

REIVINDICACIONES

Se reivindica lo siguiente:

1. Un aparato que comprende:

una primera fuente de solución de alimentación;

5 una segunda fuente de solución de alimentación; y

una membrana semipermeable que comprende un primer lado configurado para recibir una primera corriente de solución de alimentación desde la primera fuente de solución de alimentación y un segundo lado configurado para recibir una segunda corriente de solución de alimentación desde la segunda fuente de solución de alimentación,

10 donde la primera corriente de solución de alimentación tiene una primera concentración de soluto y una primera presión osmótica, y la segunda corriente de solución tiene una segunda concentración de soluto y una segunda presión osmótica, donde la primera presión osmótica es mayor o igual que la segunda presión osmótica; y

15 donde la primera fuente de solución de alimentación está configurada para proporcionar presión hidrostática al primer lado de la membrana semipermeable para producir una primera corriente de solución de alimentación concentrada y una segunda corriente de solución de alimentación diluida con solvente que pasa, en forma de una solución de permeado, desde la primera corriente de solución de alimentación hacia la segunda corriente de solución de alimentación a través de la membrana semipermeable.

20 2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la solución de permeado tiene una tercera presión osmótica, donde la segunda presión osmótica es mayor que la tercera presión osmótica.

3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera fuente de solución de alimentación se configura para suministrar la primera corriente de solución al primer lado de la membrana semipermeable a una primera presión hidrostática y la segunda fuente de solución de alimentación se
25 configura para suministrar la segunda corriente de solución al segundo lado de la membrana semipermeable a una segunda presión hidrostática, donde la primera presión hidrostática es mayor que la segunda presión hidrostática.

4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 3, donde la primera presión hidrostática es de alrededor de 50 psi a alrededor de 5000 psi y la segunda presión hidrostática es de alrededor de 0 psi a
30 alrededor de 500 psi.

5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 3, donde la primera fuente de solución de alimentación y la segunda fuente de solución de alimentación se configuran para generar una diferencia de presión entre la primera presión hidrostática y la segunda presión hidrostática suficiente para hacer pasar el solvente desde el primer lado hacia el segundo lado de la membrana semipermeable, donde la primera

fuente de solución de alimentación y la segunda fuente de solución de alimentación se configuran además para variar la diferencia de presión en función de la segunda presión osmótica.

6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera concentración de soluto es aproximadamente igual a la segunda concentración de soluto.

5 7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la segunda concentración de soluto es mayor que alrededor de 500 ppm.

8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la segunda corriente de solución de alimentación comprende una velocidad de flujo de entre alrededor de 200 gramos de soluto por minuto y alrededor de 2000 gramos de soluto por minuto.

10 9. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera presión osmótica es aproximadamente igual a la segunda presión osmótica.

10. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera fuente de solución de alimentación se selecciona del grupo que consiste en una bomba de alta presión, un sistema de ósmosis inversa, un sistema de ósmosis directa, un módulo de OsARO y cualquier combinación de estos.

15 11. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la segunda fuente de solución de alimentación se selecciona del grupo que consiste en una bomba, un sistema de ósmosis inversa, un módulo de OsARO y cualquier combinación de estos.

12. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera corriente de solución de alimentación comprende una solución contaminada, la segunda corriente de solución de alimentación
20 comprende al menos una parte de la solución contaminada.

13. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde cada una de la primera fuente de solución de alimentación y la segunda fuente de solución de alimentación se configura para proporcionar partes de la misma solución contaminada a uno del primer y el segundo lado respectivo de la membrana semipermeable.

25 14. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera fuente de solución de alimentación se configura además para hacer recircular la primera corriente de solución de alimentación concentrada, o una parte de esta, hacia el primer lado de la membrana semipermeable.

15. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, donde la segunda fuente de solución de alimentación se configura para proporcionar al menos una parte de la primera corriente de solución de alimentación
30 concentrada al segundo lado de la membrana semipermeable.

16. Un proceso para concentrar un soluto en una solución contaminada que comprende solvente y soluto, donde el proceso comprende:

introducir una primera corriente de solución de alimentación en el primer lado de la membrana semipermeable, donde la primera corriente de solución de alimentación tiene una primera

concentración de soluto y una primera presión osmótica;

introducir una segunda corriente de solución de alimentación en el segundo lado de la membrana semipermeable, donde la segunda corriente de solución de alimentación tiene una segunda concentración de soluto y una segunda presión osmótica, donde la primera presión osmótica es mayor o igual que la segunda presión osmótica;

ejercer presión hidrostática en el primer lado de la membrana semipermeable de modo que el solvente pase, en forma de una solución de permeado, desde el primer lado de la membrana semipermeable hacia el segundo lado de la membrana semipermeable, produciendo de ese modo una primera corriente de solución de alimentación concentrada y una segunda corriente de solución de alimentación diluida.

17. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, que comprende además seleccionar la segunda presión osmótica para reducir la presión hidrostática.

18. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, donde la segunda presión osmótica es una presión osmótica predeterminada seleccionada para reducir la presión hidrostática necesaria para hacer que el solvente pase del primer lado al segundo lado de la membrana semipermeable.

19. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, donde la solución de permeado tiene una tercera presión osmótica, donde la segunda presión osmótica es mayor que la tercera presión osmótica.

20. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16 anteriores, que comprende además seleccionar la segunda presión osmótica para que sea mayor que la presión osmótica de la solución de permeado para reducir la presión hidrostática.

21. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, donde tanto la primera corriente de solución de alimentación como la segunda corriente de solución de alimentación comprenden al menos una parte de la misma solución contaminada.

22. El aparato de acuerdo con la reivindicación 16, que comprende además hacer recircular la primera corriente de solución de alimentación concentrada, o una parte de esta, hacia el primer lado de la membrana semipermeable.

23. El aparato de acuerdo con la reivindicación 16, que comprende además hacer recircular al menos una parte de la primera corriente de solución de alimentación concentrada hacia el segundo lado de la membrana semipermeable.

24. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, donde ejercer presión hidrostática sobre el primer lado de la membrana semipermeable comprende suministrar, a través de una bomba de alta presión, la primera solución de alimentación al primer lado de la membrana semipermeable para ejercer presión hidrostática sobre el primer lado de la membrana semipermeable.

25. El proceso de acuerdo con la reivindicación 24, que comprende además ejercer presión

hidrostática sobre el segundo lado de la membrana semipermeable al suministrar la segunda solución de alimentación al segundo lado de la membrana semipermeable, donde la presión hidrostática ejercida sobre el segundo lado de la membrana semipermeable es menor que la presión hidrostática ejercida sobre el primer lado de la membrana semipermeable.

- 5 26. El proceso de acuerdo con la reivindicación 25, donde ejercer presión hidrostática sobre el primer lado de la membrana semipermeable comprende de alrededor de 50 psi a alrededor de 5000 psi.
27. El proceso de acuerdo con la reivindicación 26, donde la presión hidrostática ejercida sobre el primer lado de la membrana semipermeable es de alrededor de 50 psi a alrededor de 5000 psi y la presión hidrostática ejercida sobre el segundo lado de la membrana semipermeable es de alrededor de
10 0 psi a alrededor de 500 psi.
28. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, donde la primera concentración de soluto es aproximadamente igual a la segunda concentración de soluto.
29. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, donde la segunda concentración de soluto es mayor que alrededor de 500 ppm.
- 15 30. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, donde la segunda corriente de solución de alimentación comprende una velocidad de flujo de entre alrededor de 200 gramos de soluto por minuto y alrededor de 2000 gramos de soluto por minuto.
31. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, donde la primera presión osmótica es aproximadamente igual a la segunda presión osmótica.
- 20 32. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, donde la primera corriente de solución de alimentación comprende un primer soluto y un primer solvente y la segunda corriente de solución de alimentación comprende un segundo soluto y un segundo solvente, y al menos el segundo solvente se selecciona del grupo que consiste en agua, metanol, etanol y cualquier combinación de estos.
33. El proceso de acuerdo con la reivindicación 32, donde al menos el segundo solvente es agua.
- 25 34. El proceso de acuerdo con la reivindicación 33, donde el segundo soluto se selecciona del grupo que consiste en alcoholes, dioxano, acetona, tetrahidrofurano (THF), dimetilformamida (DMF), dimetilsulfóxido (DMSO) y cualquier combinación de estos.
35. El proceso de acuerdo con la reivindicación 33, donde el segundo soluto se selecciona del grupo que consiste en cloruro de sodio (NaCl), cloruro de potasio (KCl), cloruro de magnesio ($MgCl_2$),
30 carbonato de magnesio ($MgCO_3$), sulfato de magnesio ($MgSO_4$), cloruro de calcio ($CaCl_2$), sulfato de calcio ($CaSO_4$), carbonato de calcio ($CaCO_3$), acetato de potasio (KAc), acetato de magnesio y calcio ($CaMgAc$) y cualquier combinación de estos.
36. El proceso de acuerdo con la reivindicación 33, donde el segundo soluto se selecciona de azúcar, óxido de etileno (EO), óxido de propileno (PO), polietilenglicoles (PEG), poli(ácido acrílico), poli(alcohol

