

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 880 604**

51 Int. Cl.:

C02F 1/20 (2006.01)

C02F 101/32 (2006.01)

C02F 101/36 (2006.01)

C02F 103/06 (2006.01)

B01D 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.11.2013 PCT/IB2013/002462**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2014 WO14072792**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2013 E 13821923 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.04.2021 EP 2916924**

54 Título: **Dispositivo y proceso de eliminación de compuestos orgánicos volátiles en aguas contaminadas**

30 Prioridad:

06.11.2012 IT AN20120143

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2021

73 Titular/es:

**POLARIS SRL (50.0%)
6 via Tommaso Grossi
20900 Monza MB, IT y
SOCIETA' ITALIANA ACETILENE & DERIVATI
S.I.A.D. S.P.A. IN BREVE S.I.A.D. S.P.A. (50.0%)**

72 Inventor/es:

MASETTO, GIANCLAUDIO

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 880 604 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y proceso de eliminación de compuestos orgánicos volátiles en aguas contaminadas

5 Se describe aquí un dispositivo y un proceso de eliminación y recuperación continua de compuestos orgánicos volátiles en aguas contaminadas.

10 El dispositivo y el proceso que se describen aquí tienen aplicación, en particular, en la purificación de aguas subterráneas contaminadas por compuestos orgánicos volátiles, tales como disolventes clorados o aromáticos, o compuestos inorgánicos volátiles.

El dispositivo y el proceso que se describen aquí son particularmente adecuados para el tratamiento de agua con una baja concentración de contaminantes.

15 Tal como se utiliza aquí, el término "agua con baja concentración de contaminantes" pretende designar agua con una concentración de contaminantes de menos de 500 ppm (peso/volumen).

En los últimos años, la recuperación de aguas subterráneas se ha convertido en una necesidad urgente.

20 Los contaminantes liberados al suelo pueden entrar en la cadena alimentaria del hombre o pueden llegar al agua subterránea y eventualmente contaminar el agua potable para el hombre.

25 Algunas de las principales causas de la contaminación del suelo consisten particularmente en determinados disolventes orgánicos.

Estos disolventes tienen varios efectos adversos sobre la salud humana y pueden dañar particularmente el hígado, los riñones, el corazón, los vasos sanguíneos, la médula ósea y el sistema nervioso.

30 Actualmente se conocen varias tecnologías en la técnica para la purificación de aguas subterráneas contaminadas.

Para niveles de contaminación de baja concentración, típicamente de un peso/volumen de no más de 500 ppm, es conocido someter el agua a un proceso de extracción al vacío (es decir, a una presión por debajo de la presión atmosférica) con aire para eliminar los compuestos orgánicos volátiles contenidos en el agua.

35 A medida que los contaminantes se transfieren al aire de extracción, éstos pueden separarse del mismo mediante filtros de adsorción de carbón activado.

40 En <http://www.triplan-umwelttechnik.com/en/stripkolonnen/> se encuentra una breve descripción de este primer estado de la técnica.

La patente WO 2004/103515 describe un aparato de funcionamiento intermitente para purificar agua de componentes orgánicos volátiles.

45 De acuerdo con esta segunda técnica anterior, se lleva a cabo un proceso de purificación intermitente (por lotes), utilizando un recipiente con una cantidad de agua contaminada cargada en el mismo.

Esta agua contaminada se calienta con vapor y en la misma se burbujea nitrógeno caliente.

50 La corriente que sale del recipiente pasa sucesivamente a través de un condensador refrigerado por agua y un condensador criogénico refrigerado por nitrógeno líquido.

El gas nitrógeno que sale del condensador criogénico se calienta y se introduce en el recipiente de tratamiento de agua.

55 La separación de contaminantes del agua que se realiza mediante el dispositivo tal como se describe en WO 2004/103513 tiene una eficiencia baja.

Esto viene provocado, en particular, por la muy baja relación entre contaminantes y volumen de agua de la corriente que sale del depósito.

60 Esto se debe a que WO 2004/103513 no sugiere ningún dispositivo o tecnología para obtener un efecto de fraccionamiento.

5 EP 2 471 746 B1 describe una planta para el tratamiento de residuos líquidos que contienen contaminantes orgánicos volátiles que comprende, en un circuito cerrado y en secuencia: un extractor, por lo menos una unidad de condensación, por lo menos una unidad de adsorción sobre carbones activados, medios de conexión hidráulica, en el que, después del extractor y antes de la unidad de condensación, se dispone por lo menos una unidad de condensación previa.

Las tecnologías de la técnica anterior son inadecuadas, ya sea por los elevados costes de gestión que requieren las plantas de depuración o por su baja eficacia.

10 El principal objetivo de esta invención es sugerir una solución para obviar por lo menos algunos de los problemas de la técnica anterior y particularmente los expuestos anteriormente.

Este objetivo se logra mediante un dispositivo tal como se define en la reivindicación 1 y un proceso tal como se define en la reivindicación 7.

15 Pueden obtenerse otras ventajas mediante las características adicionales de las reivindicaciones dependientes.

A continuación, se describen ciertas realizaciones posibles de un dispositivo para llevar a cabo un proceso de eliminación y recuperación continua de compuestos contaminantes volátiles, tales como solventes orgánicos, de aguas subterráneas, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es una vista esquemática de un dispositivo de eliminación continua de compuestos orgánicos volátiles contenidos en aguas subterráneas;

20 La figura 2 muestra una variante del dispositivo de la figura 1;

La figura 3 muestra otra variante del dispositivo de la figura 1; y

25 La figura 4 muestra la variante de acuerdo con la invención del dispositivo de la figura 1.

En las figuras adjuntas, el número 1 designa, en general, un dispositivo de eliminación de compuestos orgánicos volátiles en aguas contaminadas.

30 Las realizaciones que se describen aquí tienen en común la presencia de una columna de extracción 2, que está diseñada para desorción continua de los compuestos orgánicos volátiles contenidos en el agua a purificar.

