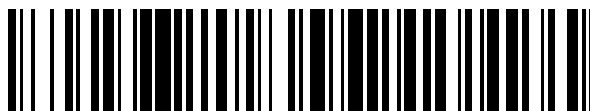


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 843**

51 Int. Cl.:

**C01B 3/56** (2006.01)

**B01D 53/047** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2013** E 13161610 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2018** EP 2647597

54 Título: **Proceso de adsorción**

30 Prioridad:

**03.04.2012 US 201213438560**

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

**08.05.2018**

73 Titular/es:

**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)  
7201 Hamilton Boulevard  
Allentown, PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:

**HSU, KUO-KUANG;  
BERG, JONATHAN JAMES;  
XU, JIANGUO y  
WEIST, EDWARD LANDIS**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 666 843 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

Proceso de adsorción

## ANTECEDENTES

- 5 La producción de hidrógeno por el vapor de reforma de hidrocarburos es bien conocida. En el proceso básico un hidrocarburo, o una mezcla de hidrocarburos, es inicialmente tratada para eliminar trazas de contaminantes tales como sulfuros y olefinas, que podrían afectar adversamente al catalizador reformador.
- 10 El hidrocarburo pretratado es típicamente comprimido, por ejemplo hasta aproximadamente de 1,5 MP a 3MPa, y combinado con un vapor a alta presión, que está a aproximadamente 5 MPa, antes de entrar en el horno reformador. El reformador propiamente dicho contiene convencionalmente unos tubos empaquetados con un catalizador a través de los cuales pasa la mezcla vapor/hidrocarburo. Una temperatura elevada, por ejemplo aproximadamente 860°C se mantiene para impulsar la reacción, que es endotérmica.
- 15 El efluente procedente del horno reformador es principalmente H<sub>2</sub>, CO, y CO<sub>2</sub> en una proporción próxima a cantidades de equilibrio a la temperatura y presión del horno con una menor cantidad de metano. El reformado es convencionalmente introducido en un reactor de desplazamiento de una o dos etapas para formar H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> adicionales. El reactor de desplazamiento convierte el CO en CO<sub>2</sub> con la liberación de hidrógeno adicional por reacción a alta temperatura en la presencia de vapor. La combinación hidrocarburo / reformador de vapor y
- 20 convertidor de desplazamiento es bien conocida por aquéllos con una experiencia normal en la técnica.
- Se han propuesto varios procesos para separar el efluente del convertidor de desplazamiento para recuperar hidrógeno y CO<sub>2</sub> de ellos.
- 25 En tal método el efluente del convertidor de desplazamiento, que comprende H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, y H<sub>2</sub>O con menores cantidades de CH<sub>4</sub> y CO, es introducido en una unidad de adsorción basada en solvente químico selectiva para CO<sub>2</sub>. Tal unidad opera en el bien conocido lavado de amina o procesos Benfield en los que el CO<sub>2</sub> es eliminado del efluente por disolución en una solución adsorbente, es decir una solución de amina o una solución de carbonato potásico, respectivamente. Convencionalmente, tales unidades eliminaron aproximadamente el 95% del CO<sub>2</sub> en el
- 30 efluente del convertidor de desplazamiento.
- En otro método los sistemas de adsorción por oscilación de presión (PSA) o sistemas de oscilación cíclica de presión de vacío (VPSA) están siendo empleados para eliminar el CO<sub>2</sub> de las corrientes de reformado desplazado. Estos sistemas están diseñados para fraccionar unas mezclas gaseosas por adsorción selectiva en la que la mezcla
- 35 gaseosa es pasada a través de una pluralidad de columnas de adsorción que contienen lechos de adsorbente que selectivamente retienen el CO<sub>2</sub>.
- La presente invención a las técnicas de adsorción por oscilación de presión en vacío.
- 40 Las divulgaciones relacionadas incluyen la Patente de EEUU N° 4.171.206, Patente de EEUU N° 4.299.596, Patente de EEUU N° 4.770.676, Patente de EEUU N° 4.790.858, Patente de EEUU N° 4.840.647, Patente de EEUU N° 4.857.083, Patente de EEUU N° 4.869.894, Patente de EEUU N° 4.913.709, Patente de EEUU N° 4.915.711, Patente de EEUU N° 4.963.339, Patente de EEUU N° 5.000.925, 5.026.406, Patente de EEUU N° 5.051.115, Patente de EEUU N° 5.133.785, Patente de EEUU N° 5.248.322, Patente de EEUU N° 5.354.346, Patente de EEUU
- 45 N° 6.245.127, Patente de EEUU N° 7.550.030, Patente de EEUU N° 7.618.478, Patente de EEUU N° 7.740.688, y Patente de EEUU N° RE31.014.
- El CO<sub>2</sub> producido de acuerdo con la presente invención puede ser usado para cualquier fin deseado. Por ejemplo, el CO<sub>2</sub> producido puede ser usado para licuefacción para producir productos de calidad para alimentación, CO<sub>2</sub> supercrítico para la recuperación mejorada del petróleo o simplemente CO<sub>2</sub> para inhibición para impedir gases de
- 50 invernadero adicionales en la atmósfera con el fin de satisfacer requerimientos reglamentarios.
- La industria desea separar CO<sub>2</sub> de corrientes que contienen CO<sub>2</sub> a alta presión, por ejemplo, corrientes de reformado que tienen una presión que va de 1 MPa a 7 MPa.
- 55 La industria desea una recuperación aumentada de CO<sub>2</sub>. La industria desea una recuperación de CO<sub>2</sub> mayor de 90 moles %.
- La industria desea una alta pureza del CO<sub>2</sub>. La industria desea una alta pureza en la corriente del producto de CO<sub>2</sub> de al menos 95 moles % en seco.
- 60 La industria desea una alta pureza del CO<sub>2</sub> a partir de un sistema de adsorción en el que no se requiere más purificación posterior que la condensación de agua.
- 65 La industria desea reducir los costes de compresión en procesos de adsorción que separan CO<sub>2</sub> del que contiene mezclas usando técnicas de adsorción por oscilación de presión.

## BREVE COMPENDIO

La presente invención se refiere a un proceso, de acuerdo con las reivindicaciones que se acompañan, para separar un primer gas de una mezcla de gas alimentado en al menos cinco lechos de adsorción, comprendiendo el gas alimentado y un segundo gas, conteniendo los al menos cinco lechos de adsorción cada uno un adsorbente selectivo para el primer gas. Hay varios aspectos para la revelación, como se bosquejarán más adelante.

Aspecto 1 – Un proceso que comprende someter cada uno de los cinco lechos de adsorción a un ciclo repetitivo que comprende, en secuencia, (a) un paso de alimentación, (b) un paso de enjuagado, (c) un paso de igualación de la disminución de la presión, (d) un paso de soplado, (e) un paso de evacuación, (f) un paso de igualación de aumento de la presión, y (g) un paso de puesta a presión de nuevo, en donde:

el paso de alimentación (a) comprende introducir la mezcla de gas de alimentación a una presión de gas de alimentación que va de 1 MPa a 7 MPa en un lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y adsorbiendo el primer gas en el adsorbente en el lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación mientras que simultáneamente extrae un gas efluente agotado del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación;

el paso de enjuagado (b) comprende introducir en el sentido de la corriente un gas de enjuagado que comprende el primer gas a una presión del gas de enjuagado que va de 0,5 a 1 veces la presión del gas de alimentación o a una presión del gas de enjuagado que va de 0,5 a 0,8 veces la presión del gas de alimentación en un lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado mientras que simultáneamente en el sentido de la corriente extrae un efluente de gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado, en donde el gas efluente de enjuagado es mezclado con el gas efluente de otro lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y/o es usado para aumentar la presión en otro lecho de adsorción;

el paso (c) de igualación decreciente de la presión comprende en el sentido de la corriente extraer un gas de igualación a presión de un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación decreciente de la presión, y pasar el gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación de aumento de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación decreciente de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación de aumento de la presión;

el paso (d) de soplado comprende extraer un gas de soplado de un lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado y que comprime el gas soplado para aumentar la presión del gas soplado formando de este modo el gas de enjuagado para el lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado;

el paso (e) de evacuación comprende extraer una corriente del producto que comprende el primer gas de un lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación a una presión de evacuación suficiente para desorber el primer gas para formar la corriente del producto y comprimir la corriente del producto para aumentar la presión de la corriente del producto;

el paso (f) de igualación de aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el gas a la presión de igualación del lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación decreciente de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación de incremento de la presión; y

el paso (g) de puesta a presión de nuevo comprende aumentar la presión en un lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo hasta que el lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo esté sustancialmente a la misma presión del gas de alimentación, por al menos uno de (g1) introducir en el sentido de la corriente la mezcla de gas en el lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo, y (g2) introducir a contracorriente una porción del gas efluente agotado en el primer gas del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo; y en donde si el gas efluente de enjuagado se usa para aumentar la presión en otro lecho de adsorción, entonces el ciclo repetitivo comprende además un paso de igualación del efluente del gas de enjuagado, que es después del paso (f) de igualación de aumento de la presión y antes del paso (g) de puesta a presión de nuevo en el ciclo repetitivo, en donde el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado comprende introducir a contracorriente al menos una porción del efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado en una lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado.

Aspecto 2 – El proceso del aspecto 1 en el que el primer gas es CO<sub>2</sub> y el segundo gas es H<sub>2</sub>.

Aspecto 3 - El proceso del aspecto 2 en el que la mezcla del gas de alimentación comprende CO.

Aspecto 4 - El proceso del aspecto 3 en el que la mezcla del gas de alimentación comprende 50 moles en % a 90 moles en % de H<sub>2</sub>, 1 mol en % a 15 moles en % de CH<sub>4</sub>, 10 moles en % a 25 moles en % de CO<sub>2</sub> y 1 mol en % a 10 moles en % de CO.