vinílico) poli(óxido de etileno), poli(ácido vinílico), poli(estirenosulfonato), polielectrolitos basados en poli(acrilamida), poli(cloruro de dialildimetilamonio), poli(clorhidrato de alilamina), poli(vinilpirrolidona), poli(N-isopropilacrilamida), poli(alquilacrilatos), ácidos polialquilacrílicos, poli(2-oxazolina) y polietilenimina, y copolímeros, copolímeros de bloque de estos, y cualquier combinación de estos.

5 37. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, donde introducir la segunda corriente de solución de alimentación en el segundo lado de la membrana semipermeable comprende hacer fluir de forma continua la segunda corriente de solución de alimentación en el segundo lado de la membrana semipermeable.

10 38. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, donde introducir la primera corriente de solución de alimentación en el primer lado de la membrana semipermeable comprende hacer fluir la primera corriente de solución de alimentación desde una bomba de alta presión.

39. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, que comprende además suministrar la primera solución de alimentación concentrada a un componente de ósmosis directa (FO) para ser utilizada como solución de extracción por el componente de FO.

15 40. El proceso de acuerdo con la reivindicación 16, que comprende además usar la primera solución de alimentación concentrada para regenerar la solución de extracción en un componente de FO.

41. Un proceso para concentrar un soluto en una solución que comprende solvente y soluto, donde el proceso comprende:

20 proporcionar un primer módulo acoplado mediante fluidos con una primera fuente de solución de alimentación y una segunda fuente de solución de alimentación, donde el primer módulo comprende:

una primera cámara y una segunda cámara; y

una membrana semipermeable colocada en la interfaz entre la primera cámara y la segunda cámara, donde la membrana semipermeable tiene un primer lado en comunicación de fluidos con la primera cámara y un segundo lado en comunicación de fluidos con la segunda cámara;

25 introducir, desde la primera fuente de solución de alimentación, una primera corriente de solución de alimentación en la primera cámara y en el primer lado de la membrana semipermeable, donde la primera corriente de solución de alimentación tiene una primera concentración de soluto y una primera presión osmótica;

30 Introducir, desde la segunda fuente de solución de alimentación, una segunda corriente de solución de alimentación en la segunda cámara y en el segundo lado de la membrana semipermeable, donde la segunda corriente de solución de alimentación tiene una segunda concentración de soluto y una segunda presión osmótica, donde la primera presión osmótica es mayor o igual que la segunda presión osmótica;

ejercer presión hidrostática en el primer lado de la membrana semipermeable de modo que el solvente

pase desde el primer lado de la membrana semipermeable hacia el segundo lado de la membrana semipermeable, produciendo de ese modo una primera corriente de solución de alimentación concentrada en la primera cámara y una segunda corriente de solución de alimentación diluida en la segunda cámara.

- 5 42. El proceso de acuerdo con la reivindicación 41, que comprende adicionalmente:
proporcionar un segundo módulo acoplado mediante fluidos con el primer módulo y una cuarta fuente de solución de alimentación, donde el segundo módulo comprende:

una primera cámara y una segunda cámara; y

- 10 una membrana semipermeable colocada en la interfaz entre la primera cámara y la segunda cámara,
donde la membrana semipermeable tiene un primer lado en comunicación de fluidos con la primera cámara y un segundo lado en comunicación de fluidos con la segunda cámara;

introducir, desde la primera cámara del primer módulo, una tercera corriente de solución de alimentación en la primera cámara del segundo módulo, donde la tercera corriente de solución de alimentación comprende al menos una parte de la primera corriente de solución de alimentación concentrada y tiene una tercera concentración de soluto y una tercera presión osmótica;

- 15 Introducir, desde la cuarta fuente de solución de alimentación, una cuarta corriente de solución de alimentación en la segunda cámara del segundo módulo y en el segundo lado de la membrana semipermeable, donde la cuarta corriente de solución de alimentación tiene una cuarta concentración de soluto y una cuarta presión osmótica, donde la tercera presión osmótica es mayor o igual que la
20 cuarta presión osmótica;

ejercer presión hidrostática en el primer lado de la membrana semipermeable del segundo módulo de modo que el solvente pase desde el primer lado de la membrana semipermeable hacia el segundo lado de la membrana semipermeable, produciendo de ese modo una tercera corriente de solución de alimentación concentrada en la primera cámara del segundo módulo y una cuarta corriente de solución de alimentación diluida en la segunda cámara del segundo módulo.