35 La columna de extracción 2 puede ser una columna empaquetada, por ejemplo, una columna empaquetada geoméricamente o por volcado.

En una realización alternativa, la columna de extracción 2 es una columna de bandejas de tamices.

40 En otra realización alternativa, la columna de extracción 2 es una boquilla de pulverización que tiene múltiples boquillas de pulverización.

Preferiblemente, la columna de extracción 2 debería tener una alta eficacia de fraccionamiento.

45 La columna de extracción 2 está conectada: a una línea de entrada 21 para el agua a purificar, a una línea de salida 22 para agua purificada, a una línea de entrada 23 para gas de extracción y a una línea de salida 24 para gas de extracción (un gas saturado de agua que contiene compuestos orgánicos volátiles extraídos del agua).

50 En la columna de extracción 2, el agua a purificar fluye de arriba hacia abajo, mientras que el gas de extracción fluye de abajo hacia arriba.

En las realizaciones ilustradas, la columna de extracción 2 se extiende verticalmente.

55 La columna de extracción 2 tiene una columna de fraccionamiento de reflujo interno 25 tal como la descrita en EP 0 513 704 por el inventor de la presente solicitud (aunque esta solución se muestra en las figuras 2 y 3, se entenderá que también puede utilizarse en otras realizaciones, tales como las de las figuras 1 y 4).

Todavía otra característica que tienen en común las realizaciones ilustradas es la presencia de medios 3; 3a, 5 (descritos a continuación con mayor detalle) para separar los compuestos orgánicos volátiles del gas que sale de la columna de extracción 2.

60 Todavía otra característica que tienen en común las diversas realizaciones ilustradas es la presencia de una bomba de vacío 4 que está conectada, en el lado de succión, a la línea de salida 24 para el gas de extracción saturado de agua que contiene los compuestos orgánicos volátiles y, en lado de suministro, a los medios 3; 3a, 5 para la

separación de los compuestos orgánicos volátiles contenidos en el gas saturado de agua que sale de la columna de extracción 2.

5 La bomba de vacío 4 reduce la presión de vapor y facilita la transferencia de los compuestos orgánicos volátiles de la fase líquida a la fase gaseosa en la columna de extracción 2.

Además, la presión negativa creada por la bomba de vacío 4 aumenta, en la fase gaseosa, la concentración de compuestos volátiles respecto al agua.

10 Esto es particularmente ventajoso cuando se trata agua a baja temperatura, tal como agua subterránea, cuya temperatura media es de entre aproximadamente 10 °C y aproximadamente 12 °C.

Esto evitará la necesidad de calentar el agua a purificar o permitirá que se proporcione menos energía térmica al agua a purificar.

15 La bomba de vacío 4 puede ser una bomba de anillo líquido o una bomba seca.

20 En todas las realizaciones, los medios 3; 3a, 5 para la separación de los compuestos orgánicos volátiles contenidos en el gas saturado de agua que sale de la columna de extracción 2 utilizan por lo menos una unidad de condensación criogénica 3.

25 La unidad de condensación criogénica 3, a su vez, comprende: una línea de entrada 31, 31a para gas a purificar (que contiene compuestos orgánicos volátiles), una línea de salida 32, 32a para gas purificado (sustancialmente libre de cualquier compuesto orgánico volátil), una línea de entrada 33 para refrigerante, una línea de salida 34 para refrigerante y una línea de descarga para los compuestos condensados.

Los contaminantes condensados y los que se solidifican y posteriormente licúan en la unidad de condensación criogénica 3, 3a se descargan a través de la línea 35 y se recogen en un depósito 7.

30 Por simplicidad, solamente se muestra una única unidad de condensación criogénica 3, 3a en los dibujos adjuntos.

La eficiencia del proceso de condensación criogénica tiende a disminuir con el tiempo, debido a la formación de agua solidificada en las superficies de intercambio de calor.

35 Con el fin de mantener la continuidad del proceso de condensación criogénica, el inventor sugiere el uso de dos unidades de condensación criogénica que funcionan alternativamente.

Por simplicidad, la solución de utilizar dos unidades de condensación criogénica que funcionan alternativamente no se muestra en los dibujos adjuntos, pero de todos modos está contemplada por el inventor.

40 Mientras una de las dos unidades de condensación criogénica está en funcionamiento, la otra unidad de condensación criogénica se somete a un proceso de descongelación para eliminar los depósitos sólidos (compuestos de agua y compuestos contaminantes) previamente formados y depositados en las superficies de los intercambiadores de calor.

45 Para ello, la corriente de gas a purificar se enfría para reducir su contenido de agua y después se calienta y se hace circular primero en la unidad de condensación criogénica inactiva, donde libera calor y provoca la licuefacción de hielo en la misma, y después en la unidad de condensación criogénica en funcionamiento, donde se recuperan los contaminantes.

50 Otra característica que tienen en común las diversas realizaciones es que la línea de salida 34 para el refrigerante fluido gasificado está en comunicación con la línea de entrada 23 que conduce a la columna de extracción 2, proporcionando así por lo menos parte del gas de extracción requerido para alimentar la columna.

55 Esta característica reduce los costes de gestión del dispositivo 1 y garantiza un funcionamiento totalmente seguro.

En las diversas realizaciones, el dispositivo comprende un depósito de nitrógeno líquido 6 para suministrar a la línea de entrada de refrigerante 33 en la unidad de condensación criogénica 3, 3a.

60 La presión del gas (nitrógeno) que fluye hacia la columna 2 a través de la línea de entrada 23 es suficiente para crear una corriente de gas en la columna 2 sin necesidad de ventiladores.

