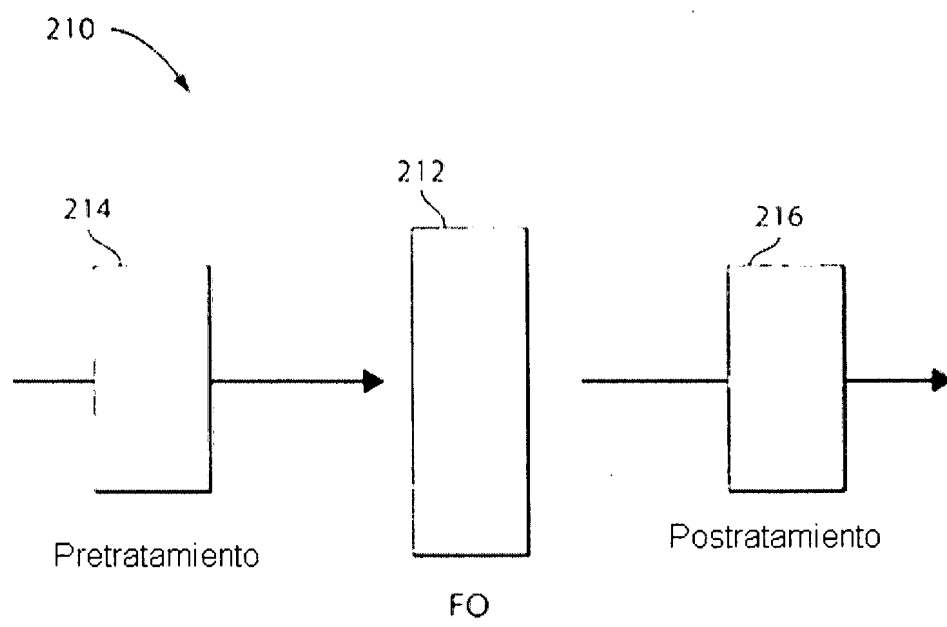


Fig. 3

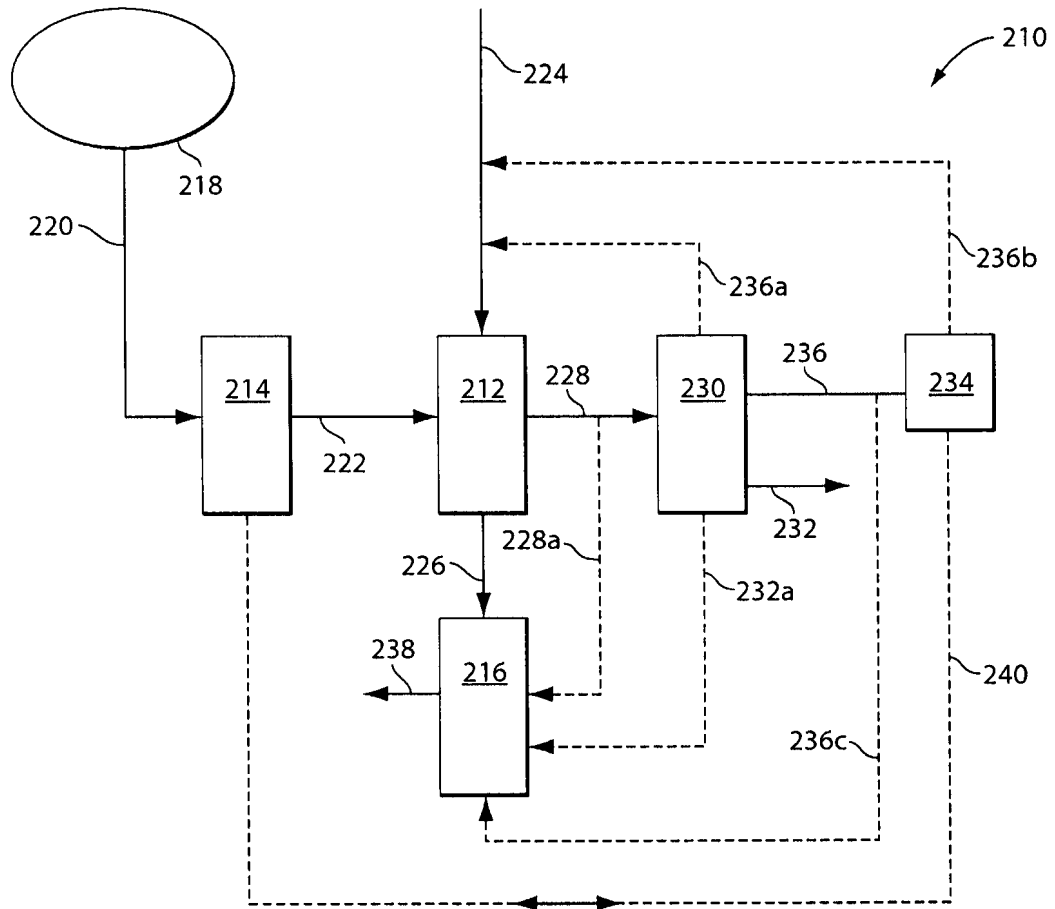


Fig. 4

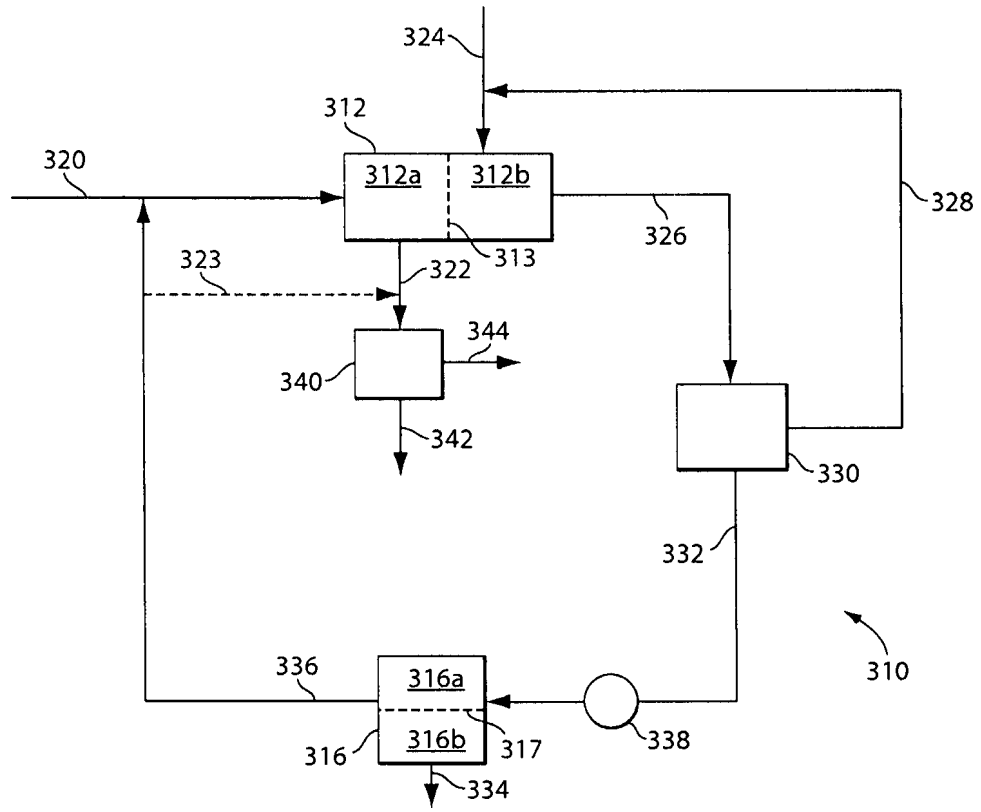


Fig. 5

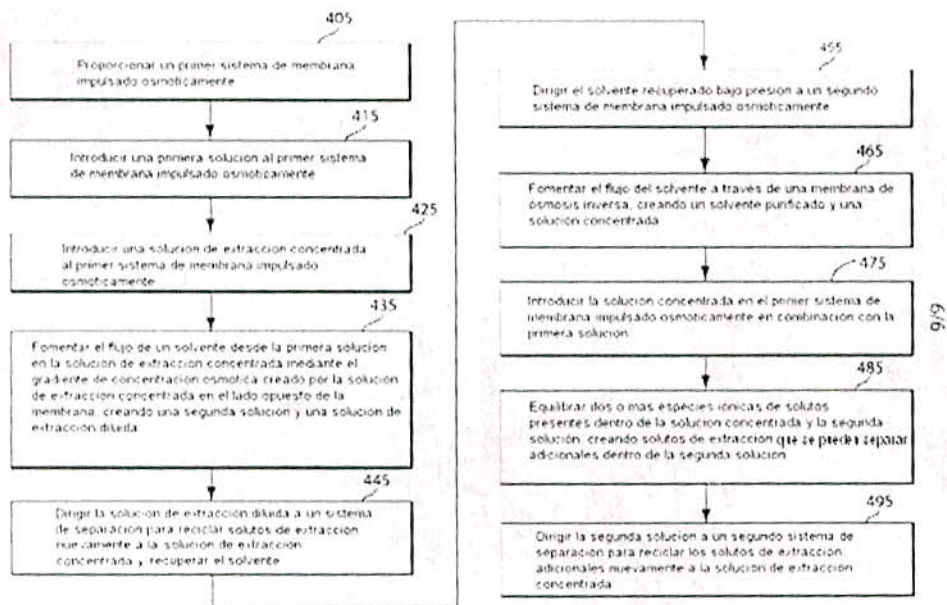


Fig. 6

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau



(10) International Publication Number
WO 2012/148911 A3

(43) International Publication Date
1 November 2012 (01.11.2012)

