

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 370**

51 Int. Cl.:  
**B01D 53/047** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08155886 .8**  
96 Fecha de presentación: **08.05.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1992396**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.11.2008**

54 Título: **SISTEMA DE SEPARACIÓN DE GAS TRANSPORTADO EN CONTENEDOR CERRADO.**

30 Prioridad:  
**15.05.2007 US 938099 P**  
**25.01.2008 US 20167**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**30.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**30.12.2011**

73 Titular/es:  
**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC.**  
**7201 HAMILTON BOULEVARD**  
**ALLENTOWN, PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:  
**Rarig, David Lester;**  
**Whitley, Roger Dean;**  
**Labuda, Matthew James;**  
**Occhialini, James Michael;**  
**Lievre, Kevin Alan y**  
**Yankovoy, Michael S.**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

**ES 2 371 370 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

Sistema de separación de gas transportado en contenedor cerrado

5 **Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

La presente solicitud reivindica prioridad con respecto a la Solicitud Provisional de EE.UU. de N°. de Serie 60/938099 expedida el 15 de Mayo de 2007.

10 **Antecedentes de la invención**

Los sistemas de separación de gases para la producción de gases industriales varían en cuanto a tamaño desde sistemas in situ de gran tamaño contruidos ensamblando componentes fabricados previamente en la planta hasta sistemas transportables de menor tamaño que se fabrican comercialmente sobre rastras, son transportados hasta el punto de operación e instalados en dicho punto. Esos sistemas móviles también se pueden mover de un sitio a otro según cambien los requisitos del cliente. Los sistemas de adsorción oscilante por presión (PSA) son susceptibles de diseños portátiles de plantas de menor tamaño que se pueden usar, por ejemplo, en la separación de aire para la producción de oxígeno o nitrógeno en intervalos de producto típicos de hasta aproximadamente 50 toneladas al día. Los componentes de los sistemas PSA se pueden montar comercialmente sobre rastras con marco de acero y son transportados junto con otros componentes hasta el punto para en ensamblaje final y la puesta en servicio. Las dimensiones de la rastra y de los componentes se deben ajustar a las dimensiones estándar de los camiones y trailer carreteros para su transporte hasta el punto de instalación.

La estandarización de las dimensiones de las plantas portátiles para separación de gases que incluyen los sistemas PSA resulta deseable por motivos económicos y de marketing. Además, resulta deseable maximizar las capacidades del producto de los sistemas portátiles de separación de gases con respecto a las dimensiones estándar de los sistemas de transporte actualmente existentes. Resulta necesario en la técnica desarrollar sistemas portátiles de separación de gases que tengan mejores características de coste, marketing y transporte. Esta necesidad queda cubierta por medio de las realizaciones de la invención descritas a continuación y definida por medio de las reivindicaciones siguientes.

El documento de EE.UU. 2006/0278359 A1 D1 divulga métodos y sistemas de evitar el fuego en minas de carbón, suministrando un fluido inerte al pozo, evitando reacciones en el contenedor de carga por vía marítima e inyectando un fluido inerte en el interior de un conducto o un contenedor a presión. Desde el punto de vista de la preocupación que supone evitar o eliminar situaciones peligrosas que podrían darse debido a la presencia de oxígeno se sugiere operar un motor de combustión de combustible y aire de manera que se generen gases de escape y dirigir dichos gases de escape o una parte de los mismos a través de un dispositivo de separación con el fin de separar el fluido inerte de los otros fluidos y adsorber el oxígeno, con el objetivo de que el fluido inerte pueda ser dirigido al punto respectivo para evitar el fuego y similares. Se divulga un sistema PSA como opción, entre otras, para separar el oxígeno residual del gas de escape de combustión con el fin de proporcionar el fluido inerte.

El documento de WO 2006/018558 A1 divulga un contenedor ISO que presenta dos dispositivos de separación instalados en su interior, concretamente un dispositivo de adsorción A<sub>1</sub> de tipo-PSA para adsorber nitrógeno y un segundo dispositivo de adsorción A<sub>2</sub> para adsorber argón residual del gas de oxígeno enriquecido suministrado por el primer dispositivo de adsorción A<sub>1</sub>. El sistema transportado en contenedor cerrado comprende un tanque de tampón de oxígeno colocado en un bucle cerrado de contenedor interno que se acopla a los dos dispositivos de adsorción por medio de un tercer dispositivo de adsorción y el tanque de tampón. El gas de producto del sistema transportado en contenedor cerrado es suministrado desde el contenedor de forma directa por medio de un compresor de oxígeno.

Los sistemas de separación transportados en contenedor cerrado se conocen más a partir del documento de EE.UU. 6.436.175 B1, documento de EE.UU. 2005/0056661 A1 y el documento WO 2006/128470 A2.

En la técnica general de PSA, se usan válvulas rotatorias de multi-puerto para conmutar entre los extremos de alimentación y/o los extremos de producto de lechos adsorbentes múltiples, como se ejemplifica en el documento EP 0 525 521 A1, EE.UU. RE38.493 E y EE.UU. 6.936.091 B2. Por lo que respecta a la descripción de válvulas rotatorias indexadas, es decir válvulas que únicamente rotan de forma intermitente, la rotación por etapas es creada por medio de un engranaje Génova o similar.

60 **Breve resumen de la invención**

La invención se refiere a un sistema de separación de gases que comprende (a) un contenedor que tiene un interior, un exterior y un volumen exterior definido por las dimensiones exteriores del contenedor y (b) un sistema de adsorción oscilante por presión instalado en el interior del contenedor y adaptado para recuperar un gas producto de

la mezcla de gas de alimentación, estando adaptado el sistema de adsorción oscilante de presión para suministrar el gas de producto a un caudal de gas de producto, en el que la proporción del volumen exterior del contenedor con respecto al caudal de gas de producto es menor que aproximadamente  $60 \text{ m}^3$  (2000 pie<sup>3</sup>)/(tonelada por día).

5 El sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado comprende uno o más contenedores ISO, presentando cada contenedor ISO instalado en su interior uno o más componentes de un sistema oscilante de presión que se escoge entre el grupo formado por

10 (a) dos o más recipientes, presentando cada recipiente un extremo de alimentación, un extremo de producto y un material adsorbente adaptado para adsorber nitrógeno de forma selectiva desde la mezcla de gas de alimentación que es aire para proporcionar un gas producto;

(b) un tanque de almacenamiento de gas producto;

15 (c) un dispositivo de soplado de alimentación adaptado para introducir la mezcla de gas de alimentación en el interior de los extremos de alimentación de los recipientes y un accionador del dispositivo de soplado de alimentación;

20 (d) un dispositivo de soplado a vacío adaptado para extraer el gas residual de los extremos de producto de los recipientes y un accionador del dispositivo de soplado a vacío; y

(e) una válvula multi-puerto rotatoria indexada para poner el extremo de producto de cada recipiente en comunicación de flujo secuencial con el extremo de producto de cada uno de los otros recipientes.

25 Una realización de la invención incluye un sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado que comprende un contenedor ISO que tiene instalado en su interior un sistema de adsorción oscilante de presión adaptado para separar aire con el fin de proporcionar un gas de producto que contiene oxígeno y que tiene una composición de al menos 80 % en volumen de oxígeno, en el que el sistema de adsorción oscilante de presión comprende

30 (a) cuatro recipientes, presentando cada uno un extremo de alimentación, un extremo de producto y un material adsorbente adaptado para adsorber nitrógeno de forma selectiva procedente del aire con el fin de proporcionar un producto que contiene oxígeno con un caudal de gas de producto igual o menor que el caudal de diseño del gas de producto;

35 (b) un tanque de almacenamiento de gas de producto;

(c) un dispositivo de soplado de alimentación adaptado para introducir aire en el interior de los extremos de alimentación de los recipientes y un accionador del dispositivo de soplado de alimentación;

40 (d) un dispositivo de soplado de vacío adaptado para extraer gas residual de los extremos de producto de los recipientes y un accionador de dispositivo de soplado a vacío

45 (e) una válvula multi-puerto rotatoria indexada para poner el extremo de producto de cada recipiente en comunicación de flujo secuencial con el extremo de producto de cada uno de los otros recipientes.

La invención también incluye un método para la recuperación de un gas de producto que contiene oxígeno a partir de una mezcla de gas de alimentación que es aire, comprendiendo el método

50 (a) proporcionar un sistema de separación de gases que comprende un contenedor ISO que presenta instalado en su interior un sistema de adsorción oscilante de presión que comprende

55 (1) dos o más recipientes, presentando cada recipiente un extremo de alimentación, un extremo de producto y un material adsorbente adaptado para adsorber nitrógeno de forma selectiva desde la mezcla de gas de alimentación para proporcionar el gas producto con un caudal de gas producto;

(2) un tanque de almacenamiento de gas producto;

60 (3) un dispositivo de soplado de alimentación adaptado para introducir la mezcla de gas de alimentación en el interior de los extremos de alimentación de los recipientes y un accionador del dispositivo de soplado de alimentación;

(4) un dispositivo de soplado a vacío adaptado para extraer el gas residual de los extremos de producto de los recipientes y un accionador del dispositivo de soplado a vacío; y

65 (5) una válvula multi-puerto rotatoria indexada para poner el extremo de producto de cada recipiente

en comunicación de flujo secuencial con el extremo de producto de cada uno de los otros recipientes;

(b) introducir la mezcla de gas de alimentación en el interior de un primer recipiente y extraer el gas de producto del primer recipiente con un caudal de gas de producto;

(c) despresurizar el primer recipiente extrayendo el gas de despresurizado del extremo de producto del recipiente y transferir el gas de despresurizado al extremo de producto de otro recipiente por medio de la válvula de producto multi-puerto rotatoria indexada mientras que la válvula de producto multi-puerto rotatoria indexada se encuentra en una primera posición rotacional indexada;

(d) extraer el gas residual del extremo de alimentación del primer recipiente;

(e) presurizar el primer recipiente introduciendo en el interior del extremo de producto del recipiente un gas de despresurizado proporcionado desde otro recipiente que está experimentando la etapa (c), en el que el gas es transferido por medio de la válvula de producto multi-puerto rotatoria indexada, al tiempo que la válvula de producto multi-puerto rotatoria indexada se encuentra en una segunda posición rotacional indexada y

(f) repetir las etapas (b) a (e) de manera cíclica.

Otra realización de la invención se refiere a un método para la instalación de un sistema de adsorción oscilante de presión a un punto de operación que comprende

(a) ensamblar el sistema de adsorción oscilante de presión transportado en contenedor cerrado en el punto de ensamblaje.

(b) transportar el sistema de adsorción oscilante de presión transportando en contenedor cerrado desde el punto de ensamblaje al punto de operación; y

(c) descargar el sistema de adsorción oscilante de presión transportando en contenedor cerrado y colocarlo en el punto de operación, conectar los servicios al sistema e instalar las tuberías adaptadas para proporcionar el gas de producto al consumidor de gas.

#### Breve descripción de las distintas vistas de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de proceso esquemático de un sistema de separación de gases de adsorción oscilante de presión de cuatro lechos.

La Figura 2 es un diagrama de proceso esquemático de un sistema de separación de gases de adsorción oscilante de presión de cuatro lechos usado en una realización de la presente invención.

La Figura 3 es una vista superior esquemática de un sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado que utiliza el proceso de la Figura 2.

Estos dibujos ilustran las realizaciones de la invención, no necesariamente están a escala, y no significa que limiten estas realizaciones a ninguna de las características mostradas en el presente documento.