Aspecto 5 - El proceso de los aspectos 1-4 en el que la presión de evacuación va de 7 kPa a 95 kPa o de 7 kPa a 50 kPa.

Aspecto 6 – El proceso de cualquiera de los aspectos 1-5 en donde la presión del gas de alimentación va de 1,8 MPa a 3,6 MPa.

5 Aspecto 7- El proceso de cualquiera de los aspectos 1-6 en donde el gas de soplado es extraído del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado hasta que la presión en el lecho de adsorción experimenta el paso de soplado alcanza una presión de soplado que va de 100 kPa a 500 kPa o de 100 kPa a 200 kPa.

10 Aspecto 8 – El proceso de cualquiera de los aspectos 1-7 en donde el gas de soplado en el paso (d) de soplado es extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado.

Aspecto 9 - El proceso de cualquiera de los aspectos 1-7 en donde el gas de soplado en el paso (d) de soplado es extraído a contracorriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado.

15 Aspecto 10 - El proceso de cualquiera de los aspectos 1-7 en donde el gas de soplado en el paso (d) de soplado es extraído en el sentido de la corriente y a contracorriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado.

Aspecto 11 – El proceso de cualquiera de los aspectos 1 – 10 en donde la corriente del producto en el paso (e) de evacuación es extraída en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación.

20 Aspecto 12 – El proceso de cualquiera de los aspectos 1 – 10 en donde la corriente del producto en el paso (e) de evacuación es extraída a contracorriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación.

25 Aspecto 13 - El proceso de cualquiera de los aspectos 1 – 10 en donde la corriente del producto en el paso (e) de evacuación es extraída en el sentido de la corriente y a contracorriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación.

30 Aspecto 14 - El proceso de cualquiera de los aspectos 1 – 13 que además comprende un paso de igualación del gas de enjuagado efluente, en donde el paso de igualación del gas de enjuagado efluente es después del paso (f) de igualación de aumento de la presión y antes del paso (g) de puesta a presión de nuevo en el ciclo repetitivo, en donde:

35 el paso de igualación del gas de enjuagado efluente comprende introducir a contracorriente al menos una porción del efluente de gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado en un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del gas de enjuagado efluente.

40 Aspecto 15 – El proceso de cualquiera de los aspectos 1-13 que además comprende un paso de igualación del gas de enjuagado efluente, en donde el paso de igualación del gas de enjuagado efluente es después del paso (f) de igualación de aumento de la presión y antes del paso (g) de puesta a presión de nuevo en el ciclo repetitivo, en donde:

45 el paso de igualación del gas de enjuagado efluente comprende introducir a contracorriente al menos una porción del gas de enjuagado efluente, del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado en un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado mientras que simultáneamente al menos uno de (i) introducir en el sentido de la corriente el gas de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del gas de enjuagado efluente, y (ii) introducir a contracorriente una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del gas de enjuagado efluente.

50 Aspecto 16 – El proceso de cualquiera de los aspectos 1-15 que además comprende un segundo paso de disminución de la presión y un segundo paso de igualación de aumento de la presión, en donde el segundo paso de igualación de la disminución de la presión es después del paso (c) de igualación de disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el segundo paso de igualación de aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del paso (f) de igualación de aumento de la presión en el ciclo repetitivo, en donde:

55 el segundo paso de igualación que disminuye la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un segundo gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el segundo gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de aumento de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de aumento de la presión; y el segundo paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el segundo gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la

60

65

disminución de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión.

5 Aspecto 17 – El proceso del aspecto 16 que además comprende un tercer paso de igualación de la disminución de la presión y un tercer paso de igualación de aumento de la presión, en donde el tercer paso de igualación de la disminución de la presión es después del segundo paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el tercer paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del segundo paso de igualación del aumento de la presión, en donde:

10 el tercer paso de igualación de la disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un tercer gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el tercer gas de actualización de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de aumento de la presión; y  
 15 el tercer paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el tercer gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la disminución de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de aumento de la presión.

20 Aspecto 18 – El proceso del aspecto 17 que además comprende un cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y un cuarto paso de igualación del aumento de la presión, en donde el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión es después del tercer paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el cuarto paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del paso de igualación del aumento de la presión, en donde:

25 el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un cuarto gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el cuarto gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del aumento de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción experimentando el cuarto paso de la igualación del aumento de la presión; y  
 30 el cuarto paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el cuarto gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la presión.  
 35

Aspecto 19 - El proceso de cualquiera de los aspectos 1-15 que además comprende un segundo paso de igualación de la disminución de la presión y un segundo paso de igualación del aumento de la presión, en donde el segundo paso de igualación de la disminución de la presión es después del paso (a) de alimentación y antes del paso (b) de enjuagado en el ciclo repetitivo, en donde el segundo paso de igualación del aumento de la presión es después del paso de igualación del aumento de la presión y antes del paso (g) de puesta a presión de nuevo en el ciclo repetitivo, en donde:

40 el segundo paso de igualación de la disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un segundo gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el segundo gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión; y  
 45 el segundo paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el segundo gas de igualación del lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión mientras que simultáneamente al menos uno de (i) introducir en el sentido de la corriente el gas de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión, y (ii) introducir a contracorriente una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión.  
 50  
 55

60 Aspecto 20 - El proceso del aspecto 19 que además comprende un tercer paso de igualación de la disminución de la presión y un tercer paso de igualación del aumento de la presión, en donde el tercer paso de igualación de la disminución de la presión es después del segundo paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el tercer paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del segundo paso de igualación del aumento de la presión en el ciclo repetitivo, en donde:  
 65

el tercer paso de igualación de la disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un tercer gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el tercer gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del aumento de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del aumento de la presión; y el tercer paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el tercer gas de igualación del lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la disminución de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del aumento de la presión.

Aspecto 21 – El proceso del aspecto 20 que además comprende un cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y un cuarto paso de igualación del aumento de la presión, en donde el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión es después del tercer paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el cuarto paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del tercer paso de igualación del aumento de la presión, en el que:

el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un cuarto gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el cuarto gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del aumento de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del aumento de la presión; y el cuarto paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el cuarto gas de igualación del lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del aumento de la presión.

Aspecto 22 – El proceso de cualquiera de los aspectos 17, 18, 20 o 21 que además comprende un paso de proporcionar un paso de purga y un paso de purga, en donde el paso de purga es después del tercer paso de igualación de la disminución de la presión o del cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el paso de purga es después del paso (e) de evacuación y antes del tercer paso de igualación del aumento de la presión o del cuarto paso de igualación de la presión, en donde:

el paso de proporcionar la purga comprende extraer en el sentido de la corriente un gas de purga del lecho de adsorción que experimenta el paso de proporcionar la purga, y pasar el gas de purga a un lecho de adsorción que experimenta el paso de purga; y el paso de purga comprende introducir a contracorriente el gas de purga del lecho de adsorción que experimenta proporcionar el paso de purga en el lecho de adsorción que experimenta el paso de purga mientras que se extrae a contracorriente un efluente del gas de purga que comprende el primer gas del lecho de adsorción que experimenta el paso de purga a la presión de evacuación y que combina el efluente del gas de purga con la corriente del producto.

Aspecto 23 – El proceso del aspecto 22 en donde el paso de proporcionar la purga comprende además introducir en el sentido de la corriente simultáneamente un gas de enjuagado simultáneamente con la extracción del gas de purga.

Aspecto 24 – El proceso de cualquiera de los aspectos 1-23 en donde el aumento de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el paso (g) de puesta a presión de nuevo, que además comprende introducir a contracorriente al menos una porción del efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado.

Aspecto 25 - El proceso de cualquiera de los aspectos 1-24 en donde el gas de soplado no está mezclado con la mezcla del gas de alimentación.

Aspecto 26 - El proceso de cualquiera de los aspectos 1-25 en donde ninguno de los al menos cinco lechos de adsorción está sometido a un paso de igualación de la presión con un lecho de adsorción no sometido al ciclo repetitivo.

Aspecto 27 - El proceso de cualquiera de los aspectos 1-26 en donde el paso de puesta a presión de nuevo no comprende la introducción de un gas efluente del lecho de adsorción que no está sometido al ciclo repetitivo.

Aspecto 28 - El proceso de cualquiera de los aspectos 1-27 en donde dos o más de los lechos de adsorción están al mismo tiempo experimentando el paso de evacuación.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS**

La Figura 1 es un diagrama de flujos del proceso para un sistema de adsorción ejemplar de 5 lechos.  
La Figura 2 es una tabla de ciclos para un ciclo de adsorción de 5 lechos.

La Figura 3 es una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas de la tabla de ciclos de la Figura 2.

La Figura 4 es una tabla de ciclos de un ciclo de lecho de adsorción.

5 La Figura 5 es una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas de la tabla de ciclos de la

Figura 4.

La Figura 6 es una tabla de ciclos para un ciclo de 7 lechos de adsorción.

La Figura 7 es una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para la tabla de ciclos de la Figura 6.

10 La Figura 8 es una tabla de ciclos para un ciclo de 8 lechos de adsorción.

La Figura 9 es una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para la tabla de ciclos de la Figura 8.

La Figura 10 es una tabla de ciclos para un ciclo de 9 lechos de adsorción.

La Figura 11 es una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para la tabla de ciclos de la Figura 10

15 La Figura 12 es una tabla de ciclos para un ciclo de 10 lechos de adsorción.

La Figura 13 es una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para la tabla de ciclos de la Figura 12.

La Figura 14 es una tabla de ciclos para un ciclo de 12 lechos de adsorción.

20 La Figura 15 es una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para la tabla de ciclos de la

Figura 14.

La Figura 16 es una tabla de ciclos para un ciclo comparativo de 5 lechos de adsorción.