- En las diversas realizaciones del dispositivo 1, puede disponerse un intercambiador de calor 80 curso abajo de la bomba de vacío 4, para enfriar la corriente que sale de la bomba de vacío 4 y condensar parte del agua contenida en la corriente (aunque, por simplicidad, esta solución sólo se ha mostrado en la figura 1, se entenderá que también puede utilizarse en las realizaciones de las figuras 2, 3 y 4).
- 5 Al intercambiador 80 se le suministra agua (por ejemplo, agua subterránea) o, preferiblemente, nitrógeno que fluye desde la salida 34 de la unidad criogénica 3; 3a (véase la figura 1).
- Esta última solución ofrece la ventaja tanto de reducir el consumo de nitrógeno líquido por parte de la unidad criogénica 3; 3a (puesto que el gas a purificar tiene una temperatura más baja y un contenido de agua más bajo) como la de mejorar la eficiencia del proceso de extracción en la columna 2, reduciendo también la cantidad de calor que posiblemente se aplicará al agua a purificar (ya que el nitrógeno introducido en la columna de extracción se encuentra a una temperatura más elevada).
- 10 Haciendo referencia ahora a la figura 1, el dispositivo 1 comprende una columna de extracción 2, que está diseñada para la desorción continua de gas de los compuestos orgánicos volátiles contenidos en el agua a purificar.
- La columna de extracción 2 está conectada: a una línea de entrada 21 para agua a purificar, a una línea de salida 22 para agua purificada, a una línea de entrada 23 para gas de extracción y a una línea de salida 24 para gas de extracción (que está saturado con agua y contiene compuestos orgánicos volátiles).
- 20 La línea de entrada 23 para gas de extracción se encuentra en la base de la columna 2, mientras que la línea de salida 24 para gas de extracción se encuentra situada en la parte superior de la columna 2.
- En la columna de extracción 2, se transfieren compuestos orgánicos volátiles por desorción de la fase líquida descendente a la fase gaseosa ascendente.
- 25 Para facilitar la desorción de compuestos orgánicos volátiles, se dispone una bomba de vacío 4 curso abajo de la línea de salida 24 para el gas de extracción, estando conectada dicha bomba en el lado de succión a la línea de salida de gas 24 de la columna de extracción 2.
- 30 El grado de vacío requerido puede variar de acuerdo con la naturaleza de los compuestos orgánicos volátiles a recuperar.
- Para la recuperación de dicloroetano, la presión del gas en la salida de la columna de extracción se reduce a 50 mbar o menos.
- 35 Para facilitar todavía más la desorción de compuestos orgánicos volátiles, la temperatura del agua a purificar puede aumentarse algunos grados centígrados.
- 40 Para este fin, puede disponerse un intercambiador de calor 28a que sea alimentado por una línea de suministro de fluido caliente 28 (por ejemplo, vapor).
- El agua a purificar también puede calentarse por otros medios, tales como una resistencia eléctrica.
- 45 Para minimizar el consumo de energía asociado a dicho calentamiento débil, una parte del calor puede recuperarse por intercambio de calor a contracorriente, en un segundo intercambiador 28b, entre la corriente de agua purificada 22 que sale del fondo de la columna 2 y la corriente del agua a purificar 21 que se introduce en la columna.
- 50 Curso abajo de la bomba de vacío 4 se dispone una unidad de condensación criogénica 2.
- La unidad de condensación criogénica 3 está conectada a: una línea de entrada 31 para el gas a purificar (suministrado por la bomba de vacío 4), una línea de salida 32 para el gas purificado, una línea de entrada 33 para refrigerante y una línea de salida 34 para refrigerante.
- 55 En la unidad de condensación criogénica 3, la corriente de gas que fluye desde la bomba 4 y se suministra a través de la línea de entrada 31 se enfría por intercambio de calor indirecto, lo que proporcionará la separación de los compuestos orgánicos volátiles por condensación y solidificación.
- 60 Los compuestos contaminantes separados en la unidad de condensación criogénica 3 se descargan en estado líquido a través de una línea de descarga 35 y se recogen en un depósito 7, para su adecuada destrucción o eliminación posterior.

ES 2 880 604 T3

- La línea de salida 34 para el refrigerante fluido se comunica con la línea de entrada 23 para el gas de extracción, para suministrar por lo menos parcialmente a la columna de extracción 2.
- 5 El funcionamiento de la planta requiere un depósito de nitrógeno líquido 6 para suministrar a la línea de entrada de refrigerante 33 en la unidad de condensación criogénica 3, 3a.
- Los vapores de los compuestos contaminantes se enfrían progresivamente hasta la condensación y solidificación de las últimas cantidades de los mismos en el condensador criogénico 3, para su separación de la fase gaseosa.
- 10 La corriente de gas purificado que sale de la línea 32 de la unidad de condensación criogénica 3 se purifica así de compuestos contaminantes de acuerdo con límites legales.
- Una característica del dispositivo para recuperar compuestos orgánicos volátiles de agua contaminada es que por lo menos parte del fluido refrigerante evaporado se utiliza como gas de extracción.
- 15 Esta disposición reducirá los costes de descontaminación de las aguas subterráneas.
- El fluido criogénico que se utiliza para enfriar la unidad criogénica 3 es nitrógeno líquido.
- 20 El uso de nitrógeno líquido permite que la unidad criogénica 3 funcione a temperaturas cercanas al punto de ebullición del nitrógeno líquido (- 196 °C).
- Esto permitirá una solidificación sin problemas de los contaminantes orgánicos volátiles originalmente contenidos en la corriente 24 que sale de la columna de extracción 2 hasta las últimas trazas.
- 25 El nitrógeno evaporado que sale de la línea de salida se introduce por lo menos parcialmente en la columna 2 como gas de extracción a través de la línea de entrada 23.
- Entre la bomba de vacío 4 y la línea de entrada 31 a la unidad de condensación criogénica 3 se dispone un intercambiador de calor 80 que tiene gas nitrógeno suministrado a contracorriente desde la línea de salida 34 para el refrigerante de la unidad de condensación criogénica 3.
- 30 A medida que se enfría la corriente de gas de la bomba de vacío 4, el agua contenida en la corriente se condensa parcialmente.
- 35 El agua condensada, que está contaminada, se vuelve a introducir en el circuito de purificación de aguas subterráneas a través de una línea 21a.
- La presencia del condensador 80 reduce el consumo de nitrógeno requerido para el funcionamiento de la unidad de condensación criogénica 3.
- 40 En la figura 2, la columna de extracción 2 se complementa en su parte superior por una sección de destilación de reflujo interno 25 que opera en condiciones de alto vacío siempre que se utilice la bomba de vacío 4.
- 45 La sección de destilación 25 consiste en un empaque estructurado, que es enfriado por una línea de entrada de agua superior 26, con agua que fluye hacia fuera a través de una línea de salida inferior 27, asegurando dicho empaque un fraccionamiento más fuerte del contaminante orgánico de la corriente de gas que fluye hacia fuera de la sección de columna subyacente.
- 50 Esto reducirá la cantidad total de agua contenida en la corriente de gas que sale de la línea de salida 24 de la columna 2 y, en consecuencia, reducirá la energía criogénica utilizada en la unidad criogénica 3, además de aumentar la posibilidad de utilizar los compuestos contaminantes recogidos en el depósito 7.
- En el ejemplo que se muestra en la figura 2, la energía térmica requerida para el funcionamiento de la sección de destilación 25 la proporciona una fuente de calor (por ejemplo, una fuente de vapor o una resistencia eléctrica) al agua contaminada suministrada a la columna 2.
- 55 El agua contaminada suministrada a la columna de extracción 2 se calienta a la temperatura requerida por el intercambiador de calor 28a (externo a la columna de extracción) al cual se le suministra vapor a través de una línea de suministro de vapor 28.
- 60