#### Descripción detallada de la invención

Las realizaciones de la presente invención van destinadas a sistemas portátiles de separación de gases, concretamente a sistemas PSA, en los que los componentes del sistema se encuentran instalados en contenedores para transporte. Estos contenedores para transporte son contenedores estándar que presentan diseños y dimensiones definidas por la International Organization for Standardization (ISO). Los sistemas PSA descritos en el presente documento están diseñados para minimizar la proporción de volumen del contenedor en la que están instalados los componentes del sistema con respecto a la capacidad de producción de gas del sistema. La instalación de todos los componentes en el interior de contenedores estandarizados de acuerdo con las realizaciones de la invención proporciona sistemas de separación de gases, transportables, autónomos, modulares y llave en mano.

La invención va destinada a un sistema de separación de gases transportado en el interior de un contenedor cerrado que comprende (a) un contenedor que tiene un interior, un exterior y un volumen exterior definido por medio de las dimensiones exteriores del contenedor y (b) un sistema de adsorción oscilante de presión (PSA) instalado en el interior del contenedor y adaptado para recuperar el gas de producto a partir de la mezcla de gas de alimentación, en el que el sistema de adsorción oscilante de presión está adaptado para suministrar el gas de producto con un caudal de gas de producto. La proporción del volumen exterior del contenedor (cuando se define en  $m^3$  ( $ft^3$ )) con respecto al caudal de gas de producto (cuando se define en toneladas por día de flujo total de producto), por ejemplo, puede ser menor que aproximadamente  $60 m^3$  ( $2000 pie^3$ ) / (tonelada por día). En algunas realizaciones,

esta proporción puede ser menor que aproximadamente  $30 \text{ m}^3$  ( $1000 \text{ pie}^3$ ) / ( tonelada por día), mientras que en realizaciones específicas la proporción puede ser menor que aproximadamente  $15 \text{ m}^3$  ( $500 \text{ pie}^3$ ) / ( tonelada por día).

5 En la presente divulgación, el término “contenedor” significa cualquier estructura adaptada para albergar los componentes del sistema de separación de gases. El contenedor puede ser, por ejemplo, una estructura de paralelepípedo que es transportable por medio de métodos de transporte estándar que incluyen camión, tren, lancha, barco o avión. El contenedor o contenedores es capaz de albergar y soportar todos los componentes principales del sistema PSA de forma que el sistema se puede transportar en forma de uno o más módulos  
10 completos. El tipo de contenedor que se usa por medio de la invención es el contenedor de transporte estándar ISO definido por la International Organization for Standardization.

La expresión “transportado en contenedor cerrado” define una configuración en la que el sistema de separación de gases autónomo se instala en uno o más de 150 contenedores. El sistema de separación de gases se puede  
15 transportar en un contenedor cerrado, es decir, se puede trasladar por medio de transporte en camión, tren, lancha, barco o avión en forma de uno o más contenedores modulares. Los contenedores comprenden uno o más contenedores de transporte ISO estándar.

Los contenedores de transporte ISO se encuentran disponibles en todas partes a un coste razonable. Los contenedores estándar ISO presentan longitudes de 20 pies (6,1 m), 40 pies (12,2 m), 45 pies (13,7 m), 48 pies (14,6 m) y 53 pies (16,2 m). Los contenedores estándar de 20, 40, 48 y 53 pies presentan una anchura externa de 8 pies (2,4 m) y un altura externa de 8 pies y 6 pulgadas (2,6 m), una anchura interna de 7 pies y  $8^{5/8}$  pulgadas (2,35 m) y una altura interna de 7 pies  $9^{7/8}$  pulgadas (2,38 m). El contenedor de 45 pies es el contenedor más común del mundo, pero el contenedor de 40 pies lo está sustituyendo cada vez más, en particular porque los costes tienden a  
20 ser por contenedor y no por unidad de longitud del contenedor. Los contenedores de tipo más grande también se están haciendo más comunes, especialmente en América del Norte. Los contenedores ISO están diseñados para el transporte estándar en camiones, barcos y trenes, y los contenedores también se pueden transportar de manera conveniente por medio de lancha o avión.

30 La expresión “caudal de gas producto” cuando se aplica al gas producto procedente del sistema PSA significa el caudal total de la corriente de producto que contiene un componente específico deseado. El gas de producto PSA contiene oxígeno como componente deseado y una o más impurezas como los restantes componentes; el caudal de producto se define como el caudal del gas de producto que incluye el oxígeno y todas las impurezas restantes.

35 El término “tonelada” se refiere a una masa equivalente a 907,18 kg (2000 libras) y también puede ser denominada “tonelada corta”.

Las expresiones “comunicación de flujo” y “en comunicación de flujo con”, aplicados sobre una primera y una segunda zona, significan que el fluido puede fluir desde la primera zona hasta la segunda zona, y/o desde la  
40 segunda zona hasta la primera zona, a través de la zona intermedia. La zona intermedia puede comprender la tubería de conexión y las válvulas que existen entre las zonas primera y segunda.

El término “secuencial” tiene el mismo significado de relacionado con o dispuesto en forma de secuencia. Cuando se aplica al uso de una válvula multi-puerto rotatoria indexada de un sistema de adsorción oscilante de presión como se ha descrito anteriormente, el término se refiere a series repetidas de posiciones fijas del miembro rotatorio de la válvula a medida que rota de forma intermitente entre las posiciones. El término también aplica a las etapas de un ciclo de adsorción oscilante de presión en el que cada etapa sigue a la misma etapa siguiente en una serie de etapas que se repiten de forma cíclica. La expresión “comunicación de flujo secuencial”, cuando se aplica al extremo de producto de un recipiente adsorbente, significa que el extremo de producto del recipiente se encuentra ubicado  
50 en comunicación de flujo a su vez con cada uno de los otros recipientes en las etapas de ciclo de operación de PSA.

El término “rotatorio” se refiere a un miembro de válvula que tiene un eje alrededor del cual el miembro puede rotar de manera discontinua o intermitente entre las posiciones, en el que el miembro permanece en una posición fija entre los periodos de movimiento rotacional desde una posición a la posición secuencial siguiente. El término  
55 “indexada” significa que las posiciones son fijas unas con respecto a otras.

La expresión genérica “adsorción oscilante de presión” (PSA), según se usa en el presente documento, se aplica a todos los sistemas de separación de adsorción que operan entre una presión máxima y mínima. Típicamente, la presión máxima es sobre-atmosférica y la presión mínima puede ser sobre-atmosférica, atmosférica o sub-atmosférica. Cuando la presión mínima es sub-atmosférica y la presión máxima es sobre-atmosférica, típicamente el sistema se describe como un sistema de adsorción oscilante de presión (PSA). Cuando la presión máxima se encuentra en valores de presión atmosférica o por debajo de ella y la presión mínima se encuentra por debajo de presión atmosférica, típicamente el sistema descrito es un sistema de adsorción oscilante de vacío (VSA).

65 Los artículos indefinidos “un” y “uno”, según se usan en el presente documento, significan uno o más cuando se aplican a cualquier característica de las realizaciones de la presente invención descritas en la memoria descriptiva y en las

reivindicaciones. El uso de “un” y “uno” no limita el significado a una única característica a menos que dicha limitación se especifique de manera concreta. El artículo definido “el” que precede a nombres en singular o en plural o a frases de nombres indica una característica específica particular o características específicas particulares y puede tener connotación de singular o de plural dependiendo del contexto en el que se use. El adjetivo “cualquier” significa uno, algunos o todos de manera indiscriminada de cualquier cantidad. El término “y/o” colocado entre una primera entidad y una segunda entidad significa uno de (1) la primera entidad, (2) la segunda entidad y (3) la primera entidad y la segunda entidad.

La invención utiliza un sistema PSA para llevar a cabo la separación de aire con el fin de producir oxígeno. La Figura 1 ilustra un sistema típico de PSA de cuatro lechos conocido en la técnica, en la que el material adsorbente se encuentra presente en los recipientes adsorbentes 101, 103, 105 y 107, el gas de alimentación se introduce en el interior del sistema por medio del dispositivo 109 de soplado de alimentación, y el gas residual es extraído del sistema por medio del dispositivo 111 de soplado de vacío. El aire de entrada fluye por medio de la tubería 113 a través del silenciador 115, es comprimido en el dispositivo de soplado 108, pasa a través de la tubería 116, el silenciador 117 y es enfriado en el posrefrigerante 119. El gas de alimentación es proporcionado por medio de un colector de alimentación 121 y válvulas de bloque 123, 125, 127 y 129 en los extremos de alimentación de los recipientes adsorbentes 301, 103, 105 y 107, respectivamente. El gas residual es extraído de los extremos de alimentación de los recipientes de adsorbente a través de las válvulas de conmutación 131, 133, 135 y 137 y del colector 138 de gas residual por medio del dispositivo 111 de soplado de vacío, que descarga el gas residual a través del silenciador 139.

El gas de producto es extraído por medio de las válvulas de bloque 141, 143, 145 y 147 desde los extremos de producto de los recipientes adsorbentes 101, 103, 105 y 107, respectivamente. El gas de producto pasa a través del colector de producto 149 al tanque de producto 150, desde el cual es proporcionado al consumidor por medio de la tubería 152 y la válvula 154 de control de flujo. La transferencia de gas entre los recipientes de adsorbente 101 y 105 fluye a través de la tubería de conexión y de la válvula de bloque 151, la transferencia de gas entre los recipientes de adsorbente 103 y 107 fluye a través de la tubería de conexión y la válvula de bloque 153, la transferencia de gas entre los recipientes de adsorbente 101 y 107 fluye a través de la tubería de conexión y de la válvula de bloque 165, la transferencia de gas entre los recipientes de adsorbente 101 y 103 fluye a través de la tubería de conexión y de la válvula de bloque 157, la transferencia de gas entre los recipientes de adsorbente 103 y 105 fluye a través de la tubería de conexión y de la válvula de bloque 159 y la transferencia de gas entre los recipientes de adsorbente 105 y 107 fluye a través de la tubería de conexión y de la válvula de bloque 161.

Existen varias características de sistemas PSA de la Figura 1 que pueden contribuir a un elevado coste de inversión y a problemas de operación complicados. En primer lugar, hay 18 válvulas de conmutación operadas por medio de accionadores individuales neumáticos o electrónicos que se controlan típicamente por medio de un controlador lógico programable (PLC) o un sistema de control por ordenador.

En segundo lugar, pequeñas diferencias entre los tiempos de actuación de las válvulas de bloque múltiples pueden convertirse en grandes diferencias después de largos períodos de tiempo de operación. Esto constituye una preocupación particular en los ciclos rápidos de PSA ya que estas diferencias de tiempo pueden convertirse en fracciones más grandes de la duración del tiempo de la etapa de ciclo. Para corregir este problema se requiere lógica adicional en el controlador. En tercer lugar, las válvulas de bloque de conmutación presentan partes móviles que requerirían sustitución con el tiempo a medida que se desgastan, algunas con tasas diferentes a otras.

Como alternativa al uso de las válvulas de bloque múltiples que se muestran en la Figura 1, las realizaciones de la presente invención usan válvulas multi-puerto rotatorias indexadas en los extremos de producto y de alimentación de los recipientes de adsorbente. Una válvula multi-puerto rotatoria indexada se define como una válvula que comprende un miembro rotatorio dispuesto en el interior de un cuerpo de válvula en el que el miembro rotatorio y el cuerpo de válvula son coaxiales y presentan cortes transversales circulares en cualquier plano perpendicular al eje. La superficie externa del miembro rotatorio y la superficie interna del cuerpo de la válvula no son planos. El miembro rotatorio y el alojamiento de válvula presentan cada uno una pluralidad de conductos en los que combinaciones escogidas de los conductos del miembro y del cuerpo se encuentran en comunicación de flujo cuando el miembro se fija en las respectivas posiciones circunferenciales indexadas específicas.