- 25 43. El proceso de acuerdo con la reivindicación 42, donde la cuarta concentración de soluto es mayor que la segunda concentración de soluto.

44. El proceso de acuerdo con la reivindicación 42, donde la cuarta fuente de alimentación comprende la primera cámara del primer módulo, y la cuarta corriente de solución de alimentación comprende al menos una parte de la primera corriente de solución de alimentación concentrada.

- 30 45. Un proceso para purificar un solvente, donde el proceso comprende:
proporcionar un componente de ósmosis directa (FO) acoplado mediante fluidos con un componente de ósmosis inversa (RO) y un módulo, donde el módulo comprende:

una primera cámara acoplada de mediante fluidos con el componente de RO y el componente de FO y

una segunda cámara acoplada mediante fluidos con el componente de RO; y
 una membrana semipermeable colocada en la interfaz entre la primera cámara y la segunda cámara,
 donde la membrana semipermeable tiene un primer lado en comunicación de fluidos con la primera
 cámara y un segundo lado en comunicación de fluidos con la segunda cámara;

- 5 introducir una corriente de solución de alimentación de FO contaminada en el componente de FO,
 donde el componente de FO tiene una solución de extracción, donde la corriente de solución de
 alimentación de FO contaminada comprende un solvente contaminado con uno o más solutos;
 hacer que el componente de FO produzca una corriente de solución de alimentación de FO
 concentrada y una solución de extracción diluida a partir de la corriente de solución de alimentación de
 10 FO contaminada;
 introducir la solución de extracción diluida en el componente de RO para formar al menos una parte de
 una corriente de solución de alimentación de RO;
 hacer que el componente de RO produzca una solución de permeado y una corriente de solución de
 alimentación de RO concentrada a partir de la corriente de solución de alimentación de RO, donde la
 15 solución de permeado comprende un solvente purificado;
 introducir, desde el componente de RO, una primera corriente de solución de alimentación en la
 primera cámara del módulo y en el primer lado de la membrana semipermeable, donde la primera
 corriente de solución de alimentación comprende al menos una parte de la corriente de solución de
 alimentación de RO concentrada y tiene una primera concentración de soluto y una primera presión
 20 osmótica;
 introducir, desde el componente de RO, una segunda corriente de solución de alimentación en la
 segunda cámara del módulo y en el segundo lado de la membrana semipermeable, donde la segunda
 corriente de solución de alimentación comprende al menos una parte de la corriente de solución de
 alimentación de RO concentrada y tiene una segunda concentración de soluto y una segunda presión
 25 osmótica, donde la primera presión osmótica es mayor o igual que la segunda presión osmótica;
 ejercer presión hidrostática sobre el primer lado de la membrana semipermeable de modo que el
 solvente pase del primer lado de la membrana semipermeable al segundo lado de la membrana
 semipermeable, produciendo de ese modo una primera corriente de solución de alimentación
 concentrada en la primera cámara y una segunda corriente de solución de alimentación diluida en la
 30 segunda cámara;
 introducir, desde la segunda cámara del módulo, al menos una parte de la segunda corriente de
 solución de alimentación diluida en el componente de RO para formar al menos una parte de una
 corriente de solución de alimentación de RO;
 introducir, desde la primera cámara del módulo, al menos una parte de la primera corriente de solución

de alimentación concentrada en el componente de FO para formar al menos una parte de la solución de extracción.

46. Un sistema que comprende:

una primera fuente de solución de alimentación;

5 una segunda fuente de solución de alimentación; y

al menos un módulo, donde cada módulo comprende:

una primera cámara y una segunda cámara;

una membrana semipermeable colocada en la interfaz entre la primera cámara y la segunda cámara, donde la membrana semipermeable tiene un primer lado en comunicación de fluidos con la primera
10 cámara y un segundo lado en comunicación de fluidos con la segunda cámara;

donde la primera cámara se configura para recibir una primera corriente de solución de alimentación desde la primera fuente de solución de alimentación y un segundo lado se configura para recibir una segunda corriente de solución de alimentación desde la segunda fuente de solución de alimentación, donde la primera corriente de solución de alimentación tiene una primera concentración de soluto y

15 una primera presión osmótica, y la segunda corriente de solución tiene una segunda concentración de soluto y una segunda presión osmótica, donde la primera presión osmótica es mayor o igual que la segunda presión osmótica; y

donde la primera fuente de solución de alimentación se configura para proporcionar presión hidrostática a la primera cámara para producir una primera corriente de solución de alimentación concentrada y una segunda corriente de solución de alimentación diluida con solvente que pasa desde
20 la primera cámara hacia la segunda cámara a través de la membrana semipermeable.