Con el fin de aumentar la eficiencia energética del dispositivo 1, se dispone un segundo intercambiador de calor 28b (externo a la columna de extracción), para recuperar por lo menos parcialmente el calor del agua purificada que sale de la línea de salida 22.

5 Puede proporcionarse posiblemente energía térmica adicional mediante un tercer intercambiador de calor 28c (interno a la columna de extracción en una posición intermedia o en la parte inferior, tal como se muestra) al cual se le suministra vapor a través de la línea de suministro de vapor 28.

En la figura 3, la bomba de vacío 4 es una bomba de anillo líquido.

10 En este caso, la bomba 4 está conectada a una línea de entrada de agua 29 y una línea de salida de agua 28.

La corriente de agua suministrada a la línea de entrada 29 puede extraerse de la línea de entrada 21 para el agua a purificar, que se introduce en la columna de extracción 2.

15 El agua descargada a través de la línea de salida 28 también se introduce en la columna de extracción 2.

La realización de la figura 3 también puede proporcionar medios (no mostrados) para calentar el agua a purificar y recuperar calor del agua purificada, como en el ejemplo de las figuras 1 y 2.

20 Al igual que en la figura 2, en la realización de la figura 3, la columna de extracción 3 puede complementarse en su parte superior con una sección de destilación de reflujo interno 25 que funciona en condiciones de alto vacío siempre que se utilice la bomba de vacío 4.

25 Como en la figura 1, la corriente de gas que sale de la bomba de vacío 4 puede enfriarse antes de ser reintroducida en la unidad de condensación criogénica 3 (no mostrada).

En la realización de acuerdo con la invención que se muestra en la figura 4, la corriente de gas que sale de la bomba de vacío 4, que contiene los compuestos contaminantes, se introduce en una unidad de adsorción de resina 5.

30 Preferiblemente, la unidad de adsorción 5 comprende por lo menos dos lechos absorbentes fijos que funcionan alternativamente 5a, 5b.

35 Tal como se describe más claramente a continuación, para el proceso de purificación de la corriente de gas que sale de la bomba de vacío 4 se utiliza un lecho de resina 5a, mientras que el otro lecho de resina 5b experimenta regeneración de resina.

40 En una posible realización, la unidad de adsorción 5 utiliza, como adsorbentes, resinas macroporosas de estireno-divinilbenceno, que son altamente hidrófobas, de modo que solamente se retienen cuantitativamente los compuestos orgánicos, mientras que la corriente de gas purificado contiene el agua extraída de la columna 2 y puede reintroducirse en el medio ambiente (a través de la línea 51).

45 La unidad de adsorción 5 está conectada: a una línea de entrada 31 para gas a purificar (conectada al lado de suministro de la bomba de vacío 4), y a una línea de salida 51 para gas purificado, para la descarga de gas a la atmósfera.

Una vez que se agota la capacidad de adsorción de un lecho de resina, el lecho puede regenerarse mediante un circuito de regeneración especial, con un flujo caliente de gas de regeneración (nitrógeno) circulando en el mismo.

50 Para este fin, la unidad de adsorción 5 comprende una línea de entrada 53 para gas de regeneración y una línea de salida 54 para gas de regeneración, conteniendo este último los contaminantes desorbidos y sustancialmente nada de agua.

55 En la realización ilustrada, el circuito de regeneración comprende una unidad criogénica 3a conectada a: una línea de entrada 31a para gas de regeneración, una línea de salida 32a para gas de regeneración, una línea de entrada 33 para refrigerante y una línea de salida para refrigerante.

60 El nitrógeno que sale de la línea de salida 32a está libre de compuestos contaminantes y parte de éste se introduce en la atmósfera (a través de la línea 32b), mientras que la parte restante se recicla para la unidad de adsorción 5 a través de la línea de entrada 53.

Curso arriba de la línea de entrada 51 se dispone un ventilador 73 y un intercambiador de calor 71, alimentados con vapor u otro medio de calentamiento, para permitir que el gas de regeneración llegue a la unidad de adsorción 5 con un caudal adecuado y a una temperatura efectiva para la desorción de resina.

5 La línea de entrada 31a que conduce a la unidad criogénica 3a está conectada a la línea de salida 54 de gas de regeneración a través de un segundo intercambiador de calor 72, que tiene como finalidad enfriar previamente el gas de regeneración antes de que entre en la unidad criogénica 3a.