La Figura 17 es una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para la tabla de ciclos de la Figura 16.

25 La Figura 18 es una tabla de ciclos para un ciclo comparativo de 6 lechos de adsorción.

La Figura 19 es una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para la tabla de ciclos de la Figura 18.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 Los artículos "uno" y "una" como se usan aquí significan uno o más cuando se aplican a cualquier característica en realizaciones de la presente invención descrita en la especificación y reivindicaciones. El uso de "uno" y "una" no limita el significado a una única característica a menos que tal limitación sea declarada específicamente. El artículo "el" "los" "la" "las" precediendo a nombres singulares o plurales o frases nominales significa una característica especificada particular o características especificadas particulares y puede tener una connotación singular o plural que depende del contexto en el que se use. El adjetivo "alguno" "alguna" significa uno, algunos, o todos indiscriminadamente 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. El término "y/o" colocado entre las dos últimas entidades de una lista de 3 o más entidades significa al menos una de las entidades en la lista.

40 La frase "al menos una porción" significa "una porción o todo". La al menos una porción de una corriente puede tener la misma composición que la corriente de la cual se ha derivado. La al menos una porción de una corriente puede incluir unos componentes específicos de la corriente de la cual se ha derivado.

45 Como se usa aquí, los porcentajes de concentración son moles por ciento.

Las presiones son presiones absolutas a menos que específicamente se indique que son presiones manométricas.

50 El presente proceso es un proceso de adsorción para separar un primer gas de una mezcla de gas de alimentación que comprende el primer gas y un segundo gas. El primer gas puede ser CO<sub>2</sub> y el segundo gas puede ser H<sub>2</sub>. La mezcla de gas de alimentación puede además comprender un tercer gas. El tercer gas puede ser CO. La mezcla de gas de alimentación puede ser, por ejemplo, un reformado de un proceso de reforma de vapor-hidrocarburo. El reformado puede haber sido desplazado en un reactor de desplazamiento. La mezcla de gas de alimentación como un reformado puede comprender CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, y H<sub>2</sub>O. La mezcla de gas de alimentación puede ser proporcionada al proceso de adsorción sin ser procesada en un H<sub>2</sub> PSA, donde H<sub>2</sub> es retirado de la corriente del reformado.

55 Como los procesos de adsorción por oscilación de presión por vacío (VPSA) son bien conocidos, una persona con una habilidad ordinaria en la técnica puede construir un sistema de adsorción adecuado para realizar el proceso aquí descrito. El equipo adecuado para realizar el proceso es bien conocido en la técnica. Las condiciones de operación no específicamente aquí reveladas adecuadas para uso en el proceso aquí descrito pueden ser determinadas por una persona experta en la técnica sin excesiva experimentación.

60 El proceso puede ser realizado en unos lechos adsorbentes de flujo axial o unos lechos adsorbentes de flujo radial.

65 Cada uno de los lechos de adsorción tiene un "extremo de entrada" y un "extremo de descarga", así denominados debido a su función durante el paso de alimentación (también llamado el paso de adsorción) del ciclo de adsorción.

Una mezcla de gas de alimentación es introducida en el “extremo de carga” del lecho de adsorción y un gas del efluente es extraído del “extremo de descarga” durante el paso de alimentación del ciclo. Durante otros pasos del ciclo de adsorción, el gas puede ser introducido o extraído del “extremo de entrada”. Igualmente, durante otros pasos del ciclo de adsorción el gas puede ser introducido o extraído del “extremo de descarga”.

El proceso de adsorción puede ser realizado en una pluralidad de lechos de adsorción que comprenden al menos cinco lechos de adsorción. La Figura 1 muestra un diagrama de flujos del proceso con unos lechos de adsorción 10A, 20A, 30A, 40A y 50A, para un sistema de adsorción ejemplar apropiado para un ciclo de 5 lechos. La Figura 1 muestra unos lechos de adsorción gemelos opcionales 10B, 20B, 30B, 40B, y 50B, que pueden operar en una manera complementaria, por ejemplo 180° fuera de fase, con los lechos de adsorción 10A, 20A, 30A, 40A y 50A. Mientras que la Figura 1 muestra unos lechos de adsorción gemelos opcionales que pueden operar complementariamente, el sistema de adsorción puede ser configurado para operar 3 o más lechos de adsorción complementariamente, por ejemplo 120° (para 3 lechos), 90° (para 4 lechos), 72° (para 5 lechos), 60° (para 6 lechos) fuera de fase. Un ciclo de cinco lechos de adsorción puede operar con cinco lechos de adsorción, 10 lechos de adsorción, 15 lechos de adsorción, y así sucesivamente. La ventaja de operar múltiples lechos de adsorción en ciclos fuera de fase entre sí es que amortigua las fluctuaciones de las corrientes del efluente y permite que un único compresor de gas de enjuagado sea usado para los múltiples trenes de lechos de adsorción.

Por analogía, un ciclo de 6 lechos puede operar con 6 lechos de adsorción, 12 lechos de adsorción, 18 lechos de adsorción, y así sucesivamente. Igualmente, un ciclo de 7 lechos puede operar con 7 lechos de adsorción, 14 lechos de adsorción, 21 lechos de adsorción, y así sucesivamente. El mismo patrón puede ser usado para cualquier ciclo de adsorción.

El proceso de adsorción puede ser realizado en una pluralidad de lechos de adsorción que comprende al menos seis lechos de adsorción, o al menos siete lechos de adsorción, o al menos ocho lechos de adsorción, o al menos nueve lechos de adsorción, o al menos diez lechos de adsorción. Cualquier número apropiado de lechos de adsorción puede ser usado en el proceso de adsorción, el máximo limitado por factores prácticos y económicos. El máximo número de lechos de adsorción puede ser, 100, 1.000, o 10.000.

Cada uno de los lechos adsorbentes contiene un adsorbente selectivo para el primer gas. Un adsorbente “selectivo” para un componente significa que el componente es más fuertemente adsorbido en el adsorbente que otros componentes. Para el caso en el que el primer gas sea CO<sub>2</sub>, el adsorbente es selectivo para CO<sub>2</sub>. En la técnica son conocidos unos adsorbentes de CO<sub>2</sub> apropiados, por ejemplo, CaA, NaX, NaY, alúmina, carbono, gel de sílice, y mezclas de ellos.

El proceso comprende someter cada uno de los lechos de adsorción a un ciclo repetitivo que comprende, en secuencia, (a) un paso de alimentación, (b) un paso de enjuagado, (c) un paso de igualación de la disminución de la presión, (d) un paso de soplado, (e) un paso de evacuación, (f) un paso de igualación del aumento de la presión, y (g) un paso de puesta a presión de nuevo.

El paso (a) de alimentación comprende introducir la mezcla del gas de alimentación a una presión del gas que va de 1 MPa a 7 MPa o de 1,8 MPa a 3,6 MPa en un lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y que adsorbe el primer gas en el adsorbente en el lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación mientras que simultáneamente extrae un gas efluente agotado en el primer gas del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. El paso de alimentación puede ocurrir a lo largo de un período de tiempo de 30 segundos a 300 segundos. El paso de alimentación está representado por “feed” en los planos de ciclos mostrados en las Figuras 2-15.

El proceso puede ser realizado a una temperatura que va de 4°C a 100°C.

El término “agotado” significa una menor concentración de moles en % del gas indicado que la corriente original a partir de la que fue formado. “Agotado” no significa que a la corriente le falte completamente el gas indicado.

El gas efluente durante el paso de alimentación tiene de este modo una concentración más baja de moles en % del componente del primer gas que la mezcla del gas de alimentación debido a la adsorción del primer gas en el adsorbente.

Para el caso en el que la mezcla del gas de alimentación comprenda CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>, el gas efluente extraído del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación puede ser además procesado en un sistema de adsorción por oscilación de la presión para separar el H<sub>2</sub> del gas del efluente.

En el extremo del paso de alimentación el lecho de adsorción contiene lo que es llamado un gas de espacio vacío, que es una combinación de ambas fases de gas y moléculas de fase adsorbidas. El gas del espacio vacío tiene una concentración media más alta de los componentes más fuertemente adsorbibles que la mezcla del gas de alimentación ya que los componentes menos adsorbibles fueron extraídos como la corriente efluente. La concentración de los diversos componentes de la mezcla del gas de espacio vacío generalmente variarán como una



función de la distancia del extremo de entrada al extremo de descarga del lecho de adsorción. El gas de espacio vacío cerca del extremo de descarga tendrá generalmente una alta concentración de componentes débilmente adsorbibles y de componentes no adsorbibles. El gas de espacio vacío cerca del extremo de entrada tendrá generalmente una concentración más alta del componente fuertemente adsorbible (por ejemplo, CO<sub>2</sub> para el caso de adsorción de CO<sub>2</sub>).

La dirección del flujo durante otros pasos es típicamente descrita con referencia a la dirección del flujo durante el paso de alimentación. De este modo, el flujo de gas en la misma dirección que el flujo de gas durante el paso de alimentación es "en el sentido de la corriente" y el flujo de gas que es en la dirección opuesta al flujo de gas durante el paso de alimentación es "a contracorriente". La introducción en el sentido de la corriente de un gas a un lecho de adsorción significa introducir el gas en el mismo sentido que el flujo de gas durante el paso de alimentación. La introducción a contracorriente de un gas en un lecho de adsorción significa introducir el gas en un sentido a contracorriente al sentido del flujo de gas durante el paso de alimentación. Extraer un gas en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción significa extraer el gas en el mismo sentido que el flujo de gas durante el paso de alimentación. Extraer a contracorriente un gas de un lecho de adsorción significa extraer el gas en un sentido a contracorriente que el sentido del flujo de gas durante el paso de alimentación.