(51) International Patent Classification:

B01D 65/08 (2006.01) B01D 61/02 (2006.01)
B01D 61/58 (2006.01) B01D 61/00 (2006.01)

(21) International Application Number:

PCT/US2012/034801

(22) International Filing Date:

24 April 2012 (24.04.2012)

(25) Filing Language:

English

(26) Publication Language:

English

(30) Priority Data:

61/478,768 25 April 2011 (25.04.2011) US
61/479,187 26 April 2011 (26.04.2011) US
61/597,371 10 February 2012 (10.02.2012) US

(71) Applicant (for all designated States except US): **OASYS WATER, INC.** [US/US]; 21 Drydock Avenue, 7th Floor, Boston, MA 02210 (US).

(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (for US only): **MCGINNIS, Robert** [US/US]; 195 Binney Street, Apartment 1402, Cambridge, MA 02142 (US).

(74) Agent: **PALMER, Nicole, A.**; Lando & Anastasi LLP, Riverfront Office Park, One Main Street, Suite 1100, Cambridge, MA 02142 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

- with international search report (Art. 21(3))
- before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments (Rule 48.2(h))

[Continued on next page]

(54) Title: OSMOTIC SEPARATION SYSTEMS AND METHODS

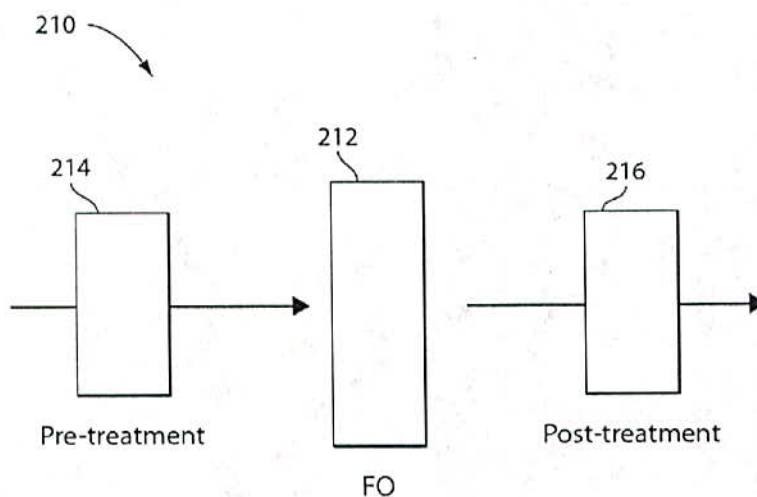


Fig. 3

(57) Abstract: Separation processes using osmotically driven membrane systems are disclosed generally involving the extraction of solvent from a first solution to concentrate solute by using a second concentrated solution to draw the solvent from the first solution across a semi-permeable membrane. Enhanced efficiency may result from using low grade waste heat from industrial or commercial sources. Pre-treatment and post-treatment may also enhance the osmotically driven membrane processes.

WO 2012/148911 A3

WO 2012/148911 A3



(88) Date of publication of the international search report:
6 September 2013

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 13 - 0099866
		Bogotá D.C., Octubre 03 de 2013 - 16:51:22

RECIBIDO DE : CLARKE MODET	NI 830.008.643
----------------------------	----------------

*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	560783226	02/10/2013	71.325.000.00

*** Conceptos Pagados ***			
CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO Vr.CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN	500.000.00 500.000.00
			\$500.000.00
			=====

SON: **QUINIENTOS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____
*****_
Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 13-252769- -00000-0000
Fecha: 2013-10-24 15:15:33 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 90

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 13 - 107550
		Bogotá D.C., Octubre 24 de 2013 - 09:53:41

RECIBIDO DE : CLARKE MODET	NI 830.008.643
----------------------------	----------------

*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
RECIBO DE CA	999999999	107537	24/10/2013		4.410.000.00

*** Conceptos Pagados ***			
CANT. RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
11 50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INIC	30.000.00	330.000.00
			\$330.000.00
=====			

SON: **TRESCIENTOS TREINTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-252769- -00000-0000

Fecha: 2013-10-24 15:15:33
Tra. 11 PATENTEIYII
Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 378 FASENACIONALI
Folios: 90

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mal: Info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Octubre 24 de 2013 - 09:53:42

90



No. 13-252769- -00000-0000

Fecha: 2013-10-24 15:15:33 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI 0
Act. 411 PRESENTACION Folios: 90

PATENTE DE INVENCION ☐

MODEL

☐	Indicación que se solicita una patente.
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Descripción de la invención
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☐ MODELO DE UTILIDAD PCT ☐ Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

☐	Indicación que se solicita una PCT
☐	Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐

(Art. 119 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita Diseño industrial
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐

(Art. 92 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita un esquema de trazado
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica de un esquema de trazado
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