10 En la realización de la figura 4, el refrigerante que se introduce en la unidad criogénica 3a es nitrógeno líquido, que proviene de un depósito 6 y se introduce a través de la línea de entrada 33.

15 El gas nitrógeno sale de la línea de salida 34; por lo menos parte de la corriente de gas nitrógeno que sale de la línea de salida 34 se utiliza para alimentar la columna de extracción 2 (a través de la línea 23) y para complementar parcialmente (a través de la línea 57) el circuito de regeneración de la unidad de adsorción 5.

Los contaminantes desorbidos por la unidad de adsorción 5 y después condensados en la unidad de condensación criogénica 3a se recogen en un depósito 7 y después se recuperan para su reutilización o destrucción.

20 La realización de la figura 4 también puede proporcionar intercambiadores de calor (no mostrados) para calentar el agua a purificar y recuperar calor del agua purificada, como en el ejemplo de la figura 2.

25 Como en la figura 2, también en la realización de la figura 4, la columna de extracción 3 puede complementarse en su parte superior con una sección de destilación de reflujo interno 25 que funcione en condiciones de alto vacío siempre que se utilice la bomba de vacío 4 (no mostrada).

Como en la figura 1, la corriente de gas que sale de la bomba de vacío 4 puede enfriarse antes de volverse a introducir en la unidad de condensación criogénica 3 (no mostrada).

30 Los dispositivos de las figuras 1, 2 y 3 pueden utilizarse para implementar un proceso de eliminación de compuestos orgánicos volátiles del agua contaminada, que comprende las etapas de:

a) extracción al vacío de una corriente de agua contaminada (posiblemente precalentada) para obtener un gas de extracción saturado de agua, enriquecido con compuestos orgánicos volátiles eliminados del agua contaminada;

35 b) enfriamiento progresivo de la salida de gas de extracción saturado de agua, enriquecido con compuestos orgánicos volátiles por transferencia de calor indirecta, alcanzando dicha etapa de enfriamiento progresivo una temperatura por debajo de la temperatura de solidificación de los compuestos orgánicos volátiles a recuperar, produciéndose dicha etapa de enfriamiento por evaporación de un gas licuado (por ejemplo, nitrógeno líquido);

40 c) utilización de por lo menos parte del gas licuado evaporado como gas de extracción.

45 Con el dispositivo de acuerdo con la invención de la figura 4, el proceso de eliminación de compuestos orgánicos volátiles del proceso contaminado comprende, antes del enfriamiento criogénico, la etapa adicional de: transferir los compuestos orgánicos volátiles de la primera corriente de gas saturada de agua a una segunda corriente de gas sustancialmente libre de agua.

50 Los compuestos orgánicos volátiles se transfieren de la primera a la segunda corriente de gas utilizando lechos de adsorción realizados en resinas macroporosas hidrófobas que sólo retienen compuestos orgánicos y no agua, de modo que la corriente purificada de los compuestos contaminantes volátiles puede volverse a introducir en la atmósfera.

Las resinas macroporosas almacenan temporalmente los compuestos orgánicos volátiles eliminados de la corriente de gas saturada de agua hasta la saturación.

55 Los lechos de resina se regeneran por desorción en caliente de compuestos orgánicos volátiles, utilizando para este fin parte del gas nitrógeno producido durante el enfriamiento criogénico.

La regeneración de resinas hidrófobas se produce mediante la circulación de gas (nitrógeno) en circuito cerrado entre el lecho de adsorción a regenerar y la unidad de condensación criogénica.

60 Para ello, la corriente de gas se calienta para alcanzar temperaturas efectivas para la desorción de compuestos orgánicos volátiles, después se enfría previamente y finalmente se enfría a temperaturas criogénicas para la separación cuantitativa de los compuestos orgánicos volátiles de la corriente de gas y la recogida de los mismos.

ES 2 880 604 T3

Esto minimizará el consumo de energía criogénica, ya que el agua contenida en la corriente contaminada original no llega a la unidad de condensación criogénica 3a.

Ejemplo de funcionamiento del dispositivo (realización de la figura 1)

5 En la parte superior de la columna de extracción 2 se introduce una corriente de agua subterránea 21, contaminada con 1,2-dicloroetano, que tiene las siguientes propiedades:

caudal de agua	23.000 l / hora
presión	1,013 bar
temperatura	10•
caudal de contaminante	1,15 kg/h

10 que se mantiene a una presión de 0,05 bar, mediante la bomba de vacío 4.

En la base de la misma columna desde la unidad de condensación criogénica 3 se introduce una corriente de gas nitrógeno 23 que tiene las siguientes propiedades:

caudal de gas	20 Nm ³ / h
presión	2,0 bar
temperatura	20•

15 La cabeza de la columna 2 suministra un flujo 24 que tiene las siguientes características:

caudal de agua	5,3 kg/h
caudal de 1,2-dicloroetano	1,046 kg/h
caudal de nitrógeno	24,99 kg/h
presión	0,05 bar
temperatura	10,03•

20 y el fondo suministra una corriente 22 de agua purificada que tiene las siguientes características:

caudal de agua	22,994 kg/h
caudal de dicloroetano	0,1035 kg/h
presión	0,05 bar
temperatura	9,93 •

La concentración de contaminantes en el agua subterránea así tratada se reduce a 0,45 mg/l.