El gas puede ser simultáneamente introducido en el sentido de la corriente en el extremo de entrada e introducido a contracorriente en el extremo de descarga. El gas puede ser simultáneamente extraído en el sentido de la corriente del extremo de descarga y extraído a contracorriente del extremo de entrada.

Cuando el gas es extraído de una posición intermedia del extremo de entrada y del extremo de descarga (es decir, en una posición situada entre el extremo de entrada y el extremo de descarga), una porción del gas es extraída en el sentido de la corriente y una porción es extraída a contracorriente. Cuando el gas es introducido en una posición intermedia del extremo de entrada y del extremo de descarga, una porción del gas es introducida en el sentido de la corriente y una porción es introducida a contracorriente.

El paso (b) de enjuagado comprende introducir un gas de enjuagado que comprende el primer gas a una presión del gas de enjuagado que va de 0,5 a 1 veces la presión del gas de alimentación en un lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado mientras que simultáneamente se extrae en el sentido de la corriente un efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado. La concentración del primer gas en el gas de enjuagado es más alta que la concentración del primer gas en la mezcla del gas de alimentación. La ventaja de proporcionar un gas de enjuagado que tiene una concentración más alta del primer gas que la concentración del primer gas en la mezcla del gas de alimentación es que la concentración resultante del primer gas en la corriente del producto es más alta. El gas de enjuagado efluente puede ser mezclado con el gas efluente de otro lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. El efluente del gas de enjuagado puede ser usado para aumentar la presión en otro lecho de adsorción. El paso de enjuagado puede ocurrir en un período de tiempo de 15 segundos a 300 segundos. El paso de enjuagado está representado por "rinse" en las Figuras 2-15.

El paso (c) de igualación de disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción experimentando el paso de igualación del aumento de la presión. Se pueden usar uno o más pasos de igualación de la disminución de la presión. El paso (c) de igualación de disminución de la presión está representado por uno de "eq1d", "eq2d", "eq3d", y "eq4d" en las Figuras 2-15, que corresponden a un paso de igualación que tiene lugar después del paso (b) de enjuagado.

Como se ha definido aquí, "igualación de la presión" significa que la diferencia de presión entre los lechos de adsorción en el extremo del paso es menor que 250 kPa (36 psi).

El paso (d) de soplado comprende extraer un gas de soplado de un lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado y comprimir el gas de soplado para aumentar la presión del gas de soplado formando de este modo el gas de enjuagado para el lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado. El gas de soplado puede ser extraído del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado hasta que la presión en el lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado alcance una presión de soplado que va de 100 kPa a 500 kPa o de 100 kPa a 200 kPa. El gas de soplado puede ser comprimido en cualquier compresor apropiado o similar. La concentración del primer gas en el gas de soplado aumenta a medida que avanza el paso de soplado y es mayor que el de la mezcla del gas de alimentación que la hace adecuada como el gas de enjuagado. El paso de soplado está representado por "bd" en las Figuras 2-15.

El gas de soplado puede ser extraído en el sentido de la corriente y/o a contracorriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado.

Una ventaja de uno o más pasos de igualación es que se comprime menos gas de soplado para formar el gas de enjuagado, ahorrando de este modo energía de compresión. No obstante, más pasos de igualación requieren más recipientes de adsorción para el ciclo.

5 Debido a que los pasos de igualación reducen la cantidad del gas de soplado, la duración del paso de soplado y/o la duración del paso de enjuagado pueden ser reducidas a la mitad de la duración del paso de alimentación para una mejor utilización de los lechos de adsorción sin el riesgo de fluidificación. La duración del paso de soplado puede ser aproximadamente la mitad de la duración del paso de alimentación. La duración del paso de soplado puede ser de 0,3 a 1 veces la duración del paso de alimentación o puede ser de 0,3 a 0,55 veces la duración del paso de alimentación.

10 El paso (e) de evacuación comprende extraer a contracorriente y en el sentido de la corriente una corriente del producto que comprende el primer gas de un lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación a una presión de evacuación suficiente para desorber el primer gas para formar la corriente del producto y comprimir la corriente del producto para aumentar la presión de la corriente del producto. La presión de evacuación puede ir de 7kPa a 95 kPa o de 7 kPa a 50 kPa. La corriente del producto puede ser comprimida en cualquier compresor apropiado, bomba de vacío, o similar. El paso de evacuación está representado por "evac" en las Figuras 2-15. La corriente del producto comprimido puede ser pasada a 1 o más tanques de compensación, si se desea.

15 El paso (f) de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación de la disminución de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión. Como se ha afirmado en el paso (c) de igualación de disminución de la presión, la presión es igualada entre el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión. Se pueden usar uno o más pasos de igualación del aumento de la presión. El paso (f) de igualación del aumento de la presión está representado por uno de "eq1r", "eq2r", "eq3r", y "eq4r" en las Figuras 2-15, que corresponden al paso complementario al paso de igualación de la disminución de la presión "eq1d", "eq2d", "eq3d", y "eq4d".

20 El paso (g) de puesta a presión de nuevo comprende aumentar la presión en un lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo hasta que el lecho de adsorción experimente el paso de puesta a presión de nuevo sea sustancialmente a la presión del gas de alimentación. La presión puede ser aumentada en al menos uno de (g1) introducir en el sentido de la corriente la mezcla de gas de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo, y (g2) introducir a contracorriente una porción del gas efluente agotado en el primer gas del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo. El paso de puesta a presión de nuevo está representado por "repr" en las Figuras 2-15.

25 "Sustancialmente a la presión del gas de alimentación" significa dentro del 10% de la presión del gas de alimentación (es decir, dentro de +/- 10% de la presión del gas de alimentación).

30 El proceso puede además comprender un paso de eculización del efluente del gas de enjuagado, representado por "eqrinse" en las figuras 2-11. El paso de eculización del efluente del gas de enjuagado es después de que el paso (f) de eculización del aumento de la presión y antes del paso (g) de puesta a presión de nuevo en el ciclo repetitivo.

35 El paso de eculización del efluente del gas de enjuagado comprende introducir a contracorriente al menos una porción del efluente del gas de enjuagado desde el lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado en un lecho de adsorción que experimenta el paso de eculización del efluente del gas de enjuagado. El paso de enjuagado puede ocurrir a una presión inferior a la del paso de alimentación y el efluente del gas de enjuagado puede ser usado para aumentar la presión de otro lecho sin introducir simultáneamente un gas de alimentación y sin introducir simultáneamente un gas efluente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de alimentación.

40 El paso de eculización del efluente del gas de enjuagado puede además comprender al menos uno de (i) introducir en el sentido de la corriente el gas de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del gas efluente, y (ii) introducir a contracorriente una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del gas efluente en donde el gas de alimentación y/o el gas efluente son introducidos simultáneamente con el efluente del gas de enjuagado.

45 El proceso puede además comprender un segundo paso de igualación de la disminución de la presión y un segundo paso de igualación del aumento de la presión, en donde el segundo paso de igualación de la disminución de la presión es después del paso (c) de igualación de disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, y en donde el segundo paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del paso (f) de igualación del aumento de la presión en el ciclo repetitivo.

65

Como se usan aquí, “primero”, “segundo”, “tercero”, y “cuarto” se usan para distinguir de entre una pluralidad de pasos de igualación del aumento de la presión y no indican su posición relativa en el tiempo.

5 El segundo paso de igualación de la disminución de la presión, si está presente, comprende extraer en el sentido de la corriente un segundo gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el segundo gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión. El segundo paso de igualación de la disminución de la presión está representado por uno de “eq1d”, “eq2d”, “eq3d”, y “eq4d” en las Figuras 2-15, que corresponde a un paso de que tiene lugar después del paso (c) de igualación de disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado.

15 El segundo paso de igualación del aumento de la presión, si está presente, comprende introducir a contracorriente el segundo gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión. El segundo paso de igualación del aumento de la presión está representado por uno de “eq1r”, “eq2r”, “eq3r”, y “eq4r” en las Figuras 2-15, que corresponden a un paso de igualación que tiene lugar después del paso (e) de evacuación y antes del paso (f) de igualación del aumento de la presión y que también corresponde al paso complementario al segundo paso de igualación de la disminución de la presión “eq1d”, “eq2d”, “eq3d”, y “eq4d”.

25 El proceso puede además comprender un tercer paso de igualación de la disminución de la presión y un tercer paso de igualación del aumento de la presión, en donde el tercer paso de igualación de la disminución de la presión es después del segundo paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, y en donde el tercer paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del segundo paso de igualación del aumento de la presión.

30 El tercer paso de igualación de la disminución de la presión, si está presente, comprende extraer en el sentido de la corriente un tercer gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el tercer gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del aumento de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del aumento de la presión. El tercer paso de igualación de la disminución de la presión está representado por uno de “eq1d”, “eq2d”, “eq3d”, y “eq4d” en las Figuras 2-15, que corresponde a un paso de que tiene lugar después del segundo paso (c) de igualación de disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado.

40 El tercer paso de igualación del aumento de la presión, si está presente, comprende introducir a contracorriente el tercer gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la disminución de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del aumento de la presión. El tercer paso de igualación del aumento de la presión está representado por uno de “eq1r”, “eq2r”, “eq3r”, y “eq4r” en las Figuras 2-15, que corresponden a un paso de igualación que tiene lugar después del paso (e) de evacuación y antes del paso (f) de igualación del aumento de la presión y que también corresponde al paso complementario al tercer paso de igualación de la disminución de la presión “eq1d”, “eq2d”, “eq3d”, y “eq4d”.

45 El proceso puede además comprender un cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y un cuarto paso de igualación del aumento de la presión, en donde el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión es después del tercer paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, y en donde el cuarto paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del tercer paso de igualación del aumento de la presión.