La rotación del miembro de rotación es intermitente y la válvula está indexada, lo que significa que la rotación tiene lugar únicamente para cambiar la posición circunferencial del miembro y no tiene lugar rotación alguna cuando el miembro se encuentra en posición circunferencial indexada fija. Cada posición circunferencial indexada fija del miembro rotatorio es considerada una posición indexada con respecto al cuerpo de la válvula, y el miembro rotatorio vuelve a la posición indexada dada durante cada revolución alrededor de su eje.

La Figura 2 muestra un sistema ejemplar de PSA de cuatro lechos que usa válvulas rotatorias indexadas e incluye recipientes de adsorbente 101, 103, 105 y 107, el dispositivo de soplado 109, el dispositivo 111 de soplado a vacío, la tubería de entrada 113, el silenciador 115, la tubería 116, el silenciador 117, la tubería 118, el posrefrigerante 119, la tubería 261 de descarga del gas residual, el silenciador 139, el tanque de producto 150, la tubería de producto 152 y la válvula de control 154. Las tuberías de salida 201, 203, 205 y 207 de los recipientes de adsorbente 101, 103, 105 y 107, respectivamente, están conectadas al colector de producto 149 por medio de las válvulas de

comprobación 209, 211, 213 y 215, respectivamente. El tanque de producto 150 puede llenarse con un adsorbente de oxígeno, por ejemplo una zeolita de tipo X que ha sido sometida parcialmente a intercambio con cationes de calcio, con el fin de incrementar la densidad eficaz de almacenamiento de gas en el interior del tanque de producto, reduciendo de este modo el tamaño del tanque y las variaciones de presión en la presión de suministro de producto.

5 El gas fluye entre los extremos de producto de los recipientes de adsorbente y es dirigido por medio de la válvula 217 de multi-puerto rotatoria indexada, que presenta cuatro puertos externos conectados por medio de tuberías 219, 221, 223 y 225, respectivamente, a tuberías externas 201, 203, 205 y 207 desde los recipientes de adsorbente 101, 103, 105 y 107, respectivamente. Las tuberías 219, 221, 223 y 225 pueden contener de manera opcional válvulas de regulación manuales o automáticas (no mostradas) para optimizar el comportamiento del sistema. La válvula 217 de multi-puerto rotatoria indexada presenta un miembro rotatorio interno que tiene conductos internos adaptados para poner pares específicos de tuberías 219, 221, 223 y 225 en comunicación de flujo de acuerdo con el ciclo PSA que opera en los recipientes de adsorbente 101, 103, 105 y 107. El miembro interno rotatorio se hace rotar por medio del motor 227 de accionamiento de la válvula de indexado que mueve el miembro de forma intermitente en una única dirección de rotación con incrementos precisos de 45 grados y presenta ocho posiciones diferentes para alinear los conductos escogidos del miembro rotatorio con los conductos escogidos del cuerpo de válvula como se describe a continuación. El motor de accionamiento de la válvula de indexado utiliza un control de movimiento preciso de alta frecuencia para la alineamiento correcto de las ocho posiciones. El motor de accionamiento de la válvula de indexado puede presentar un temporizador incorporado para controlar la duración de tiempo de cada posición del miembro interno rotatorio; de manera alternativa, se puede usar un temporizador externo o se puede comunicar un cronometraje desde un controlador lógico programable (PLC) o desde un sistema de control por ordenador (no mostrado). El motor de la válvula de indexado puede también presentar un freno en el eje para minimizar el funcionamiento por inercia del rotor. El eje de la válvula también puede presentar un sensor externo de posicionamiento óptico, mecánico o magnético para proporcionar el alineamiento inicial de la válvula, así como también para proporcionar una señal de apagado si la válvula no rota a través del ciclo en un tiempo especificado por el controlador.

Las válvulas de multi-puerto rotatorias indexadas se describen en la solicitud en trámite de patente de EE.UU. Nº. 11/751.866, expedida el 22 de mayo de 2007 y titulada "Pressure Swing Adsorption System with Indexed Rotatable Multi-Port Valves", aplicación que se incorpora en su totalidad en la presente memoria como referencia.

Los flujos de gas en los extremos de alimentación de los recipientes de adsorbente son dirigidos por las válvulas 229 y 231 de multi-puerto rotatorias indexadas, cada una de las cuales presenta cuatro puertos externos y un puerto de entrada o de salida. Los miembros internos rotatorios de las válvulas 229 y 231 rotan por la acción del motor 233 de accionamiento de la válvula de indexado, que mueve cada miembro de forma intermitente en una única dirección de rotación con incrementos concretos de 90 grados y presenta cuatro posiciones diferentes para alinear un conducto del miembro rotatorio con conductos escogidos del cuerpo de válvula como se describe a continuación. El motor de accionamiento de la válvula de indexado utiliza un control de movimiento preciso y de elevada frecuencia para el alineamiento apropiado de las cuatro posiciones. El motor de accionamiento de la válvula de indexado puede presentar un temporizador incorporado para controlar la duración del tiempo de cada posición del miembro interno rotatorio; de manera alternativa, se puede usar un temporizador externo o se puede comunicar un cronometraje desde un controlador lógico programable (PLC) o un sistema de control por ordenador (mostrado en la Figura 3 a continuación) que controla ambos motores 227 y 233 de accionamiento de la válvula de indexado. En otra alternativa, el motor 227 de accionamiento de la válvula de indexado puede presentar un temporizador incorporado que controla ambos motores 227 y 233 de accionamiento de la válvula de indexado, garantizando de este modo que el movimiento indexado de las válvulas 217, 219 y 231 se encuentra siempre sincronizado y es coherente. El motor de la válvula de indexado también puede presentar un freno sobre el eje para minimizar el funcionamiento por inercia del rotor. El eje de la válvula también puede presentar un sensor externo de posicionamiento óptico, mecánico o magnético para proporcionar un alineamiento inicial de la válvula así como también para proporcionar una señal de apagado si la válvula no rota a través del ciclo en un tiempo especificado por el controlador.

Los puertos externos de la válvula 229 de multi-puerto rotatoria indexada están conectados por medio de tuberías 235, 237, 239 y 241, respectivamente, a las tuberías de entrada/salida 243, 245, 247 y 249 en los extremos de alimentación de los recipientes de adsorbente 101, 103, 105 y 107, respectivamente. El puerto de entrada de la válvula 229 de multi-puerto rotatoria indexada se encuentra conectado por medio de la tubería de alimentación 251 al posrefrigerante 119 de gas de alimentación y sirve para suministrar el gas de alimentación presurizado a los recipientes de adsorbente. Como se describe posteriormente, la válvula 229 de multi-puerto rotatoria indexada presenta un miembro rotatorio interno que presenta conductos internos adaptados para suministrar un gas de alimentación presurizado a cada uno de los recipientes de adsorbente 101, 103, 105 y 107 a su vez de acuerdo con el ciclo de operación de PSA.

Los puertos externos de la válvula 231 de multi-puerto rotatoria indexada están conectados por medio de las tuberías 253, 255, 257 y 259, respectivamente, con las tuberías de entrada/salida 243, 245, 247 y 249 en los extremos de alimentación de los recipientes de adsorbente 101, 103, 105 y 107, respectivamente. El puerto de salida de la válvula 231 multi-puerto rotatoria indexada se encuentra conectado con la tubería 261 de gas residual a un dispositivo 111 de soplado de vacío y sirve para extraer el gas residual de los recipientes de adsorbente. Como se

describe a continuación, la válvula 231 de multi-puerto rotatoria indexada presenta un miembro rotatorio interno que tiene conductos internos adaptados para extraer el gas residual de cada uno de los recipientes de adsorbente, 101, 103, 105 y 107 a su vez de acuerdo con el ciclo de operación de PSA.

- 5 La operación del sistema ejemplar de adsorción oscilante de presión descrito anteriormente se puede ilustrar por medio de un proceso PSA de cuatro lechos para la separación del oxígeno del aire con el fin de dar lugar a un producto que contiene al menos 80 % en volumen de oxígeno a una presión de 103,4 a 204,8 kPa (absoluta) (de 15 a 29,7 psia). El proceso puede operar entre una presión máxima tan elevada como 204,8 kPa (absoluta) (29,7 psia) y una presión mínima tan baja como 13,8 kPa (absoluta) (2 psia). Si se requiere una presión de producto más elevada, se puede usar un compresor de apoyo opcional para incrementar la presión de producto hasta 861,8 kPa (absoluta) (125 psia) o más. En este proceso, cada uno de los componentes de adsorbente 101, 103, 105 y 107 contiene un lecho de material adsorbente, que puede incluir cualquier adsorbente conocido para producir oxígeno a partir de aire tal como, por ejemplo, las zeolitas CaA, NaX, CaX y LiX. En el caso de las zeolitas X, la proporción de  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  puede variar de 2,0 a 2,5. en el caso de la alimentación de aire ambiente, se puede usar una capa de pretratamiento de adsorbente para retirar el agua y/o el  $\text{CO}_2$ . Los adsorbentes de la capa de pretratamiento pueden incluir alúmina y NaX, así como también otros conocidos en la técnica. La zeolita LiX con una proporción de  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  de 2,0 resulta útil para la separación de oxígeno del aire y se conoce como LiLSX (Li X de bajo contenido en sílice). El LiLSX adsorbe de manera selectiva nitrógeno a temperatura ambiente o a temperatura próxima a temperatura ambiente para dar lugar a un producto de oxígeno que contiene al menos 80 % en volumen de oxígeno a una presión de 103,4 a 204,8 kPa (absoluta) (de 15 a 29,7 psia). En algunas realizaciones la pureza del producto de oxígeno contiene al menos 87 % en volumen de oxígeno. El ciclo puede operar entre una presión máxima tan elevada como 204,8 kPa (absoluta) (29,7 psia) y una presión mínima tan baja como 13,8 kPa (absoluta) (2 psia).