25 El proceso de purificación de agua subterránea descrito anteriormente lo permiten las condiciones de funcionamiento que se obtienen con el dispositivo ilustrado que dispone, además de la columna de extracción 2, el uso de una unidad de condensación criogénica 3 para purificar la corriente de gas 24 que sale del cabezal de dicha columna. De este modo, la corriente de gas 24 aspirada por la bomba de vacío 4 se envía posteriormente a la unidad de condensación criogénica 3 en la cual, a medida que entra desde el fondo, se enfría por intercambio de calor indirecto a contracorriente de una corriente de nitrógeno líquido 33 que gasifica y se utiliza como gas de extracción 23 en la columna de extracción 2. En la unidad de condensación criogénica 3, la corriente suministrada 30 31 se enfría a temperaturas progresivamente decrecientes mediante intercambio de calor indirecto a contracorriente, por lo menos a -105 °C, para obtener una primera condensación y después una solidificación casi total del 1,2-dicloroetano (punto de fusión - 35,3 °C). La corriente de gas final 32 que sale de la unidad criogénica 3 puede introducirse a la atmósfera puesto que sólo contiene trazas de 1,2-dicloroetano (concentración inferior a 5 mg/Nm³ en 20 Nm³/ h de flujo total). Dado que en la unidad de condensación criogénica 3 se forma y se acumula hielo y 35 dicloroetano sólido, esta última se configura como una doble línea, para permitir regeneración por descongelación, con recogida de líquido (corriente 35) en el depósito 6, donde se forman dos fases inmiscibles. El dicloroetano así separado se recoge para una eliminación adecuada.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) de eliminación continua de compuestos orgánicos volátiles en aguas contaminadas, que comprende:

5 a) una columna de extracción que funciona a contracorriente (2) para desorción de los compuestos orgánicos volátiles del agua a purificar, comprendiendo dicha columna de extracción

- 10 - una línea de entrada (21) para agua a purificar;
 - una línea de salida (22) para agua purificada;
 - una línea de entrada (23) para gas de extracción, siendo dicho gas de extracción nitrógeno;
 - una línea de salida (24) para gas de extracción;

15 b) medios (3; 3a, 5) para separar los compuestos volátiles del gas de extracción que sale de dicha columna de extracción (2);

caracterizado por el hecho de que comprende

20 c) una bomba de vacío (4) conectada en el lado de succión a dicha línea de salida (24) para gas de extracción y conectada en el lado de suministro a dichos medios (3; 3a, 5) para separar los compuestos volátiles de un gas; y por el hecho de que

25 d) dichos medios (3; 3a, 5) para separar los compuestos volátiles del gas de extracción que sale de dicha columna de extracción (2) comprenden una unidad de adsorción (5), utilizando lechos de adsorción realizados en resinas macroporosas hidrofóbicas, comprendiendo la citada unidad de adsorción:

- 30 - una línea de entrada (31) para gas a purificar, conectada al lado de suministro de dicha bomba de vacío (4);
 - una línea de salida (51) para gas purificado;
 - una línea de entrada (53) para gas de regeneración; y
 - una línea de salida (54) para gas de regeneración;

comprendiendo también dicho dispositivo (1)

35 e) una unidad de condensación criogénica (3a), comprendiendo la citada unidad de condensación criogénica (3):

- 40 - una línea de entrada (31a) para gas de regeneración a purificar, estando conectada dicha línea de entrada (31a) de la citada unidad criogénica (3a) a dicha línea de salida (54) para gas de regeneración;
 - una línea de salida (32a) para gas de regeneración purificado, estando conectada dicha línea de salida (32a) de la citada unidad criogénica (3a) a dicha línea de entrada (53) para gas de regeneración;
 - una línea de entrada (33) para refrigerante;
 - una línea de salida (34) para refrigerante;
 - una línea de descarga (35) para compuestos condensados;

45 en el que se disponen medios (71) para calentar dicho gas de regeneración antes de que entre en la citada unidad de adsorción (5) y se disponen medios (72) para enfriar dicho gas de regeneración antes de que entre en la citada unidad criogénica (3a), y se dispone un ventilador (73) para crear una corriente de gas de regeneración; y en el que

50 f) dicha línea de salida (34) para refrigerante fluido de la citada unidad de condensación criogénica (3) se comunica con dicha línea de entrada (23) para gas de extracción, para suministrar a dicha columna de extracción (2).

55 2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que comprende un depósito de nitrógeno líquido (6) para suministrar a dicha línea de entrada de refrigerante (33) de la citada unidad de condensación criogénica (3).

60 3. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que dicha bomba de vacío (4) es una bomba de anillo líquido (4), y en el que a dicha bomba de anillo líquido (4) se le suministra agua extraída de la línea de entrada (21) para el agua a purificar y en el que el agua que sale de dicha bomba (4) es transportada a dicha columna de extracción (2).

4. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que dicha columna de extracción (2) se complementa en su parte superior por una sección de destilación de reflujo interno (25), y en el que se dispone un primer intercambiador de calor (28a) para calentar el agua contaminada suministrada a la columna de extracción (2), y en el que se dispone un segundo intercambiador de calor (28b) para recuperar calor del agua purificada que sale de la columna de extracción (2).
5. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que se dispone por lo menos un intercambiador de calor (80) para enfriar la corriente que fluye desde dicha bomba de vacío (4), teniendo dicho intercambiador de calor (80) nitrógeno suministrado al mismo desde dicha salida (34) de la citada unidad criogénica (3; 3a).
6. Proceso (1) de eliminación continua de compuestos volátiles en agua contaminada, que comprende las etapas de:
- 15 a) extracción al vacío de una corriente de agua contaminada mediante suministro continuo a contracorriente de gas nitrógeno, para obtener una primera corriente de gas saturado de agua, que contiene compuestos orgánicos volátiles extraídos del agua contaminada;
 - b) transferir dichos compuestos volátiles de dicha primera corriente de gas saturada con agua a una segunda corriente de gas sustancialmente libre de agua
 - 20 c) enfriar dicha corriente de gas que contiene compuestos orgánicos volátiles, por transferencia de calor indirecta, produciéndose dicha etapa de enfriamiento a una temperatura por debajo de la temperatura de solidificación del compuesto orgánico volátil, produciéndose dicha etapa de enfriamiento por evaporación de un gas licuado;
 - 25 d) utilizar por lo menos parte de dicho gas licuado evaporado, empleado para enfriar dicha corriente de gas que contiene compuestos orgánicos volátiles, como gas de extracción
- en el que dicha transferencia de dicha primera corriente de gas a dicha segunda corriente de gas se produce mediante almacenamiento intermedio en resinas macroporosas hidrófobas.