50 El cuarto paso de igualación de la disminución de la presión, si está presente, comprende extraer en el sentido de la corriente un cuarto gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el cuarto gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del aumento de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del aumento de la presión. El cuarto paso de igualación de la disminución de la presión está representado por uno de “eq1d”, “eq2d”, “eq3d”, y “eq4d” en las Figuras 2-15, que corresponde a un paso de que tiene lugar después del tercer paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado.

55 El cuarto paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el cuarto gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del aumento de la presión. El cuarto paso de igualación del aumento de la presión está representado por uno de “eq1r”, “eq2r”, “eq3r”, y “eq4r” en las Figuras 2-15, que corresponden a un paso de igualación que tiene lugar después del paso (e) de evacuación y antes

del tercer paso de igualación del aumento de la presión y que también corresponde al paso complementario al cuarto paso de igualación de la disminución de la presión "eq1d", "eq2d", "eq3d", y "eq4d".

5 El paso de igualación de la presión justo antes del paso (g) de la puesta a presión de nuevo puede incluir asistencia de gas del lecho de gas y/o del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. En esta alternativa el proceso puede además comprender un segundo paso de igualación de la disminución de la presión y un segundo paso de igualación del aumento de la presión, en donde el segundo paso de igualación de la disminución de la presión es después del paso (a) de alimentación y antes del paso (b) de enjuagado en el ciclo repetitivo, y en donde el segundo paso de igualación del aumento de la presión es después del paso de igualación del aumento de la presión y antes del paso (g) de la puesta a presión de nuevo en el ciclo repetitivo.

10 En esta alternativa con asistencia de gas, el segundo paso de igualación de la disminución de la temperatura está representado por uno de "eq1d", "eq2d", "eq3d", y "eq4d" en las Figuras 2-15, que corresponden a un paso de igualación que tiene lugar después del paso de alimentación y antes del paso de enjuagado.

15 El segundo paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el segundo gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la presión mientras que simultáneamente al menos uno de (i) introducir en el sentido de la corriente el gas de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión, y (ii) introducir a contracorriente una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión. El segundo paso de igualación del aumento de la presión está representado por uno de "eq1r", "eq2r", "eq3r", y "eq4r" en las Figuras 2-15, que corresponde a un paso de equalización que tiene lugar después del paso de equalización del aumento de la presión y antes del paso (g) de puesta a presión de nuevo y que también corresponde al paso complementario de igualación de la disminución de la presión "eq1d", "eq2d", "eq3d", y "eq4d".

20 El proceso alternativo con asistencia de gas durante uno de los pasos de igualación del aumento de la presión puede además comprender un tercer paso de igualación de la disminución de la presión y un tercer paso de igualación del aumento de la presión. El tercer paso de igualación de la disminución de la presión es después del segundo paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, y el tercer paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del segundo paso de igualación del aumento de la presión en el ciclo repetitivo. De otro modo, el tercer paso de igualación de la disminución de la presión y el tercer paso de igualación del aumento de la presión son como se ha descrito anteriormente.

30 El proceso alternativo con asistencia de gas durante uno de los pasos de igualación del aumento de la presión puede además comprender un cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y un cuarto paso de igualación del aumento de la presión. El cuarto paso de igualación de la disminución de la presión es después del tercer paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, y el cuarto paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del tercer paso de igualación del aumento de la presión en el ciclo repetitivo. De otro modo, el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y el cuarto paso de igualación del aumento de la presión son como se han descrito anteriormente.

35 Las alternativas del proceso antes descritas con 3 o más pasos de igualación de la disminución de la presión y 3 o más pasos de igualación del aumento de la presión, con o sin asistencia de gas durante uno de los pasos de igualación del aumento de la presión pueden además comprender un paso de proporcionar la purga y un paso de la purga. El paso de proporcionar la purga es después del tercer paso de igualación de la disminución de la presión o del cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso de soplado (d) en el ciclo repetitivo. El paso de la purga es después del paso (e) de evacuación y antes del tercer paso de igualación del aumento de la presión o del cuarto paso de igualación del aumento de la presión.

40 El paso de proporcionar la purga comprende extraer en el sentido de la corriente un gas de purga de un lecho de adsorción que experimenta el paso de proporcionar la purga, y pasar el gas de purga a un lecho de adsorción que experimenta el paso de la purga.

45 El paso de la purga comprende introducir a contracorriente el gas de purga del lecho de adsorción que experimenta el paso de proporcionar la purga al lecho de adsorción que experimenta el paso de la purga mientras que extrae a contracorriente un efluente de gas de purga que comprende el primer gas del lecho de adsorción que experimenta el paso de purga a la presión de evacuación y que combina el efluente del gas de purga con la corriente del producto.

50 En algunas alternativas el efluente del gas de enjuagado puede ser disponible a una presión apropiada para la puesta a presión de nuevo en todo el ciclo. Al menos una porción del efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado puede entonces ser introducido a contracorriente en el lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo además de la mezcla del gas de alimentación y/o el gas efluente agotado en el primer gas del lecho de adsorción que experimenta el paso de

alimentación. Por ejemplo, el efluente de gas de enjuagado puede ser mezclado con el gas efluente de otro lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y una porción de la mezcla usada para aumentar la presión en el lecho de adsorción que experimenta el paso (g) de la puesta a presión de nuevo.

5 Ejemplos

El proceso es además descrito por medio de los siguientes ejemplos ilustrativos. La presente invención será mejor entendida con referencia a los siguientes ejemplos, los cuales están destinados a ilustrar, pero no limitan el alcance de la invención. La invención está solamente definida por las reivindicaciones.

10 Ejemplo 1 - Ciclo de 5 lechos

La Figura 1 muestra un diagrama de flujo de un proceso para un sistema de lechos de adsorción apropiado para un ciclo de 5 lechos de acuerdo con el proceso.

15 La Figura 2 muestra una tabla de ciclos para un ciclo de 5 lechos de acuerdo con el proceso. El ciclo de 5 lechos mostrado en la Figura 2 ilustra las características del aspecto 1 y las características adicionales de los aspectos 8-15.

20 Como se muestra en la Figura 2, para el ejemplo de ciclo con 5 lechos, cada lecho de adsorción experimenta un paso de alimentación (feed), seguido por un paso de enjuagado (rinse), un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d), un paso de soplado (bd), un paso de evacuación (evac), un paso de igualación del aumento de la presión (eq1r), un paso de igualación del efluente del gas de enjuagado (eqrinse), y un paso de puesta a presión de nuevo (repr). El paso de igualación del efluente del gas de enjuagado puede incluir una introducción simultánea opcional del gas de alimentación y/o una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. El paso de puesta a presión de nuevo incluye la introducción de gas de alimentación y/o una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.

25 La Figura 3 muestra una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para cada paso. Una mezcla de gas de alimentación que comprende un primer gas (CO<sub>2</sub>) y un segundo gas (H<sub>2</sub>) es introducida en el lecho que experimenta el paso de alimentación (feed) a través del conducto 81 y un gas efluente agotado en el primer gas es extraído del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. Una porción del gas efluente del paso de alimentación es opcionalmente introducido a contracorriente y/o el gas de alimentación es opcionalmente introducido en el sentido de la corriente en un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado (eqrinse).

30 El gas de soplado es extraído a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd), el gas de soplado es comprimido en el compresor 60, y el gas comprimido es introducido en el sentido de la corriente como un gas de enjuagado en el lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado (rinse). Alternativa o adicionalmente, como se ha representado en líneas discontinuas, el gas de soplado puede ser extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd). El efluente del gas de enjuagado es extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado e introducido a contracorriente en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado (eqrinse).

35 El compresor 60 puede ser un compresor de una etapa o multietapa. El compresor 60 es preferiblemente una máquina no lubricada debido a que el gas comprimido será devuelto al lecho de adsorción que experimenta un paso de enjuagado y cualquier aceite contenido podría dañar el adsorbente.

40 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación (eq1d) e introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq1r).

45 Una corriente del producto que comprende el primer gas (CO<sub>2</sub>) es extraído a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación (evac) y es pasado al compresor 70 para aumentar la presión de la corriente del producto.

50 El paso de puesta a presión de nuevo (repr) incluye la introducción de gas de alimentación (mostrado en línea continua) y/o una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación (mostrado en línea discontinua).

55 Con referencia a la Figura 1, la mezcla de gas de alimentación es introducida en el sistema a través del conducto 81 para alimentar el cabezal del gas 4. El gas efluente agotado en el primer gas (CO<sub>2</sub>) es extraído por medio cabezal 1 del gas efluente y retirado del sistema por el conducto 103. Una corriente del producto que comprende el primer gas (CO<sub>2</sub>) pasa a través del cabezal 7 del gas del producto y es extraído del sistema por medio del compresor 70 y el conducto 101. El cabezal 6 del gas de soplado proporciona un gas soplado al compresor 60. El compresor 60 comprime el gas soplado para formar el gas de enjuagado. El cabezal 5 del gas de enjuagado proporciona un gas de enjuagado a los recipientes de adsorción cuando experimentan el paso de enjuagado. El gas de igualación es

pasado entre los lechos de adsorción que experimentan la igualación por medio del cabezal 2 del gas de igualación. El efluente del gas de enjuagado es pasado a través del cabezal 3 del efluente del gas de enjuagado.

5 Con referencia a la Figura 1, para el lecho de adsorción 10A en alimentación, el lecho de adsorción 20A en igualación del efluente del gas de enjuagado, el lecho de adsorción 30A en evacuación, el lecho de adsorción 40A en soplado, y el lecho de adsorción 50A en enjuagado, las válvulas 11, 14, 21, 23, 37, 46, 53, y 55 están abiertas y las restantes válvulas están cerradas. Para el lecho de adsorción 10A en alimentación, el lecho de adsorción 20A en puesta en presión de nuevo, el lecho de adsorción 30A en igualación del aumento de la presión, el lecho de adsorción 40A en evacuación, y el lecho de adsorción 50A en igualación de la disminución de la presión, las válvulas 11, 14, 21, 32, 47, 52 están abiertas y el resto de válvulas están cerradas.