Se puede usar un ciclo PSA de ocho etapas como se describe a continuación:

- 25
1. Introducir un gas de alimentación presurizado en el interior del extremo de alimentación de un primer lecho adsorbente en el que el componente más fuertemente apto para adsorción es retirado por el adsorbente y el componente menos fuertemente adsorbido es extraído a partir de un extremo de producto del primer lecho de adsorbente como gas de producto, todo ello es gas de producto final que es enviado a un tanque de almacenamiento de gas de producto final opcional y desde allí al usuario aguas abajo.
  - 30
  2. Continuar la introducción de gas de alimentación en el interior del extremo de alimentación del primer lecho adsorbente en el que el componente más fuertemente apto para adsorción es retirado por el adsorbente y el componente menos fuertemente adsorbido pasa a través del extremo de producto del lecho de adsorbente como gas de producto, un parte del cual es producto final enviado al tanque de almacenamiento de gas de producto final opcional y desde allí al usuario aguas abajo, y otra parte del mismo es introducida en el extremo de producto de otro lecho adsorbente que experimenta re-presurizado en contra-corriente (etapa 8), y continuar hasta que el frente de adsorción del componente más fuertemente apto para adsorción alcance el extremo de producto del primer lecho de adsorbente.
  - 35
  3. Despresurizar de forma concurrente el primer lecho de adsorbente que comienza en la presión de lecho de la etapa 2 mediante la extracción de gas de despresurizado del extremo de producto del lecho mientras que al presión del lecho desciende hasta una primera presión intermedia, en el que el gas de despresurizado es introducido de forma concurrente en el interior del extremo de producto de un lecho de adsorbente que experimenta la compensación de presión (etapa 7).
  - 40
  4. Despresurizar de manera concurrente el primer lecho de adsorbente que comienza en la primera presión intermedia extrayendo el gas de despresurizado adicional del extremo de producto mientras que la presión del lecho desciende hasta una segunda presión intermedia, en la que el gas de despresurizado es introducido de forma concurrente en el interior del extremo del producto de un lecho adsorbente que experimenta purga (etapa 6).
  - 45
  5. Despresurizar el primer lecho adsorbente de forma concurrente a partir de la segunda presión intermedia en el que se extrae el espacio de los huecos y el gas sometido a desorción a partir del primer lecho adsorbente a través del extremo de alimentación, a presión próxima a la presión atmosférica, en forma de gas residual. La presión se puede reducir más hasta valores de presión sub-atmosférica conectando la salida de flujo de gas desde el extremo de alimentación del primer lecho adsorbente con el extremo de succión de una bomba de vacío de manera que el espacio de los huecos adicionales y el gas sometido a desorción sean retirados en forma de gas residual adicional.
  - 50
  6. introducir un gas de purga en contra-corriente a partir del lecho adsorbente que experimenta un segundo despresurizado (etapa 4) en el interior del extremo del producto del primer lecho de adsorbente y extraer el gas de purga residual desde el extremo de alimentación del primer lecho adsorbente hacia abajo a una tercera presión intermedia.
  - 55
  7. Re-presurizar de forma concurrente el primer lecho adsorbente que comienza en la tercera presión
  - 60
  - 65

intermedia introduciendo un gas de presurizado en el interior del extremo de producto del primer lecho adsorbente hasta una cuarta presión intermedia que es igual o menor que la primera presión intermedia, en el que se proporciona un gas de presurizado a partir del extremo de producto de un lecho adsorbente que experimenta un primer despresurizado (etapa 3).

5  
8. Re-presurizar de forma concurrente el primer lecho adsorbente a partir de la cuarta presión intermedia introduciendo un gas producto en el interior del extremo de producto del primer lecho adsorbente, en el que el gas de producto se proporciona a partir del extremo de producto de un lecho adsorbente que experimenta la etapa 2. Al final de esta etapa, el primer lecho adsorbente se encuentra listo para comenzar la etapa 1.

10 Las etapas 1 y 8 se repiten de manera cíclica. En este ejemplo, el componente más fuertemente adsorbido es nitrógeno y el componente menos fuertemente adsorbido es oxígeno, pero se puede usar el ciclo para separar otras mezclas de gases.

15 El diagrama de ciclo que muestra el proceso de ocho etapas descrito anteriormente se muestra en la Tabla 1 que muestra la relación de las etapas entre el primer lecho descrito anteriormente (lecho 1) y los otros tres lechos (lechos 2, 3 y 4).

Tabla 1

Diagrama de Ciclo para el Proceso PSA de cuatro lechos								
Lecho	Etapa de proceso							
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	7	8	1	2	3	4	5	6
3	5	6	7	8	1	2	3	4
4	3	4	5	6	7	8	1	2

20 La duración de todas las etapas de proceso 1-8 puede ser igual. De manera alternativa, las etapas 1, 3, 5 y 7 pueden presentar cada una un primera duración igual y las etapas 2, 4, 6 y 8 pueden presentar cada una segunda duración igual más corta o más larga que la primera duración. El tiempo total típico de ciclo puede estar en el intervalo de 20 a 300 segundos.

25 En este ciclo, se proporciona gas de purga a partir de un lecho después de que el lecho proporcione gas de despresurizado al otro lecho. En esta secuencia, el frente del componente mas fuertemente adsorbido se encuentra en la posición más próxima al extremo de producto del lecho cuando se extrae el gas de purga, haciendo de este modo este gas más concentrado en el componente más fuertemente adsorbido (es decir, "más sucio") que el gas de despresurizado. Este gas de purga "más sucio" resulta ventajoso para el proceso, ya que las etapas posteriores de re-presurizado en contra-corriente empujan al gas de purga hacia el extremo de alimentación con el gas que es menos concentrado en el componente más fuertemente adsorbido. En algunos casos, puede resultar preferible usar gas "más limpio" para la purga, y muchos ciclos de PSA conocidos usan gas de producto procedentes de un producto bien mezclado o de un tanque de sobrecarga para proporcionar la purga. No obstante, en la configuración de proceso de la Figura 2, no es posible proporcionar gas de purga a partir del tanque de producto 150 sin usar válvulas de bloque de conmutación y un controlador asociado. Debido a que resulta deseable eliminar el uso de estas válvulas, en el ciclo PSA descrito anteriormente, la etapa de suministro de gas de purga (etapa 4) sigue a la etapa de suministro de gas de presurizado de compensación (etapa 3). Se ha comprobado que se puede usar este ciclo con LiLSX para la producción de 3 a 10 toneladas al día de oxígeno con una pureza de producto de 90 % en volumen de oxígeno y una recuperación de oxígeno de 60 % o mayor.

Se puede adaptar el sistema PSA que usa el ciclo descrito anteriormente para operación usando un método de control basado en temperatura. La duración de las etapas escogidas del ciclo de 4 lechos de la Tabla 1 se puede controlar por medio de dos temporizadores identificados como temporizador H1 y temporizador H2 en el que H1 controla las etapas impares 1,3, 5 y 7 y el temporizador H2 controla las etapas pares 2, 4, 6 y 8. En una realización, el temporizador H2 se fija durante todas las condiciones de manera que las etapas 2, 4, 6 y 8 tengan cada una duración concreta e igual. Se deja que el temporizador H1 se ajuste de forma automática a la duración igual de las etapas 1, 3, 5 y 7 basado en la temperatura ambiente con el fin de compensar el cambio en la capacidad del dispositivo de soplado de aire de alimentación como densidad de los cambios de aire con la temperatura. El ajuste del temporizador H1 se lleva a cabo usando una entrada de señal de transmisor que es proporcional a la temperatura ambiente multiplicada por un factor, y un valor de esa señal es posteriormente añadido a un valor mínimo del temporizador H1. La duración de las etapas del ciclo controlada por medio del temporizador H1 se aumenta durante los períodos más cálidos y se disminuye durante los períodos más fríos. Posteriormente, se puede operar el sistema de PSA sin ajuste de la válvula 154 manual de control de producto mientras que se mantiene una

pureza casi constante de la corriente de producto de oxígeno.

5 El uso de válvulas multi-puerto rotatorias indexadas se ilustra anteriormente para un sistema de cuatro lechos que opera en el ciclo de ocho etapas descrito, pero se pueden usar válvulas de este tipo en sistemas con otros números de lechos y otros ciclos PSA. Esto se puede conseguir escogiendo el número apropiado y la alineación de los conductos del miembro rotatorio y del cuerpo de la válvula y conectando las válvulas con los recipientes de adsorbente con un sistema de tuberías diseñado de forma apropiada. Las válvulas multi-puerto rotatorias indexadas se pueden usar en los sistemas PSA para la separación de cualquier mezcla de gas y se ilustra por medio de la recuperación de oxígeno a partir del aire como se ha descrito anteriormente. Se pueden usar sistemas de separación PSA con válvulas multi-puerto rotatorias indexadas, por ejemplo, en la recuperación de nitrógeno a partir del aire, la recuperación de hidrógeno a partir de mezclas que contienen hidrógeno y la purificación de helio.

10 En una realización de la presente invención, el sistema PSA descrito anteriormente puede ser instalado en un contenedor ISO estándar de 20 pies como se ilustra en la vista en planta de la Figura 3. El contenedor 301 está formado por paredes 303 externas de acero corrugado, un suelo de acero 305, un techo (no mostrado en el dibujo) y puertas 307 de cierre abatibles a cualquier extremo. El contenedor está dividido en una sección de adsorbedor 309 y una sección 311 de dispositivo de soplado por medio de una partición opcional 313. Los componentes del sistemas de PSA de la Figura 2 se encuentran configurados en el contenedor como se muestra en la Figura 3.

20 Las entradas de aire y los sistemas móviles de aire están instalados en las paredes del contenedor para dirigir al aire de refrigeración sobre los componentes del proceso y para proporcionar la entrada de aire del proceso. Las entradas de aire 317 y 319 proporcionan un ingreso de aire en el interior de la sección 311 del dispositivo de soplado, y el aire es extraído por medio del ventilador de escape 321. El aire que fluye a través de la sección 311 del dispositivo de soplado retira el calor generado por medio de los motores de accionamiento 110 y 112 y proporciona refrigeración para el posrefrigerante 119. Las aberturas de entrada 323 y 325 permiten el ingreso de aire en el interior de la sección de adsorbedor 309 y el aire es extraído por medio de los ventiladores de escape 327 y 329. El aire que fluye a través de la sección del adsorbedor 309 retira el calor generado por medio de las etapas de adsorción en los recipientes del adsorbedor y evita el desarrollo de un entorno de elevado o de bajo contenido en oxígeno en el caso de existir una fuga en el sistema de PSA. Típicamente, el sistema PSA opera con puertas 307 cerradas para proporcionar protección frente a la intemperie, atenuación del sonido y seguridad para una operación desatendida.

30 Los recipientes de adsorbente 101, 103, 105 y 107 se montan sobre el suelo de la sección de adsorbedor 309. El sistema 310 de control por ordenador o el controlador lógico programable se adapta para controlar ambos motores 227 y 233 de accionamiento de la válvula de indexado (no mostrados). El compresor 109 de aire de alimentación, el motor 112 de accionamiento del compresor, el dispositivo 111 de soplado de vacío y el motor 110 de accionamiento del dispositivo de soplado de vacío están instalados en la sección 311 del dispositivo de soplado. El motor 112 de accionamiento del compresor mueve el compresor 109 por medio de una cinta de accionamiento o un eje de accionamiento (no mostrado) y el motor 110 de accionamiento del dispositivo de soplado mueve el dispositivo 111 de soplado de vacío por medio de una cinta de accionamiento o un eje de accionamiento (no mostrado). Otros componentes instalados en la sección 311 del dispositivo de soplado como se describe anteriormente con referencia a la Figura 2 incluyen una entrada de aire 114, un silenciador 115, un posrefrigerante 119, una tubería 138 de descarga del gas residual y un silenciador 139. El panel 331 de control de energía controla la energía que llega el equipamiento de la sección 311 del dispositivo de soplado.

45 Las válvulas para suministrar y extraer el gas de los recipientes de adsorbente y la sección 309 del adsorbedor como se ha descrito anteriormente con referencia a la Figura 2 y como se muestra en la Figura 3 incluyen una válvula 217 de multi-puerto rotatoria indexada en los extremos de producto de los recipientes, válvulas 229 y 231 multi-puerto rotatorias indexadas en los extremos de alimentación de los recipientes y válvulas de control 209, 211, 213 y 216 en los extremos de producto de los recipientes 101, 103, 105 y 107, respectivamente. Los motores 227 y 233 de accionamiento de la válvula de indexado no se muestran en la Figura 3.