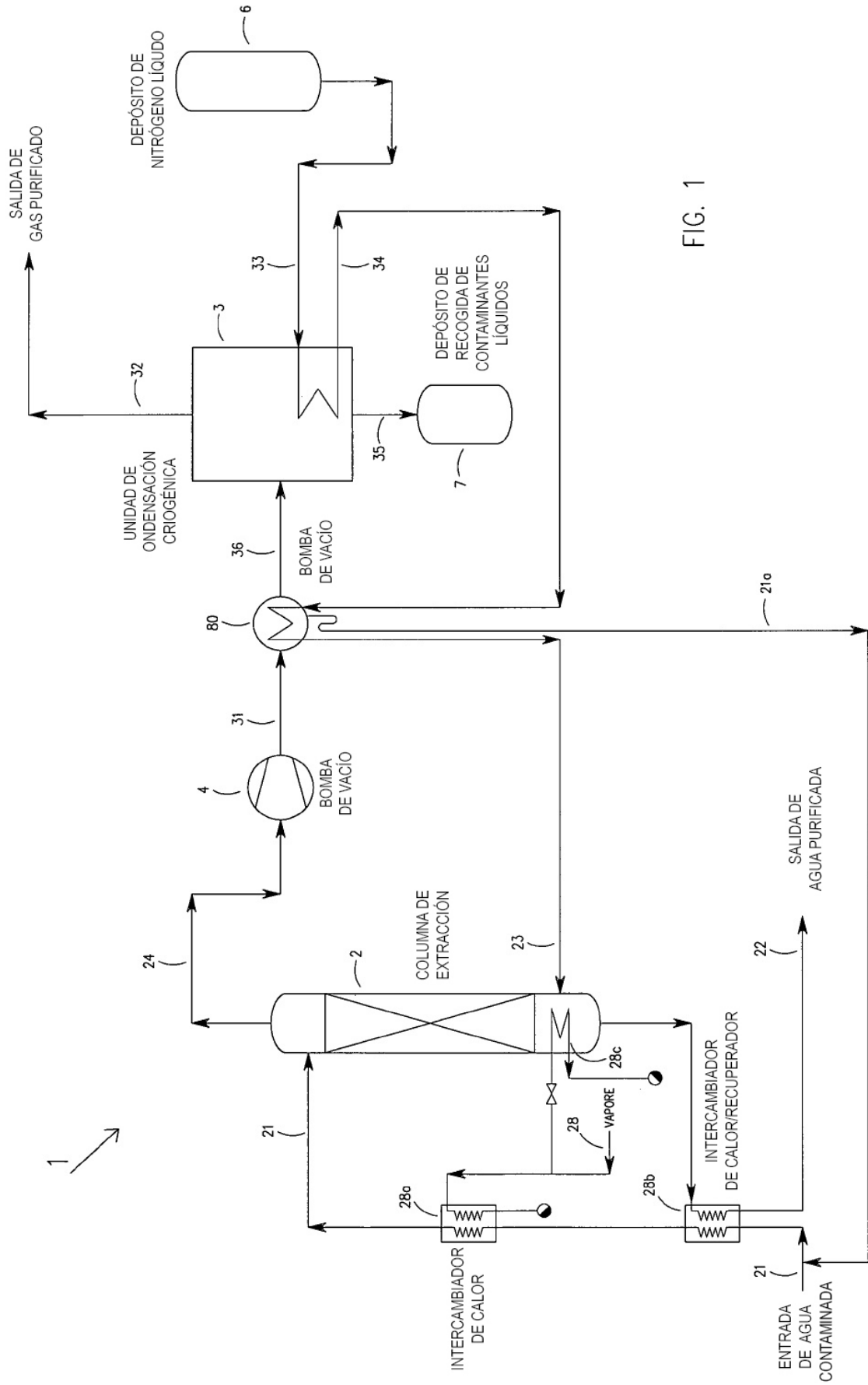


FIG. 1

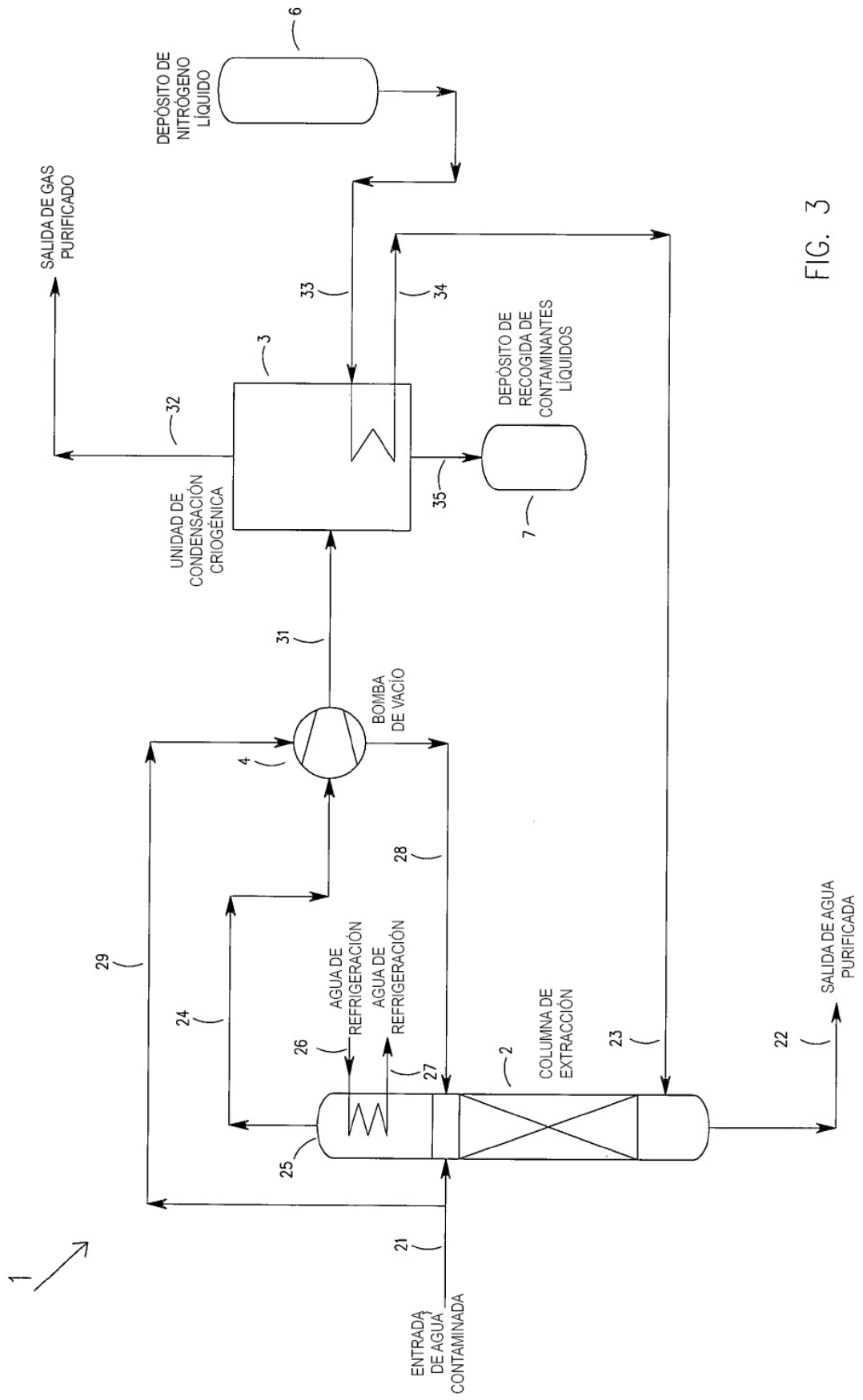


FIG. 3

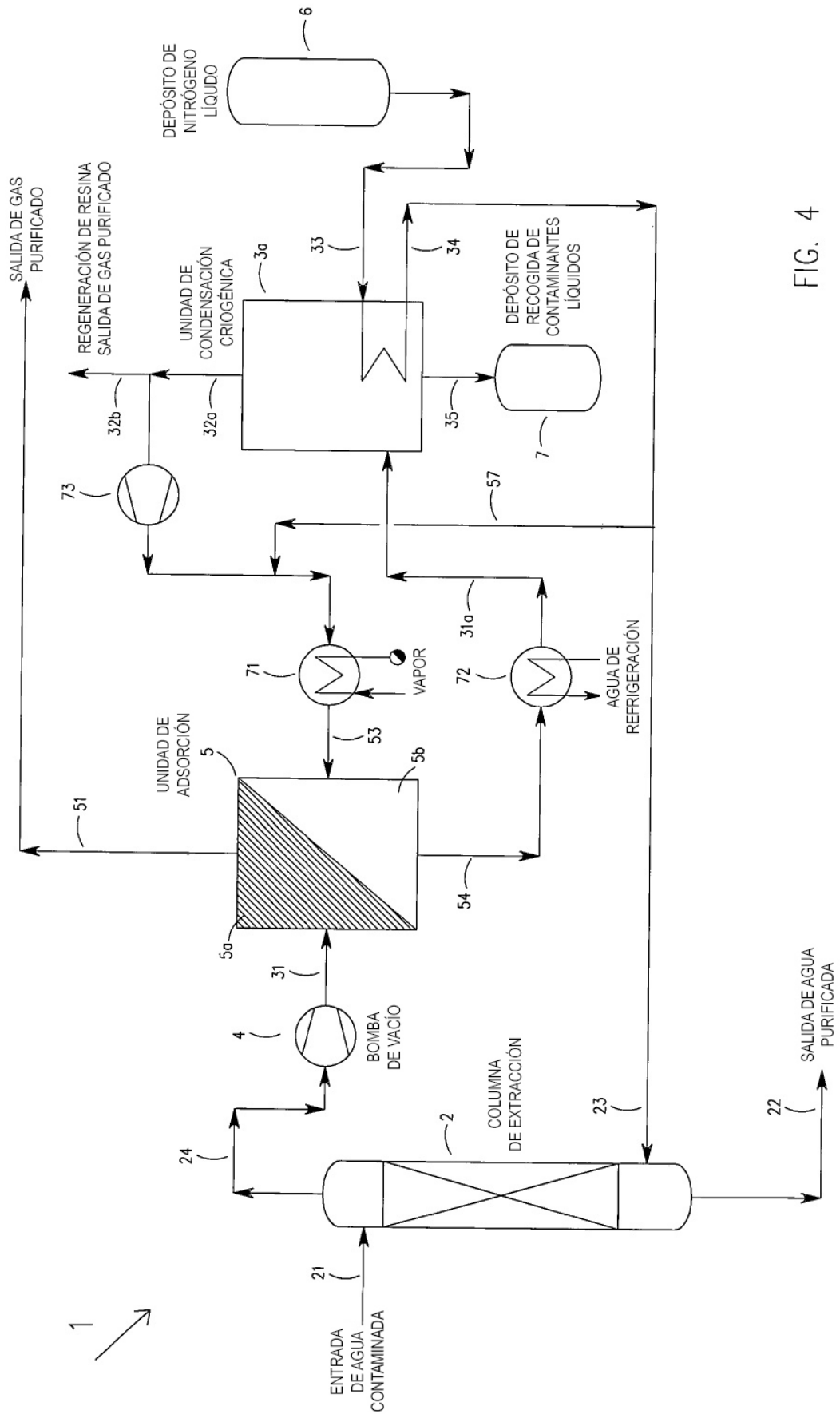


FIG. 4

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.

Documentos de patentes citados en la descripción

- WO 2004103515 A [0013]
- WO 2004103513 A [0018] [0020]
- EP 2471746 B1 [0021]
- EP 0513704 A [0036]