15 Para el lecho de adsorción 20A en alimentación, el lecho de adsorción 30A en igualación del efluente del gas de enjuagado, el lecho de adsorción 40A en evacuación, el lecho de adsorción 50A en soplado, y el lecho de adsorción 10A en enjuagado, las válvulas 13, 15, 21, 24, 31, 33, 47, y 56 están abiertas y las válvulas restantes están cerradas. Para el lecho de adsorción 20A en alimentación, el lecho de adsorción 30A en puesta a presión de nuevo, el lecho de adsorción 40A en igualación del aumento de la presión, el lecho de adsorción 50A en evacuación, y el lecho de adsorción 10A en igualación de la disminución de la presión, las válvulas 12, 21, 24, 31, 42, y 57 están abiertas y las restantes válvulas están cerradas.

20 Para el lecho de adsorción 30A en alimentación, el lecho de adsorción 40A en igualación del efluente del gas de enjuagado, el lecho de adsorción 50A en evacuación, el lecho de adsorción 10A en soplado, y el lecho de adsorción 20A en enjuagado, las válvulas 16, 23, 25, 31, 34, 41, 43, y 57 están abiertas y las válvulas restantes están cerradas. Para el lecho de adsorción 30A en alimentación, el lecho de adsorción 40A en puesta a presión de nuevo, el lecho de adsorción 50A en igualación del aumento de la presión, el lecho de adsorción 10A en evacuación, y el lecho de adsorción 20A en igualación de la disminución de la presión, las válvulas 17, 22, 31, 34, 41, y 52 están abiertas y las restantes válvulas están cerradas.

30 Para el lecho de adsorción 40A en alimentación, el lecho de adsorción 50A en igualación del efluente del gas de enjuagado, el lecho de adsorción 10A en evacuación, el lecho de adsorción 20A en soplado, y el lecho de adsorción 30A en enjuagado, las válvulas 17, 26, 33, 35, 41, 44, 51, y 53 están abiertas y las válvulas restantes están cerradas. Para el lecho de adsorción 40A en alimentación, el lecho de adsorción 50A en puesta a presión de nuevo, el lecho de adsorción 10A en igualación del aumento de la presión, el lecho de adsorción 20A en evacuación, y el lecho de adsorción 30A en igualación de la disminución de la presión, las válvulas 12, 27, 32, 41, 44, y 51 están abiertas y las restantes válvulas están cerradas.

35 Para el lecho de adsorción 50A en alimentación, el lecho de adsorción 10A en igualación del efluente del gas de enjuagado, el lecho de adsorción 20A en evacuación, el lecho de adsorción 30A en soplado, y el lecho de adsorción 40A en enjuagado, las válvulas 11, 13, 27, 36, 43, 45, 51, y 54 están abiertas y las válvulas restantes están cerradas. Para el lecho de adsorción 50A en alimentación, el lecho de adsorción 10A en puesta a presión de nuevo, el lecho de adsorción 20A en igualación del aumento de la presión, el lecho de adsorción 30A en evacuación, y el lecho de adsorción 40A en igualación de la disminución de la presión, las válvulas 11, 22, 37, 42, 51, y 54 están abiertas y las restantes válvulas están cerradas.

#### Ejemplo 2 – Ciclo de 6 lechos

45 La Figura 4 muestra una tabla de ciclos para un ciclo de 6 lechos de acuerdo con el proceso, y la Figura 5 muestra una ilustración esquemática de la relación del flujo de gas para cada paso. El ciclo de 6 lechos mostrado en la Figura 4 ilustra las características del aspecto 1 y las características adicionales de los aspectos 8-14, y 19.

50 Un diagrama de flujos del proceso para el ciclo de 6 lechos y las posiciones de la válvula para cada paso no están proporcionadas ya que una persona experta puede fácilmente construir el diagrama de flujos del proceso y determinar las posiciones apropiadas de la válvula dada la enseñanza del Ejemplo 1 para el ciclo de 5 lechos sin la responsabilidad indebida o la experimentación indebida.

55 En caso de un fallo de válvula, podría ser operado un sistema de adsorción en modo de lecho reducido. Por ejemplo, un sistema de 6 lechos de adsorción podría ser operado usando un ciclo de 5 lechos, un sistema de 7 lechos de adsorción podría ser operado usando un ciclo de 6 lechos, y así sucesivamente.

60 Como se muestra en la Figura 4, para un ciclo de 6 lechos ejemplar, cada lecho de adsorción experimenta un paso de alimentación (feed), seguido por un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d), un paso de enjuagado (rinse), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d), un paso de soplado (bd), un paso de evacuación (evac), un paso de igualación del aumento de la presión (eq2r), un paso de igualación del efluente del gas de enjuagado (eqrinse), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq1r), y un paso de puesta a presión de nuevo (repr). El paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) puede incluir la introducción simultánea de gas de alimentación y/o una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.

- 5 La Figura 5 muestra una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para cada paso. Una mezcla de gas de alimentación que comprende un primer gas (CO<sub>2</sub>) y un segundo gas (H<sub>2</sub>) se introduce en el lecho que experimenta el paso de alimentación (feed) a través del conducto 81 y un gas efluente agotado en el primer gas es extraído del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. El gas de alimentación (mostrado en línea continua) es introducido en el sentido de la corriente en un lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo (repr). Adicional o alternativamente, una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación (mostrado en línea discontinua) es introducida a contracorriente en el lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo (repr).
- 10 El gas de soplado es extraído a contracorriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd), el gas soplado es comprimido en el compresor 60, y el gas comprimido es introducido en el sentido de la corriente como un gas de enjuagado en el lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado (rinse). Alternativa o adicionalmente, como está representado por las líneas discontinuas, el gas de soplado puede ser extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd). El efluente del gas de enjuagado es extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado y a contracorriente es introducido en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado (eqrinse).
- 15 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq2r).
- 20 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d) antes del paso de enjuagado y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) con la introducción simultánea de gas de alimentación y/o una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.
- 25 Una ventaja de proporcionar uno o más pasos de igualación de la disminución de la presión antes del paso de enjuagado es reducir el requerimiento de la presión de descarga del compresor 60 de enjuagado.
- 30 Una corriente del producto que comprende el primer gas (CO<sub>2</sub>) es extraída a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación (evac) y pasada al compresor 70 para aumentar la presión de la corriente del producto.
- 35 El paso de puesta a presión de nuevo (repr) incluye la introducción de gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.
- 40 **Ejemplo 3 – Ciclo de 7 lechos**  
La Figura 6 muestra una tabla de ciclos para un ciclo de 7 lechos de acuerdo con el proceso, y la Figura 7 muestra una ilustración esquemática de las relaciones de los flujos de gas para cada paso. El ciclo de 7 lechos mostrado en la Figura 6 ilustra las características del aspecto 1 y las características adicionales de los aspectos 8-17 y 24.
- 45 Un diagrama de flujos del proceso para el ciclo de 7 lechos y las posiciones de la válvula para cada paso no son provistas ya que la persona experta puede fácilmente construir el diagrama de flujos del proceso y determinar las posiciones apropiadas de la válvula dada la enseñanza del Ejemplo 1 para el ciclo de 5 lechos sin una responsabilidad indebida o una experimentación indebida.
- 50 Como se muestra en la Figura 6, para el ciclo de 7 lechos ejemplar, cada lecho de adsorción experimenta un paso de alimentación (feed), seguido por un paso de enjuagado (rinse), un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq3d), un paso de soplado (bd), un paso de evacuación (evac), un paso de igualación del aumento de la presión (eq3r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq2r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq1r), un paso de igualación del efluente del gas de enjuagado (eqrinse), y un paso de puesta a presión de nuevo (repr). El paso de igualación del efluente del gas de enjuagado (eqrinse) puede incluir la introducción simultánea de gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. El paso de puesta a presión de nuevo incluye la introducción del gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.
- 55 La Figura 7 muestra una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para cada paso. Una mezcla de gas de alimentación que comprende un primer gas (CO<sub>2</sub>) y un segundo gas (H<sub>2</sub>) se introduce en el lecho que experimenta el paso de alimentación (feed) a través del conducto 81 y un gas efluente agotado en el primer gas es extraído del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. Una porción del gas efluente del lecho que experimenta el paso de alimentación puede ser introducido a contracorriente y/o el gas de alimentación puede ser introducido en el sentido de la corriente en un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado (eqrinse).
- 60
- 65