50 Los segmentos de tubería de la Figura 3 corresponden a los segmentos de tubería de la Figura 2 como se muestra a continuación. Los segmentos de tubería para el flujo de gas de la sección 311 del dispositivo de soplado incluyen la tubería 116 que conecta el compresor 109 de aire de alimentación con el silenciador 137, la tubería 118 conectada con el posrefrigerante 119, la tubería 140 que conecta la descarga del dispositivo 111 de soplado de vacío con el silenciador 139, la tubería 251 que conecta la salida del posrefrigerante 119 con la válvula 231 multi-puerto rotatoria indexada y la tubería 261 que conecta el dispositivo 111 de soplado de vacío con la válvula 229 multi-puerto rotatoria de indexada.

60 Los segmentos de tubería para el flujo de gas de la sección de adsorbedor 309 incluyen la tubería 251 que conecta la salida del posrefrigerante 119 con la válvula 231 multi-puerto rotatoria indexada, la tubería 261 que conecta la entrada del dispositivo 111 de soplado de vacío con la válvula 229 multi-puerto rotatoria indexada y la tubería 152 de salida de producto. Las tuberías 201 y 219, 203 y 221, 205 y 223 y 207 y 225 conectan los respectivos extremos (superiores) de producto de los recipientes de adsorbedor 101, 103, 105 y 107 con la válvula 217 multi-puerto rotatoria indexada. El gas de producto fluye desde los recipientes de adsorbedor 101, 103, 105 y 107 a través de las válvulas 209, 211, 213 y 215, respectivamente. El gas de producto de estas válvulas de control fluye hasta el tanque

## ES 2 371 370 T3

de producto 150 por medio del colector 149, que se muestra únicamente de modo parcial en la Figura 3 para simplificar el dibujo. El colector 149 se muestra por completo en la Figura 2.

5 El extremo (inferior) de alimentación del recipiente de adsorbente 105 se encuentra conectado a la tubería 247, que a su vez está conectado a las tuberías 239 y 257, que a su vez están conectadas a las respectivas válvulas 229 y 231 multi-puerto rotatorias indexadas. El extremo (inferior) de alimentación del recipiente de adsorbente 107 se encuentra conectado con la tubería 249, que a su vez está conectado a las tuberías 241 y 259, que a su vez están conectadas a las respectivas válvulas 229 y 231 multi-puerto rotatorias indexadas. El extremo (inferior) de alimentación del recipiente de adsorbente 101 se encuentra conectado a la tubería 243, que a su vez se encuentra  
10 conectado a las tuberías 235 y 253 (estas tuberías se muestran en la Figura 2 pero no en la Figura 3), que a su vez se encuentran conectadas a las respectivas válvulas 229 y 231 multi-puerto rotatorias indexadas. El extremo (inferior) de alimentación del recipiente de adsorbente 103 se encuentra conectado con la tubería 245, que a su vez está conectado con las tuberías 237 y 255 (estas tuberías se muestran en la Figura 2 pero no en la Figura 3), que a su vez se encuentran conectadas con las respectivas válvulas 229 y 231 multi-puerto rotatorias indexadas.

15 El sistema 301 de separación de gases de la Figura 3 se muestra con las puertas 307 en posición abierta. Se pueden introducir los componentes individuales o se pueden pre-ensamblar las sub-unidades fácilmente a través de los extremos abiertos en el interior del contenedor durante el ensamblaje. Por ejemplo, se pueden instalar de forma individual los recipientes de adsorbente y se pueden asegurar al suelo del contenedor. De manera alternativa, se  
20 pueden montar los recipientes de adsorbente sobre una rastra (es decir, un marco de metal o soporte) que se asegura o de otro modo se une al interior del contenedor. La sub-unidad de rastra de recipiente de adsorbente puede incluir parte o todas las tuberías y válvulas descritas anteriormente con referencia a las Figuras 2 y 3. La sub-unidad puede comprender una o más válvulas 217, 229 y 231 multi-puerto rotatorias indexadas con parte de las tuberías unidas. En otra configuración de sub-unidad de rastra pre-ensamblada, se puede montar el dispositivo 109  
25 de soplado de alimentación, el motor de accionamiento 112, el dispositivo 111 de soplado de vacío y el motor de accionamiento 110 sobre una rastra con jaulas de protección para el accionamiento del motor-cinta del dispositivo de soplado. Esta rastra puede incluir una tubería 116 y silenciadores 115, 117 y 139. los segmentos de tubería restantes se instalan después de haber cargado la rastra en el interior del contenedor. El tanque de producto puede contener otra sub-unidad. El material absorbedor de sonido se puede unir a las superficies interiores del contenedor  
30 en cualquier momento apropiado durante el ensamblaje.

El montaje de los componentes del equipamiento del sistema de separación de gases sobre una o más rastras o sub-unidades permite la facilidad de ensamblaje y proporciona una retirada simplificada de componentes desgastados o defectuosos para sustitución o reparación. Las rastras o sub-unidades se pueden mover y manipular  
35 fácilmente usando un montacargas de horquilla estándar. Con el fin de garantizar la maniobrabilidad, cada rastra o sub-unidad no puede tener una anchura mayor que 2,31 m (7 pies y 7 pulgadas) y no puede ser más alta que 2,26 m (7 pies y 5 pulgadas). Típicamente, el peso de cada rastra o sub-unidad es menor que 1840,36 kg (4000 libras) y puede ser menor que 1460,78 kg (3000 libras). Para lograr esto, ningún componente individual del sistema de separación de gases (por ejemplo, el recipiente de adsorbente o el tanque de producto) pesa más que 1133,98 kg  
40 (2500 libras).

En una realización típica, el sistema completo de separación de aire PSA transportado en contenedor cerrado, para una producción máxima de entre 3 y 8 toneladas al día (TPD) de oxígeno a una pureza de 90 % en volumen, puede presentar un peso total máximo de 11339,8 kg (25.000 libras) y puede presentar un peso menor que 9071,8 kg  
45 (20.000 libras). El sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado de esta y otras realizaciones se puede transportar por medio de un trailer-tractor sencillo.

El volumen del tanque de producto 150 se puede escoger de forma que permita la instalación del sistema de PSA completo en el contenedor estándar. Con el fin de permitir la instalación en un contenedor ISO de 20 pies estándar, típicamente el tanque de producto 150 debe tener un volumen de menos que 1514,16 dm<sup>3</sup> (400 galones) y puede presentar un volumen menor que 908,5 dm<sup>3</sup> (240 galones). En una realización, el tanque de producto tiene forma cilíndrica y presenta una altura menor que 226,1 cm (89 pulgadas) y puede ser menor que 152,4 cm (60 pulgadas). El tanque puede presentar un diámetro menor que 91,4 cm (36 pulgadas) y pueden presentar un diámetro menor que 76,2 cm (30 pulgadas). En la producción de oxígeno a partir de aire, por ejemplo, la proporción de volumen del  
50 tanque de producto con respecto a la tasa de producción se encuentra entre 302,8 y 503,5 dm<sup>3</sup> (entre 80 y 133 galones) / TPD a una tasa de producción de 2721,6 kg/día (3 TPD) y entre 113,6 y 189,3 dm<sup>3</sup> (entre 30 y 50 galones) / TPD a una tasa de producción de 7257,6 kg/día (8 TPD). Esto es posible cuando se usa el ciclo de PSA de cuatro lechos ejemplar descrito anteriormente debido a que todo el gas introducido en el interior del extremo de producto de un lecho procede de otros lechos en vez de del tanque de producto. Esto permite el uso de un volumen de tanque de producto mucho más pequeño que con otros ciclos de PSA en los cuales se usa el gas de producto para la purga y/o  
60 represurizado. También minimiza la fluctuación de la presión de producto ya que existe un flujo constante hacia el interior del tanque de producto y el gas es extraído únicamente como producto para el usuario final.

Si se usa el material adsorbente en el interior del tanque de producto 150, se puede reducir el tamaño en un factor de hasta 4. En una realización que usa el sistema de PSA de las Figuras 2 y 3, se llena un tanque de producto (modelo Steelfab A11176) de 454,25 dm<sup>3</sup> (120 galones) con un adsorbente de zeolita CaX, proporcionando una

proporción de volumen de tanque de producto con respecto a la tasa de producción de gas de producto de entre 56,8 y 151,4 dm<sup>3</sup> (15 y 40 galones) / TPD. Se puede usar material adsorbente para reducir el tamaño del tanque de producto para otros ciclos de PSA que incluyen ciclos que presentan etapas en las que el gas de producto fluye desde el tanque hasta los lechos de adsorbente. Se requiere un tanque de producto pequeño para que todas las sub-unidades del sistema PSA encajen en el interior de un contenedor estándar de acuerdo con las realizaciones de la invención.

En una realización del sistema de separación de gases transportando en un contenedor cerrado, el sistema puede presentar una tasa máxima de producción de 2721,6 a 7257,6 kg /día (de 3 a 8 TPD) del oxígeno presente con una pureza de oxígeno mayor que 90 % en volumen. Este sistema puede utilizar, por ejemplo, el sistema PSA de las Figuras 2 y 3 instalado en un contenedor ISO de 20 pies estándar, que presenta un volumen de contenedor (es decir, el volumen definido por las dimensiones externas del contenedor) de 40,8 m<sup>3</sup> (1.360 pies<sup>3</sup>). En este ejemplo, la proporción de volumen del contenedor con respecto a tasa de producción de gas (es decir, el caudal de gas producto como se ha definido anteriormente) puede ser de un máximo de 13,6 m<sup>3</sup> (453 pies<sup>3</sup>) / TPD a una tasa de producción de 2721,6 kg/día (3 TPD) y un máximo de 8,1 m<sup>3</sup> (170 pies<sup>3</sup>) / TPD a una tasa de producción de 7257,6 kg/día (8 TPD). De forma alternativa se afirma que la proporción del volumen del contenedor con respecto a la tasa de producción de gas puede estar entre 13,6 m<sup>3</sup> (453 pies<sup>3</sup>) / TPD y 8,1 m<sup>3</sup> (170 pies<sup>3</sup>) / TPD a tasas de producción máximas de 2721,6 y 7257,6 kg/día (3 TPD y 8 TPD), respectivamente. Estas proporciones son aproximadamente un orden de magnitud menor, por ejemplo, que la proporción para el sistema PSA de AirSep AST-6/10 disponibles comercialmente y comparable comercializado por AirSep Corporation. Este sistema puede producir de 4355,6 a 7257,6 kg/día (de 4,8 a 8,0 TPD) de flujo de producto (es decir, el caudal de gas de producto como se ha definido anteriormente) que contiene oxígeno con una pureza de 90-93 % en volumen y requiere un volumen del sistema con dimensiones de 12,2 m (40 pies) por 12,2 m (40 pies) por 5,5 m (18 pies) de altura, que aporta una proporción de volumen del sistema con respecto a tasa de producción dentro del intervalo de 1,2 a 2 m<sup>3</sup>/907,18 kg/día (de 3.600 a 6.000 pies<sup>3</sup>/TPD).

Se pueden usar otras realizaciones de la presente invención en configuraciones modulares para proporcionar tasas de producción de gas más elevadas. Por ejemplo, se pueden combinar dos de los sistemas de transporte en contenedor cerrado de 20 pies descritos anteriormente y se pueden operar en paralelo para generar un flujo de producción máximo de 5443,1 kg/día (6 TPD) o 14514,9 kg/día (16 TPD), que contienen oxígeno con una pureza mayor que 90 % en volumen. Dependiendo del espacio disponibles en el punto de instalación, los contenedores se pueden colocar en disposición de lado contra lado, en disposición de extremo contra extremo, apilados verticalmente con un contenedor sobre otro, o colocados en cualquier otra orientación deseada. En otro ejemplo, se puede proporcionar una tasa de producción de 13607,7 kg/día (15 TPD) mediante la combinación de tres unidades de 4535,9 kg/día (5 TPD) o de dos unidades de 6803,8 kg/día (7,5 TPD) con el flujo de producto bombeado hasta un cabezal común. Como en el caso del ejemplo anterior, dependiendo del espacio disponible en el punto de instalación, se pueden colocar los contenedores lado contra lado, extremo contra extremo, apilados en sentido vertical, o adoptando cualquier otra orientación deseada.