47. El sistema de acuerdo con la reivindicación 46, que comprende además múltiples módulos, donde la primera cámara de cada módulo se acopla mediante fluidos con la primera cámara de al menos otro módulo.

25 48. El sistema de acuerdo con la reivindicación 47, que comprende además un primer módulo y un segundo módulo, donde la primera cámara del primer módulo se acopla mediante fluidos con la primera cámara del segundo módulo, y donde la primera cámara del segundo módulo se configura para recibir la primera corriente concentrada de solución de alimentación desde la primera cámara del primer módulo.

30 49. El sistema de acuerdo con la reivindicación 48, donde la primera cámara del primer módulo comprende un primer puerto de entrada configurado para recibir la primera corriente de solución de alimentación desde la primera fuente de solución de alimentación y un primer puerto de salida, y la primera cámara del segundo módulo comprende un segundo puerto de entrada acoplado mediante fluidos con el primer puerto de salida, el segundo puerto de entrada se configura para recibir la primera

corriente de solución de alimentación concentrada desde la primera cámara del primer módulo.

50. El sistema de acuerdo con la reivindicación 49, donde la segunda cámara del segundo módulo se acopla mediante fluidos con la segunda cámara del primer módulo, y donde la segunda cámara del segundo módulo se configura para recibir la segunda solución de alimentación diluida desde la segunda cámara del primer módulo.

51. El sistema de acuerdo con la reivindicación 50, que comprende además un componente de ósmosis directa (FO) acoplado mediante fluidos con al menos la segunda cámara del segundo módulo, donde el componente FO se configura para producir una solución de extracción diluida y una solución de alimentación concentrada a partir de una solución de extracción y una corriente de solución de alimentación de FO, donde la segunda cámara del segundo módulo se configura para recibir la solución de extracción diluida del componente de FO y usa la solución de extracción diluida como al menos una parte de la segunda solución de alimentación.

52. El sistema de acuerdo con la reivindicación 46, donde la primera fuente de solución de alimentación comprende un componente de ósmosis inversa (RO), donde el componente RO produce una solución de permeado y una corriente de solución de alimentación de RO concentrada a partir de una corriente de solución de alimentación de RO, donde la primera corriente de solución de alimentación comprende al menos una parte de la corriente de solución de alimentación de RO concentrada.

53. El sistema de acuerdo con la reivindicación 52, donde la segunda fuente de solución de alimentación comprende el componente de RO, la segunda corriente de solución de alimentación comprende al menos una parte de la corriente de solución de alimentación de RO concentrada.

54. El sistema de acuerdo con la reivindicación 53, donde la segunda cámara se configura para transferir al menos una parte de la segunda corriente de solución de alimentación diluida al componente RO, donde el componente de RO se configura para recibir la al menos una parte de la segunda corriente de solución de alimentación diluida desde la segunda cámara, donde la corriente de solución de alimentación de RO comprende, al menos en parte, la segunda corriente de solución de alimentación diluida.

55. El sistema de acuerdo con la reivindicación 54, que comprende además un componente de ósmosis directa (FO) acoplado mediante fluidos con el componente de RO y al menos un módulo, donde el componente FO se configura para producir una solución de extracción diluida y una solución de alimentación concentrada de una solución de extracción y una corriente de solución de alimentación de FO, donde la primera cámara del al menos un módulo se configura para transferir la primera corriente de solución de alimentación concentrada producida hacia el componente de FO, donde el componente de FO se configura para recibir la primera corriente de solución de alimentación

concentrada de la primera cámara del al menos un módulo y usar al menos una parte de la primera corriente de solución de alimentación concentrada como solución de extracción.

56. El sistema de acuerdo con la reivindicación 55, donde el componente de FO se configura para transferir la corriente de solución de extracción diluida hacia el componente de RO, donde el
- 5 componente RO se configura para recibir la corriente de solución de extracción diluida del componente de FO y usar al menos una parte de la corriente de solución de extracción diluida como corriente de solución de alimentación de RO.