- 5 El gas de soplado es extraído a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd), el gas soplado es comprimido en el compresor 60, y el gas comprimido es introducido en el sentido de la corriente como un gas de enjuagado en el lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado (rinse). Alternativa o  
10 adicionalmente, como está representado por las líneas discontinuas, el gas de soplado puede ser extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd). El efluente del gas de enjuagado es extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado y puede ser introducido a contracorriente en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del gas efluente de enjuagado (eqrinse).
- 15 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq1r).
- 20 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d) e introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq2r).
- 25 Una corriente del producto que comprende el primer gas (CO<sub>2</sub>) es extraída a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación (evac) y es pasada al compresor 70 para aumentar la presión de la corriente del producto.
- 30 El paso de puesta a presión de nuevo (repr) incluye la introducción del gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.
- 35 Ejemplo 4 – Ciclo de 8 lechos  
La Figura 8 muestra una tabla de ciclos para un ciclo de 8 lechos de acuerdo con el proceso, y la Figura 9 muestra una ilustración esquemática de las relaciones de los flujos de gas para cada paso. El ciclo de 8 lechos mostrado en la Figura 8 ilustra las características del aspecto 1 y las características adicionales de los aspectos 8-14, 16, 17 y 19-21.
- 40 Un diagrama de flujos del proceso para el ciclo de 8 lechos y las posiciones de la válvula para cada paso no son provistas ya que la persona experta puede fácilmente construir el diagrama de flujos del proceso y determinar las posiciones apropiadas de la válvula dada la enseñanza del Ejemplo 1 para el ciclo de 5 lechos sin una responsabilidad indebida o una experimentación indebida.
- 45 Como se muestra en la Figura 8, para el ciclo de 8 lechos ejemplar, cada lecho de adsorción experimenta un paso de alimentación (feed), seguido por un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d), seguido por un paso de enjuagado (rinse), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq3d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq4d), un paso de soplado (bd), un paso de evacuación (evac), un paso de igualación del aumento de la presión (eq4r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq3r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq2r), un paso de igualación del efluente del gas de enjuagado (eqrinse), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq1r), y un paso de puesta a presión de nuevo (repr). El paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) puede incluir la introducción simultánea de gas de alimentación y/o de una porción del efluente del gas del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. El paso de puesta a presión de nuevo incluye la introducción de gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.
- 50 La Figura 9 muestra una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para cada paso. Una mezcla de gas de alimentación que comprende un primer gas (CO<sub>2</sub>) y un segundo gas (H<sub>2</sub>) se introduce en el lecho que experimenta el paso de alimentación (feed) a través del conducto 81 y un gas efluente agotado en el primer gas es extraído del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. Una porción del gas efluente es opcionalmente introducida a contracorriente y/o el gas de alimentación es opcionalmente introducido en el sentido de la corriente en un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión (eq1r).
- 55 El gas de soplado es extraído a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd), el gas soplado es comprimido en el compresor 60, y el gas comprimido es introducido en el sentido de la corriente como un gas de enjuagado en el lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado (rinse). Alternativa o  
60 adicionalmente, como está representado por las líneas discontinuas, el gas de soplado puede ser extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd). El efluente del gas de enjuagado es extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado y  
65



puede ser introducido a contracorriente en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del gas efluente de enjuagado (eqrinse).

5 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq2r).

10 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq3d) e introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq3r).

15 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq4d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq4r).

20 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) con la introducción simultánea del gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.

25 Una corriente del producto que comprende el primer gas (CO<sub>2</sub>) es extraída a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación (evac) y es pasada al compresor 70 para aumentar la presión de la corriente del producto.

El paso de puesta a presión de nuevo (repr) incluye la introducción del gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.

Ejemplo 5 – Ciclo de 9 lechos

30 La Figura 8 muestra una tabla de ciclos para un ciclo de 9 lechos de acuerdo con el proceso, y la Figura 11 muestra una ilustración esquemática de las relaciones de los flujos de gas para cada paso. El ciclo de 9 lechos mostrado en la Figura 10 ilustra las características del aspecto 1 y las características adicionales de los aspectos 8-14, 16, 17 y 19-21.

35 Un diagrama de flujos del proceso para el ciclo de 9 lechos y las posiciones de la válvula para cada paso no son provistas ya que la persona experta puede fácilmente construir el diagrama de flujos del proceso y determinar las posiciones apropiadas de la válvula dada la enseñanza del Ejemplo 1 para el ciclo de 5 lechos sin una responsabilidad indebida o una experimentación indebida.

40 Como se muestra en la Figura 10, para el ciclo de 9 lechos ejemplar, cada lecho de adsorción experimenta un paso de alimentación (feed), seguido por un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d), un paso de enjuagado (rinse), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq3d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq4d), un paso de soplado (bd), un paso de evacuación (evac), un paso de igualación del aumento de la presión (eq4r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq3r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq2r), un paso de igualación del efluente del gas de enjuagado (eqrinse), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq1r), y un paso de puesta a presión de nuevo (repr). El paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) puede incluir la introducción simultánea de gas de alimentación y/o de una porción del efluente del gas del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. El paso de puesta a presión de nuevo incluye la introducción de gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.

55 La Figura 11 muestra una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para cada paso. Una mezcla de gas de alimentación que comprende un primer gas (CO<sub>2</sub>) y un segundo gas (H<sub>2</sub>) se introduce en el lecho que experimenta el paso de alimentación (feed) a través del conducto 81, y un gas efluente agotado en el primer gas es extraído del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. Una porción del gas efluente es opcionalmente introducida a contracorriente y/o el gas de alimentación es opcionalmente introducido en el sentido de la corriente en un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión (eq1r).

60 El gas de soplado es extraído a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd), el gas soplado es comprimido en el compresor 60, y el gas comprimido es introducido en el sentido de la corriente como un gas de enjuagado en el lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado (rinse). Alternativa o adicionalmente, como está representado por las líneas discontinuas, el gas de soplado puede ser extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd). El efluente del gas de enjuagado es extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado y puede ser introducido a contracorriente en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del gas efluente de enjuagado (eqrinse).

Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq2r).

5 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq3d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq3r).

10 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq4d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq4r).

15 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) con la introducción simultánea de gas de alimentación y/o una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.

20 Una corriente del producto que comprende el primer gas (CO<sub>2</sub>) es extraída a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación (evac) y es pasada al compresor 70 para aumentar la presión de la corriente del producto.

25 El paso de puesta a presión de nuevo (repr) incluye la introducción del gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.

Ejemplo 6 – Ciclo de 10 lechos

30 La Figura 12 muestra una tabla de ciclos para un ciclo de 10 lechos de acuerdo con el proceso, y la Figura 13 muestra una ilustración esquemática de las relaciones de los flujos de gas para cada paso. El ciclo de 10 lechos mostrado en la Figura 12 ilustra las características del aspecto 1 y las características adicionales de los aspectos 8-13, 16-18, y 24.

35 Un diagrama de flujos del proceso para el ciclo de 10 lechos y las posiciones de la válvula para cada paso no son provistas ya que la persona experta puede fácilmente construir el diagrama de flujos del proceso y determinar las posiciones apropiadas de la válvula dada la enseñanza del Ejemplo 1 para el ciclo de 5 lechos sin una responsabilidad indebida o una experimentación indebida.

40 Como se muestra en la Figura 12, para el ciclo de 10 lechos ejemplar, cada lecho de adsorción experimenta un paso de alimentación (feed), seguido por un paso de enjuagado (rinse), un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq3d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq4d), un paso de soplado (bd), un paso de evacuación (evac), un paso de igualación del aumento de la presión (eq4r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq3r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq2r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq1r), y un paso de puesta a presión de nuevo (repr). El paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) puede incluir la introducción simultánea de gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y/o una porción del efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado. El paso de puesta a presión de nuevo incluye la introducción de gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y/o una porción del efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado.

55 La Figura 13 muestra una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para cada paso. Una mezcla de gas de alimentación que comprende un primer gas (CO<sub>2</sub>) y un segundo gas (H<sub>2</sub>) se introduce en el lecho que experimenta el paso de alimentación (feed) a través del conducto 81, y un gas efluente agotado en el primer gas es extraído del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. Una porción del gas efluente puede ser introducida a contracorriente en un lecho de adsorción de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) y el paso de puesta a presión de nuevo (repr) y/o el gas de alimentación puede ser introducido en el sentido de la corriente en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) y el paso de puesta a presión de nuevo (repr).

60 El gas de soplado es extraído a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd), el gas soplado es comprimido en el compresor 60, y el gas comprimido es introducido en el sentido de la corriente como un gas de enjuagado en el lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado (rinse). Alternativa o adicionalmente, como está representado por las líneas discontinuas, el gas de soplado puede ser extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd). El efluente del gas de enjuagado es extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado y

puede ser introducido a contracorriente en el lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la presión (eq1r).

5 Cuando el paso de enjuagado es directamente después del paso de alimentación, hay varias opciones para dónde enviar el efluente del gas de enjuagado. El paso de enjuagado puede ser realizado a la misma presión que el gas de alimentación, y el efluente del gas de enjuagado puede ser combinado con un efluente de de otro lecho que experimenta el paso de alimentación. Alternativamente, se puede permitir que la presión durante el paso de enjuagado descienda cuando el lecho esté igualado en presión con otro lecho. La Figura 13 muestra que el gas efluente del paso de enjuagado pueda bien ser combinado con el gas efluente del paso de alimentación (que de este modo mantiene el lecho que experimenta el paso de enjuagado a la presión del paso de alimentación) o enviado a un lecho que experimenta un paso de igualación. En otra opción, el flujo del efluente del gas de enjuagado puede ser limitado de modo que el lecho que experimenta el paso de enjuagado sea solamente parcialmente igualado (diferencia de la presión mayor que 250 kPa) con el lecho que recibe el efluente del gas de enjuagado.

15 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq2r).

20 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq3d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq3r).

25 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq4d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq4r).

30 Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) con la introducción simultánea del gas de alimentación y/o una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y/o una porción del efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado.

35 Una corriente del producto que comprende el primer gas (CO<sub>2</sub>) es extraída a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación (evac) y es pasada al compresor 70 para aumentar la presión de la corriente del producto.

40 El paso de puesta a presión de nuevo (repr) incluye la introducción de gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.

#### Ejemplo 7 – Ciclo de 12 lechos

45 La Figura 14 muestra una tabla de ciclos para un ciclo de 12 lechos de acuerdo con el proceso, y la Figura 15 muestra una ilustración esquemática de las relaciones de los flujos de gas para cada paso. El ciclo de 12 lechos mostrado en la Figura 14 ilustra las características del aspecto 1 y las características adicionales de los aspectos 8-13, 16-18, 22, y 24.

50 Un diagrama de flujos del proceso para el ciclo de 12 lechos y las posiciones de la válvula para cada paso no son provistas ya que la persona experta puede fácilmente construir el diagrama de flujos del proceso y determinar las posiciones apropiadas de la válvula dada la enseñanza del Ejemplo 1 para el ciclo de 5 lechos sin una responsabilidad indebida o una experimentación indebida.