Son posibles otras combinaciones de contenedor para obtener una eficacia energética mejorada y/o menores costes de inversión. Por ejemplo, se podría diseñar un sistema de PSA transportado en contenedores cerrados que usa dos contenedores ISO estándar en el que ocho lechos adsorbentes (es decir, dos sistemas de cuatro lechos) se encuentran instalados en un contenedor, un dispositivo de soplado de alimentación sencillo, un dispositivo de soplado de vacío sencillo y motores de accionamiento están instalados en el otro contenedor, y el tanque de almacenamiento de gas de producto se encuentra instalado en cualquier contenedor. Se podría usar una configuración de tubos inter-contenedor e intra-contenedor para acoplar los componentes transportados en contenedor cerrado según se requiera.

Se pueden instalar dos o más sistemas transportados en contenedor cerrado paralelos acoplados para aplicaciones en las que la demanda de producto del usuario varía diariamente, temporalmente o por motivos específicos del proceso. Por ejemplo, se pueden usar dos sistemas paralelos transportados en contenedor cerrado para proporcionar un rechazo de producto según sea necesario por medio de la desconexión de uno de los sistemas. Se puede diseñar un sistema sencillo transportado en contenedor cerrado para la operación de rechazo en el que los motores del dispositivo de soplado de producto y de alimentación usan motores de corriente alterna (AC) o de accionamiento de frecuencia (VFD) con dos grupos de enrollamientos. En otra realización, el concepto de modularidad se puede ampliar más mediante el uso de oxígeno líquido (LOX) para parte de los requisitos de flujo del producto. Por ejemplo, si el usuario necesita 15422,1 kg/día (17 TPD) de oxígeno, se pueden suministrar 1814,4 kg/día (2 TPD) por parte de LOX y el equilibrio por parte de dos unidades de separación de gases transportadas en contenedor cerrado que producen cada una 6803,8 kg/día (7,5 TPD). El usuario puede instalar dos o más sistemas transportados en contenedor cerrado paralelos en los que uno de los sistemas sirve como reserva o repuesto.

Típicamente la instalación de un sistema de adsorción oscilante de presión a un punto de operación comprende las etapas de ensamblar un sistema de adsorción oscilante de presión transportado en contenedor cerrado en el punto de ensamblaje en la tienda de fabricación en el que el sistema incluye uno o más contenedores ISO que tienen cualquiera de las configuraciones descritas anteriormente.

El sistema completo de adsorción oscilante de presión transportado en contenedor cerrado que comprende uno o más contenedores ISO puede ser transportado desde el punto de ensamblaje al punto de operación usando una combinación de camión, tren, lancha, barco o avión. En el punto de operación, se descarga el sistema usando métodos estándar para elevar los contenedores ISO y colocarlos en el punto de operación previamente preparado.

5 Los servicios están conectados al sistema y las tuberías o la conexión de tuberías está instalada para proporcionar un gas de producto al consumidor de gas. Típicamente, los servicios incluyen energía eléctrica y de manera opcional incluyen un compresor de refuerzo de producto, líneas de telecomunicaciones y aire de un instrumento.

10 El concepto transportado en contenedor cerrado y modular descrito anteriormente se puede usar en una variedad de aplicaciones por partes de los diseñadores expertos de sistemas de separación de gases. Debido a que estas sub-unidades de sistemas de separación de gases pueden ser manejados con montacargas de horquilla comunes, es posible que la facilidad de instalación de las sub-unidades pre-ensambladas en los contenedores de transporte ISO estándar y la configuración flexible dentro de los contenedores proporcionen facilidad de mantenimiento o minimicen las recorridos de tubería. Los sistemas de separación de gases transportados en contenedor cerrado descritos en el presente documento se pueden ensamblar en la tienda de fabricación de manera que los sistemas se encuentren básicamente listos para la operación llave en mano una vez que salen de la tienda. La instalación del sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado en el punto de instalación requiere una mínima preparación del lugar; únicamente se requiere una superficie de grava nivelada en lugar del bloque de hormigón que se requiere típicamente para los sistemas ensamblados en el sitio. Los sistemas de separación de gases transportados en contenedor se pueden descargar del trailer-tractor o del tren usando un montacargas sencillo de horquilla o dos montacargas de horquilla que operan en combinación, o se puede usar una grúa si se encuentra disponible y resulta necesaria. El único trabajo local adicional es la conexión de los sistemas transportados en contenedor cerrado a una fuente de alimentación y las conexiones de las tuberías para el suministro del gas de producto al usuario. De manera opcional, se puede llevar a cabo una conexión de línea telefónica u otra conexión de señal si se desea el control remoto del sistema. De manera adicional, el mantenimiento de campo principal es posible con solo un pequeño montacargas de horquilla.

30 Se pueden usar otras realizaciones de la invención en aplicaciones específicas en las que se desea una relación de energía de operación frente a costes de inversión. Por ejemplo, se puede proporcionar el oxígeno producido por los sistemas PSA en el intervalo de 4535,9 18143,6 kg/día (de 5 a 20 TPD) por parte del vendedor a los compradores bajo cualquiera de las dos configuraciones comerciales: (1) venta de un sistema PSA al comprador, quien posteriormente posee y opera el sistema (típicamente definido como "venta de equipamiento") y (2) venta de gas del comprador en el que el vendedor posee y opera el sistema (típicamente definido como "venta de gas"). El vendedor puede diseñar los sistemas de separación de gases PSA transportados en contenedor cerrado para satisfacer cualquiera de estos requisitos usando las realizaciones de la invención para proporcionar una cantidad dada de gas de producto con el equilibrio deseado entre coste de inversión y consumo energético durante la operación.

40 Típicamente, el sistema de PSA diseñado para minimizar el consumo energético presenta un coste de inversión más elevado; por el contrario, el sistema diseñado para minimizar el coste de inversión consume típicamente más energía. Cuando se instala el sistema de PSA transportado en contenedor cerrado en un tamaño de contenedor estándar dado, la mayoría del coste de inversión aumentado o disminuido se encuentra relacionado con el tamaño del recipiente adsorbedor y la cantidad de adsorbente en los recipientes, el tiempo de ciclo de PSA y la eficacia de los dispositivos de soplado de vacío y de alimentación. De manera general, los dispositivos de soplado más eficaces son más caros que los dispositivos de soplado menos eficaces. Tiempos de ciclo más cortos requieren menos adsorbente que tiempos de ciclo más largos, pero pueden conducir a una recuperación de producto menor y a un consumo de energía mayor.

50 Los sistemas de PSA descritos anteriormente se pueden modificar de acuerdo con otra realización de la invención con el fin de aumentar o disminuir la cantidad de adsorbente usada en el sistema transportado en contenedor cerrado. En esta realización, cada recipiente de adsorbente sencillo es sustituido por una pluralidad de recipientes más pequeños que operan en paralelo como un pseudo-lecho adsorbente sencillo. Esta característica se describe en la solicitud de patente de EE.UU. N°. 11/490.003 expedida el 20 de julio de 2006 titulada "Pressure Swing Adsorption Method and System with Multiple-Vessel Beds", cuya aplicación se incorpora por completo en el presente documento como referencia. Cuando se usan lechos de recipiente múltiple en el sistema PSA transportado en contenedor cerrado, se puede aumentar o disminuir la cantidad de adsorbente fácilmente modificando el número de recipientes que constituyen cada lecho. Esta realización se puede usar para "ajustar" un diseño al equilibrio deseado entre un coste de inversión menor / mayor energía y un coste de inversión mayor / menor energía.

60 Se pueden utilizar las realizaciones de la invención en modelos de negocio nuevos o modificados para la comercialización de sistemas de separación de gases. Debido a que los sistemas PSA de estas realizaciones son transportados completamente en contenedores cerrados, los sistemas son simples de instalar (no se requieren cimentaciones ni grúas) y se pueden desinstalar y mover fácilmente para el re-despliegue. Esta facilidad de re-despliegue de los sistemas transportados en contenedor cerrado permite más flexibilidad en las configuraciones comerciales, proporcionando de este modo opciones comerciales además de las configuraciones estándar de suministro de líquidos multi-anales o de las configuraciones in-situ a largo plazo. Debido a que el coste del oxígeno es muy competitivo, las realizaciones de la invención pueden conducir a nuevos mercados y a aplicaciones para el

uso de oxígeno. El enfoque de transporte en contenedor cerrado y modular descrito en el presente documento puede satisfacer las demandas de producto cada vez mayores y permite términos de fijación de precios flexibles desde el punto de vista de un suministro cada vez mayor a los compradores.

5 Al tiempo que se ha ilustrado anteriormente una realización de la invención de los sistemas de separación de gases transportados en contenedor cerrado por medio de sistemas PSA de cuatro lechos específicos que operan en un ciclo de ocho etapas, se puede usar cualquier número deseado de lechos y cualquier ciclo de PSA apropiado en otras realizaciones de la invención. Como se ha descrito anteriormente, cada recipiente de adsorbente sencillo de cualquier realización se puede sustituir por una pluralidad de recipientes más pequeños que operan en paralelo en un pseudo-lecho adsorbente sencillo. Mientras que anteriormente se ha ilustrado una realización de la presente invención para la recuperación de oxígeno a partir de aire por medio de una adsorción oscilante de presión, se puede usar el principio de sistemas de PSA transportados en contenedor cerrado para la separación de otros gases.

### Ejemplo

15 Se instaló un sistema de VPSA de 4 lechos como se ilustra en la Figura 3 en un contenedor ISO de 20 pies que tenía un volumen interno en vacío de aproximadamente 40,8 m<sup>3</sup> (1360 pie<sup>3</sup>). El sistema estaba formado por cuatro recipientes de adsorbente presentando cada uno una altura de lecho de 60 pulgadas y un diámetro externo de 30 pulgadas. Cada uno de los cuatro recipientes contenía una capa de pretratamiento de zeolita NaX en el extremo de alimentación del lecho que comprendía 20 % de la altura del lecho y una capa principal de zeolita de LiLSX que comprendía 80 % de la altura del lecho. El tanque de almacenamiento de gas de producto era 453,07 dm<sup>3</sup> (16 pies<sup>3</sup>) y se llenó con una zeolita de CaX para aumentar su capacidad eficaz de trabajo. Había dos dispositivos para el movimiento de aire, el compresión de vacío y el dispositivo de soplado de aire de alimentación, y ambos dispositivos para el movimiento de aire fueron dispositivos de soplado de tipo Root con silenciadores en la entrada y en las descargas. Se conectó el dispositivo de soplado de alimentación a una válvula de bolas indexada de cinco puertos que dirigió el flujo de alimentación hacia el interior de cada uno de los lechos de acuerdo con las etapas escogidas de ciclo de proceso y la duración. Se conectó el compresor de vacío a una segunda válvula de bola indexada de cinco puertos que proporcionó vacío a cada una de los cuatro lechos de acuerdo con las etapas escogidas de ciclo de proceso y la duración. Se conectó una tercera válvula indexada multi-puerto al extremo de producto de cada uno de los cuatro lechos para las compensaciones de presión y la purga.

Se operó el sistema de VPSA de acuerdo con el siguiente ciclo de proceso:

<u>Etapas</u>	<u>Duración, s</u>	<u>Descripción</u>
1	6,6	Alimentación
2	5,8	Alimentación y proporcionar represurizado
3	6,6	Proporcionar compensación
4	5,8	Proporcionar purga
5	6,6	Evacuación
6	5,8	Evacuación y recepción de purga
7	6,6	Compensación de recepción
8	5,8	Represurizado de recepción

35 Se operó el sistema con una tasa de producción de 3971,5 Pa·m<sup>3</sup>/s (2530 litros estándar por minuto (slpm)) o 4880,6 kg/día (5,38 toneladas/día) de caudal de producto con una pureza media de producto de 91 % en volumen de oxígeno. Esto compensa la tasa de producción de oxígeno presente de 4408,8 kg/día (4,86 toneladas al día). Las presiones del tanque de producto variaron de 41,4 a 48,3 kPa (de 6,0 a 7,0 psig) y las presiones del lecho del adsorbente variaron de 62 kPa (9,0 psig) a -9,5 pulgadas de Hg, medida en los extremos de producto de los recipientes. Se operó el sistema con temperaturas ambientales de contenedor de 55 °F externa y de 58 °F interna. La proporción del volumen exterior del contenedor con respecto al caudal de gas de producto fue de 7,6 m<sup>3</sup> / 907,18 kg al día (253 pies<sup>3</sup> / (toneladas al día)).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado adaptado para separar aire con el fin de proporcionar un gas de producto que contiene oxígeno y que comprende un contenedor ISO (301) que tiene componentes de un sistema de adsorción oscilante de presión instalados en el interior, comprendiendo los componentes del sistema de adsorción oscilante de presión instalado en el interior
- 10 (a) dos o más recipientes (101, 103, 105, 107), presentando cada recipiente un extremo de alimentación, un extremo de producto y un material adsorbente adaptado para adsorber nitrógeno de forma selectiva a partir de aire en forma de mezcla de gas de alimentación para proporcionar un gas de producto; y
- (b) un dispositivo (109) de soplado de alimentación adaptado para introducir la mezcla de gas de alimentación en el interior de los extremos de alimentación de los recipientes y un accionador (233) del dispositivo de soplado de alimentación;
- 15 **que se caracteriza por que**
- (c) los componentes instalados en el contenedor ISO (301) comprenden además un dispositivo (111) de soplado de vacío adaptado para extraer el gas residual de los extremos de alimentación de los recipientes y un accionador (233) del dispositivo de soplado de vacío,
- (d) un tanque (150) de almacenamiento de gas de producto a partir del cual se proporciona gas de producto al consumidor y
- 20 (e) una válvula (217) multi-puerto rotatoria indexada adaptada para poner el extremo de producto de cada recipiente en comunicación de flujo secuencial con el extremo de producto de los otros recipientes;
- (f) y el sistema de adsorción oscilante de presión se adapta para suministrar el gas de producto con un caudal de gas de producto y la proporción de volumen exterior del contenedor ISO con respecto a caudal de gas de producto es menor que aproximadamente  $60 \text{ m}^3/907 \text{ kg al día}$  ( $2000 \text{ pies}^3/\text{tonelada al día}$ ).
- 25 2. El sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado de la Reivindicación 1, en el que el sistema se adapta para proporcionar un gas de producto que comprende al menos 80 % en volumen de oxígeno.
- 30 3. El sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado de la reivindicación anterior que tiene cuatro recipientes, conteniendo cada uno el material adsorbente adaptado para adsorber de forma selectiva nitrógeno procedente del aire.
- 35 4. El sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado de la Reivindicación 1 que comprende dos contenedores ISO, presentando cada contenedor instalado en su interior un sistema de adsorción oscilante de presión que comprende
- 40 (a) dos o más recipientes, presentando cada recipiente un extremo de alimentación, un extremo de producto y un material adsorbente adaptado para adsorber nitrógeno de forma selectiva desde la mezcla de gas de alimentación para proporcionar un gas producto;
- (b) un tanque de almacenamiento de gas producto que tiene una entrada y una salida;
- (c) un dispositivo de soplado de alimentación adaptado para introducir la mezcla de gas de alimentación en el interior de los extremos de alimentación de los recipientes y un accionador del dispositivo de soplado de alimentación;
- 45 (d) un dispositivo de soplado a vacío adaptado para extraer el gas residual de los extremos de alimentación de los recipientes y un accionador del dispositivo de soplado a vacío;
- en el que las salidas de los tanques de almacenamiento de gas de producto están conectadas a una tubería de suministro de producto sencilla.
- 50 5. El sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado de la Reivindicación 4, en el que se instalan dos contenedores ISO en el punto de operación a nivel del suelo.
- 55 6. El sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado de la Reivindicación 4, en el que el primero de los contenedores ISO es instalado en un punto de operación a nivel del suelo y el segundo de los contenedores ISO se encuentra apilado sobre la parte superior del primer contenedor ISO.
- 60 7. El sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado de cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el sistema de adsorción oscilante de presión se adapta para separar aire con el fin de proporcionar un gas de producto que contiene oxígeno que tiene una composición de al menos 80 % en volumen de oxígeno y el sistema de adsorción oscilante de presión comprende
- 65 (a) al menos cuatro recipientes (101, 103, 105, 107) instalados en el contenedor ISO (301) junto con el tanque de almacenamiento del gas de producto, presentando cada recipiente un extremo de alimentación, un extremo de producto y un material adsorbente adaptado para adsorber de forma selectiva nitrógeno procedente del aire para proporcionar un gas de producto que contiene oxígeno con un caudal de gas de

- producto igual o menor que el caudal de diseño de gas de producto;  
 (b) el tanque de almacenamiento de gas de producto;  
 (c) el dispositivo de soplado de alimentación adaptado para introducir aire presurizado en el interior de los extremos de alimentación de los recipientes y un accionador de dispositivo de soplado de alimentación;  
 5 (d) el dispositivo de soplado a vacío adaptado para extraer el gas residual de los extremos de alimentación de los recipientes y un accionador de dispositivo de soplado a vacío; y  
 (e) la válvula (217) multi-puerto rotatoria indexada adaptada para colocar el extremo de producto de cada recipiente en comunicación de flujo secuencial con el extremo de producto de cada uno de los otros recipientes.
- 10 8. El sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado de la Reivindicación 7, en el que el contenedor ISO es un contenedor ISO de 20 pies y el sistema de adsorción oscilante de presión está adaptado para proporcionar un caudal de gas de producto máximo entre 3 y 8 toneladas al día de flujo de gas de producto que contiene oxígeno.
- 15 9. El sistema de separación de gases transportado en contenedor de la Reivindicación 7 en el que el material adsorbente de al menos cuatro recipientes comprende uno o más adsorbentes escogidos entre el grupo que consiste en alúmina, CaA, NaX, CaX y zeolitas LiX.
- 20 10. El sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado de cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el tanque de almacenamiento de gas de producto contiene un adsorbente selectivo frente a oxígeno.
- 25 11. El sistema de separación de gases transportado en contenedor de cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la proporción de volumen exterior del contenedor ISO con respecto a caudal de producto es menor que aproximadamente 30 m<sup>3</sup>/907 kg al día (2000 pies<sup>3</sup>/tonelada al día).
- 30 12. El sistema de separación de gases transportado en contenedor cerrado de cualquiera de las reivindicaciones anteriores que además comprende  
 (g) una válvula (229) multi-puerto rotatoria indexada para introducir la mezcla de gas de alimentación en el interior de los extremos de alimentación de los recipientes;  
 (h) y una válvula (231) multi-puerto rotatoria indexada para extraer el gas residual de los extremos de alimentación de los recipientes.
- 35 13. Un método para la recuperación de un gas de producto que contiene oxígeno con una composición de al menos 80 % en volumen de oxígeno a partir de aire como mezcla de gas de alimentación mediante un sistema de adsorción oscilante de presión instalado en un contenedor ISO, **caracterizado por que** el método comprende  
 40 (a) instalar un sistema de adsorción oscilante de presión en el contenedor ISO, en el que el sistema de adsorción oscilante de presión comprende  
 45 (1) dos o más recipientes, presentando cada recipiente un extremo de alimentación, un extremo de producto y un material adsorbente adaptado para adsorber nitrógeno de forma selectiva procedente de la mezcla de gas de alimentación para proporcionar el gas de producto con un caudal de gas de producto;  
 (2) un tanque de almacenamiento de gas de producto a partir del cual se proporciona gas de producto al consumidor;  
 50 (3) un dispositivo de soplado de alimentación adaptado para introducir la mezcla de gas de alimentación en el interior de los extremos de alimentación de los recipientes y un accionador del dispositivo de soplado de alimentación;  
 (4) un dispositivo de soplado a vacío adaptado para extraer el gas residual de los extremos de alimentación de los recipientes y un accionador de dispositivo de soplado a vacío; y  
 55 (5) una válvula multi-puerto rotatoria indexada para poner el extremo de producto de cada recipiente en comunicación de flujo secuencial con el extremo de producto de cada uno de los otros recipientes;  
 (b) introducir la mezcla de gas de alimentación en el interior de un primer recipiente y extraer el gas de producto del primer recipiente con un caudal de gas de producto en el que la proporción de volumen exterior del contenedor ISO con respecto al caudal de gas de producto es menor que aproximadamente 60 m<sup>3</sup>/907 kg al día (2000 pies<sup>3</sup> / tonelada al día);  
 60 (c) despresurizar el primer recipiente extrayendo el gas de despresurizado del extremo de producto del recipiente y transferir el gas de despresurizado al extremo de producto de otro recipiente por medio de la válvula de producto multi-puerto rotatoria indexada mientras que la válvula de producto multi-puerto rotatoria indexada se encuentra en una primera posición rotacional indexada;  
 65 (d) extraer el gas residual del extremo de alimentación del primer recipiente;  
 (e) presurizar el primer recipiente introduciendo en el interior del extremo de producto del recipiente un gas de

despresurizado proporcionado desde otro recipiente que está experimentando la etapa (c), en el que el gas es transferido por medio de la válvula de producto multi-puerto rotatoria indexada, al tiempo que la válvula de producto multi-puerto rotatoria indexada se encuentra en una segunda posición rotacional indexada y (f) repetir las etapas (b) a (e) de manera cíclica.

5 14. El método de la reivindicación anterior en el que todo el gas introducido en el interior del extremo de producto de cualquiera de los recipientes procede de otro de los recipientes respectivos instalado en el contenedor ISO en lugar de proceder del tanque de almacenamiento de gas de producto.

10 15. Un método para la instalación de un sistema de adsorción oscilante de presión de acuerdo con cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 12 en el punto de operación, en el que el método comprende

15 (a) instalar los componentes del sistema de adsorción oscilante de presión en uno o más contenedores ISO en el punto de ensamblaje para proporcionar un sistema de adsorción oscilante de presión transportado en contenedor cerrado,

(b) transportar el sistema de adsorción oscilante de presión transportado en contenedor cerrado desde el punto de ensamblaje hasta el punto de operación; y

20 (c) descargar el sistema de adsorción oscilante de presión transportado en contenedor cerrado y colocarlo en el punto de operación, conectar los servicios al sistema e instalar las tuberías adaptadas para proporcionar el gas de producto al consumidor de gas.

16. El método de la reivindicación anterior, en el que el sistema de adsorción oscilante de presión transportado en contenedor cerrado es desplazado por medio de uno o más sistemas de transporte que se escogen entre el grupo que consiste en camión, tren, lancha, barco y avión.

25

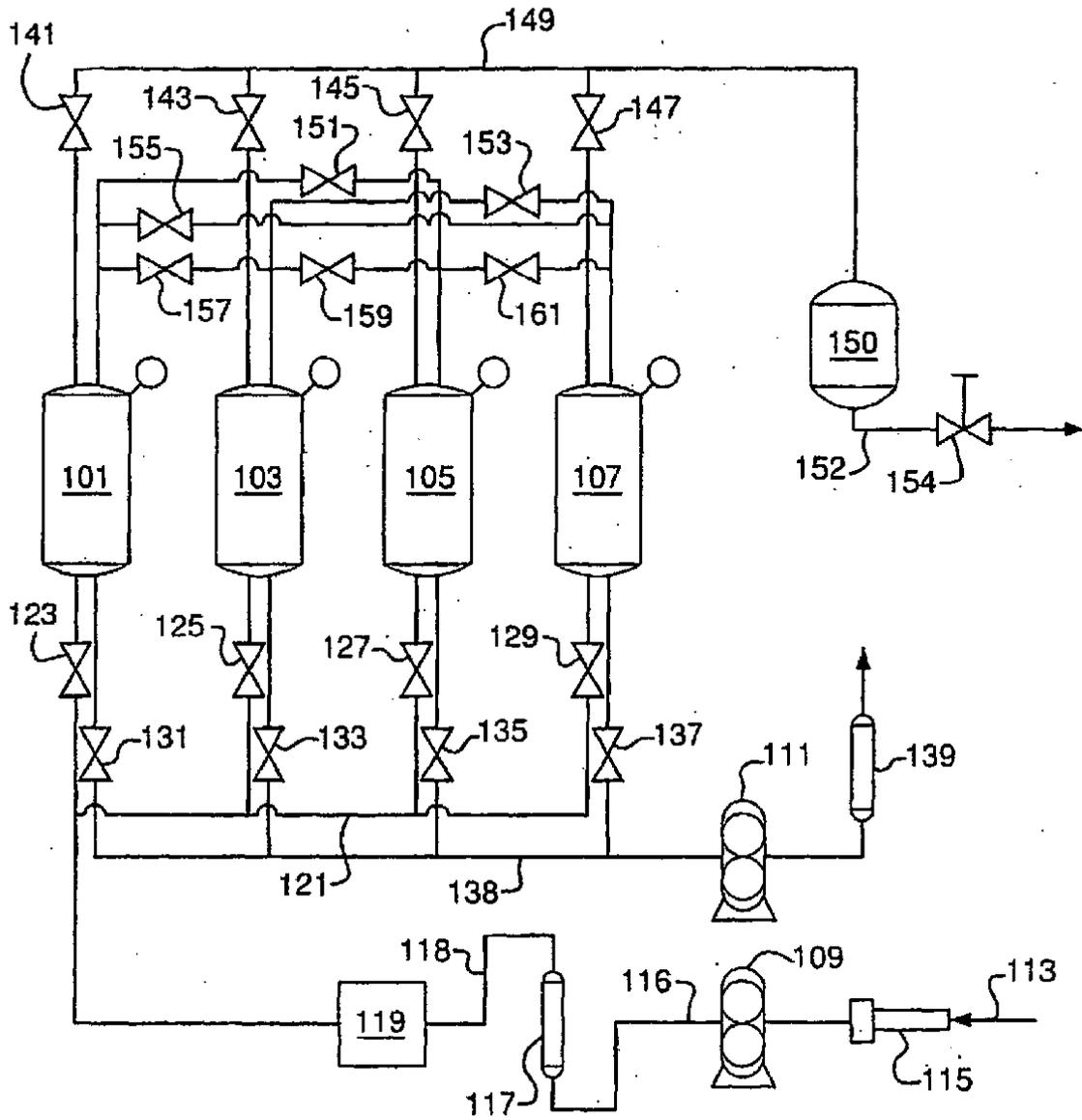


FIG. 1

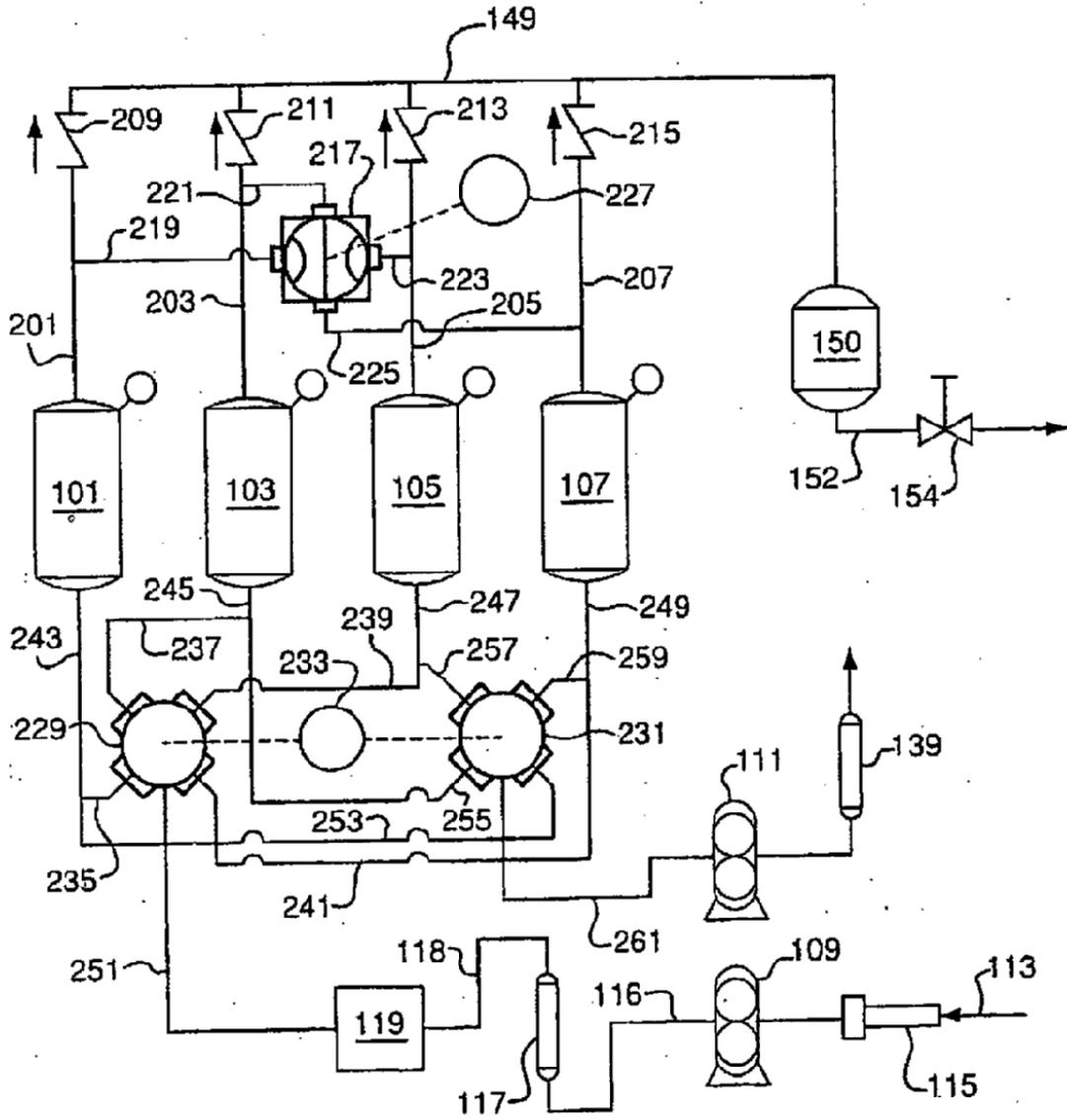


FIG. 2

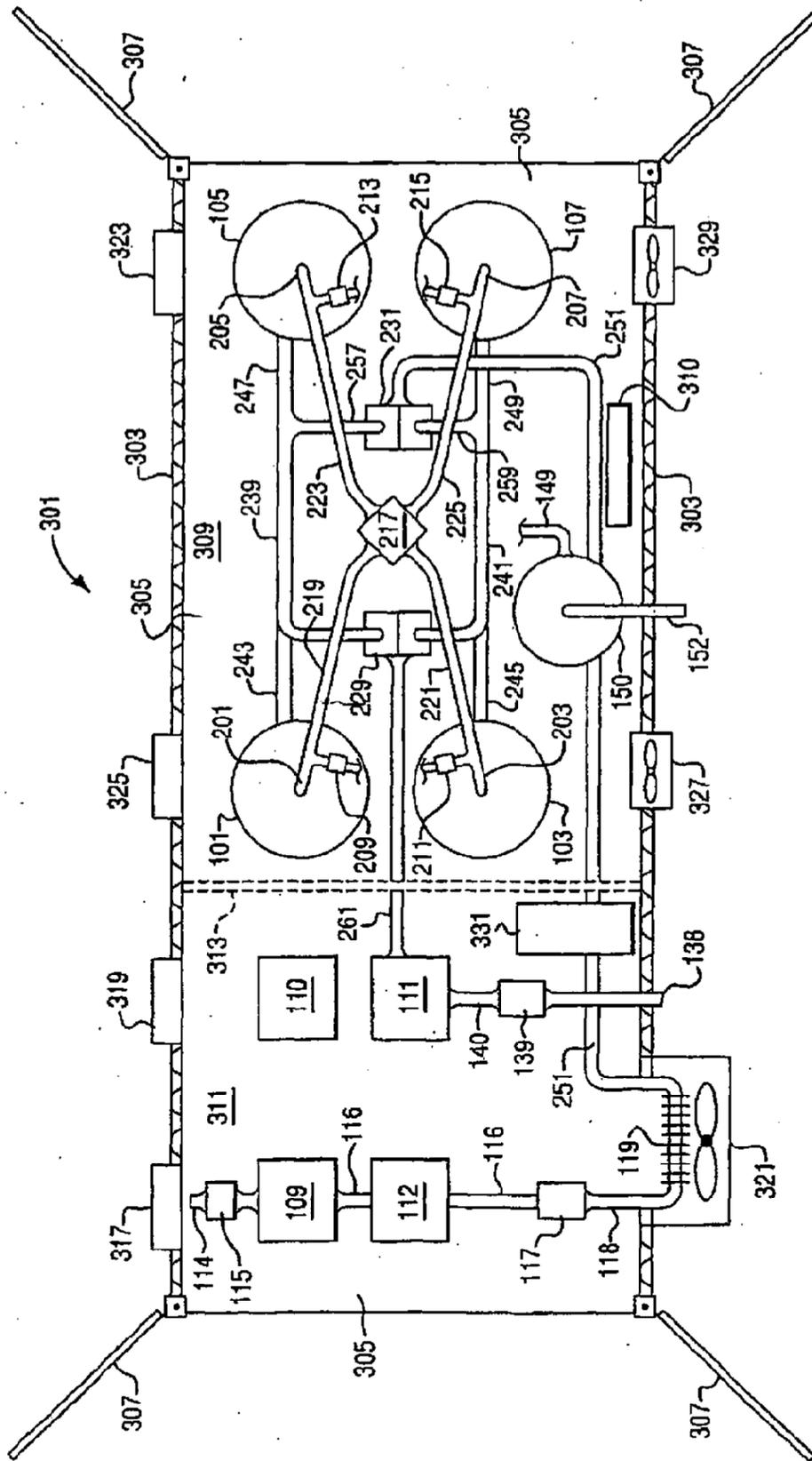


FIG. 3