55 Como se muestra en la Figura 14, para el ciclo de 12 lechos ejemplar, cada lecho de adsorción experimenta un paso de alimentación (feed), seguido por un paso de enjuagado (rinse), un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq3d), otro paso de igualación de la disminución de la presión (eq4d), un paso de proporcionar una purga (pp), un paso de soplado (bd), un paso de evacuación (evac), un paso de igualación del aumento de la presión (eq4r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq3r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq2r), otro paso de igualación del aumento de la presión (eq1r), y un paso de puesta a presión de nuevo (repr). El paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) puede incluir la introducción simultánea del gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y/o una porción del efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado. El paso de puesta a presión de nuevo incluye la introducción de gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y/o una porción del efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado.

65

- La Figura 15 muestra una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para cada paso. Una mezcla de gas de alimentación que comprende un primer gas ( $\text{CO}_2$ ) y un segundo gas ( $\text{H}_2$ ) se introduce en el lecho que experimenta el paso de alimentación (feed) a través del conducto 81, y un gas efluente agotado en el primer gas es extraído del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación. Una porción del gas efluente puede ser introducida a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) y el paso de puesta a presión de nuevo (repr) y/o el gas de alimentación puede ser introducido en el sentido de la corriente en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) y el paso de puesta a presión de nuevo (repr).
- El gas de soplado es extraído a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd), el gas soplado es comprimido en el compresor 60, y el gas comprimido es introducido en el sentido de la corriente como un gas de enjuagado en el lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado (rinse). Alternativa o adicionalmente, como está representado por las líneas discontinuas, el gas de soplado puede ser extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado (bd). El efluente del gas de enjuagado es extraído en el sentido de la corriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado y puede ser introducido a contracorriente en el lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la presión (eq1r).
- Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq2d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq2r).
- Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq3d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq3r).
- Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq4d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq4r).
- Un gas de igualación de la presión es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación de la disminución de la presión (eq1d) y es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de igualación del aumento de la presión (eq1r) con la introducción simultánea del gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y/o una porción del efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado.
- Una corriente del producto que comprende el primer gas ( $\text{CO}_2$ ) es extraída a contracorriente de un lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación (evac) y es pasada al compresor 70 para aumentar la presión de la corriente del producto.
- Un gas de purga es extraído en el sentido de la corriente de un lecho de adsorción que experimenta proporcionar el paso de purga, y el gas de purga es introducido a contracorriente en un lecho de adsorción que experimenta un paso de purga (pg). El efluente del gas de purga es extraído a contracorriente del lecho de adsorción que experimenta el paso de purga y el efluente del gas de purga es mezclado con el gas del producto de un lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación y la mezcla es pasada al compresor 70.
- El paso de puesta a presión de nuevo (repr) incluye la introducción de gas de alimentación y/o de una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación.
- Ejemplo 8 – Ciclos de 5 y 6 lechos – Ejemplos comparativos  
Se realizó un estudio para comparar el funcionamiento de los ciclos de 5 y 6 lechos con y sin el paso de enjuagado. La Figura 16 muestra una tabla de ciclos para 5 lechos sin un paso de enjuagado, y la Figura 17 muestra una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para cada paso en la Figura 16. La Figura 18 muestra una tabla de ciclos para 6 lechos sin un paso de enjuagado, y la Figura 19 muestra una ilustración esquemática de la relación de los flujos de gas para cada paso en la Figura 18.
- Los ciclos fueron simulados usando un programa de ordenador desarrollado para simular dinámicamente los procesos de adsorción cíclicos. La composición de la alimentación fue la misma para todas las simulaciones y fue representativa de un reformado desplazado de un reformador de metano a vapor: 3.715 kmol/h de 0,5%  $\text{N}_2$ , 3,6%  $\text{CO}$ , 6,0%  $\text{CH}_4$ , 16,4%  $\text{CO}_2$ , 73,5%  $\text{H}_2$  a 38°C 33,3 bara.
- Cada uno de los lechos adsorbentes tiene 6,1 metros (20 pies) de longitud y 3,4 metros (11 pies) de diámetro y contiene un adsorbente selectivo de  $\text{CO}_2$ . Los flujos de evacuación y enjuagado fueron ajustados para alcanzar un nivel de pureza del producto de  $\text{CO}_2$  que permita alcanzar aproximadamente el 5% del  $\text{CO}_2$  en la alimentación para pasar a través del lecho que experimenta el paso de alimentación al efluente del paso de alimentación.

5 Para los ciclos de 5 y 6 lechos sin un paso de enjuagado, una porción del gas de eliminación de la presión después del último paso de igualación (eq2d para el ciclo de 5 lechos y eq3d para el ciclo de 6 lechos) y antes del paso de soplado (bd) es enviada de vuelta al reformador como combustible, indicado en las figuras como el paso del "combustible". El paso del combustible es una eliminación de la presión en el sentido de la corriente. El nivel de pureza de producto de CO<sub>2</sub> aumenta a medida que se permite que más gas vaya a "combustible".

10 La Tabla 1 muestra los resultados de las simulaciones. Como puede verse de los resultados, sin el paso de enjuagado, la recuperación de CO<sub>2</sub> es mucho menor que con el paso de enjuagado para ambos ciclos de 5 y 6 lechos. Además, a una pureza del 97% en volumen del CO<sub>2</sub>, la diferencia en la recuperación del CO<sub>2</sub> es incluso más evidente.

15 Se hizo otra comparación en la que los tiempos de alimentación fueron variados para los ciclos de 6 lechos sin el paso de enjuagado y comparados con un ciclo de 6 lechos con el paso de enjuagado. La pureza para estos casos es CO<sub>2</sub> de 97% en volumen y el tamaño del lecho fue el mismo para todos los casos.

20 Los resultados muestran claramente que la recuperación de CO<sub>2</sub> y la potencia específica son superiores para el ciclo de 6 lechos con el paso de enjuagado en comparación con el ciclo de 6 lechos sin el paso de enjuagado. Los ciclos de acuerdo con la presente invención sorprendentemente producen un CO<sub>2</sub> de alta pureza (>92% en volumen o >95% en volumen), con alta recuperación de CO<sub>2</sub> (>90%), y con menor potencia específica que los ciclos de la técnica anterior.

TABLA 1

Nº de lechos	Paso de enjuagado	Pureza CO <sub>2</sub> (volumen %)	Recuperación de CO <sub>2</sub> (%)
5	No	92	72,4
5	No	95	67,5
5	No	97	57,1
5	Sí	97	95,2
6	No	92	78,6
6	No	95	71,5
6	No	97	63,1
6	Sí	97	95,2

25

TABLA 2

Paso de enjuagado	Tiempo(s) de alimentación	Vacío (bara)	Potencia específica (kW/mTPD)	Recuperación de CO <sub>2</sub> (%)
No	146	0,197	6,4	52,9
No	154	0,165	6,8	56,3
No	162	0,137	7,3	60,3
No	170	0,112	7,9	63,1
No	178	0,087	8,9	65,5
Sí	168	0,188	5,9	95,2

30

Aunque la presente invención ha sido descrita en cuanto a realizaciones o ejemplos específicos, no está limitada a ellos, pero pueden ser cambiados o modificados en cualquiera de diversas otras formas sin apartarse del alcance de la invención definida en las reivindicaciones que se acompañan.

**REIVINDICACIONES**

1. Un proceso para separar un primer gas de una mezcla de gas en al menos cinco lechos de adsorción, comprendiendo la mezcla del gas de alimentación el primer gas y un segundo gas, los al menos cinco lechos de adsorción conteniendo cada uno un adsorbente selectivo para el primer gas, comprendiendo el proceso someter cada uno de los al menos cinco lechos de adsorción a un ciclo repetitivo que comprende, en secuencia, (a) un paso de alimentación, (b) un paso de enjuagado, (c) un paso de igualación de la disminución de la presión, (d) un paso de soplado, (e) un paso de evacuación, (f) un paso de igualación del aumento de la presión, y (g) un paso de puesta a presión de nuevo, en donde:
- 5 el paso (a) de alimentación comprende introducir la mezcla de gas de alimentación a una presión del gas de alimentación que va de 1 MPa a 7 MPa en un lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y adsorber el primer gas en el adsorbente en el lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación mientras que simultáneamente extrae un gas efluente agotado en el primer gas del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación;
- 10 el paso (b) de enjuagado comprende introducir en el sentido de la corriente un gas de enjuagado que comprende el primer gas a una presión del gas de enjuagado que va de 0,5 a 1 veces la presión del gas de alimentación en un lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado mientras que simultáneamente se extrae en el sentido de la corriente un efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado, en donde el efluente del gas de enjuagado es mezclado con el gas efluente de otro lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación y/o es usado para aumentar la presión en otro lecho de adsorción;
- 15 el paso (c) de igualación de disminución de la presión que comprende extraer en el sentido de la corriente un gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación de la disminución de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión;
- 20 el paso (d) de soplado comprende extraer un gas de soplado de un lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado y comprimir el gas de soplado para aumentar la presión del gas de soplado formando de este modo el gas de enjuagado para el lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado;
- 25 el paso (e) de evacuación comprende extraer una corriente del producto que comprende el primer gas de un lecho de adsorción que experimenta el paso de evacuación a una presión de evacuación suficiente para desorber el primer gas para formar la corriente del producto y comprimir la corriente del producto para aumentar la presión de la corriente del producto;
- 30 el paso (f) de igualación de aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación de la disminución de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del aumento de la presión, y el paso (g) de puesta a presión de nuevo comprende aumentar la presión en un lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo hasta que el lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo esté sustancialmente a la presión del gas de alimentación, por al menos uno de (g1) introducir en el sentido de la corriente la mezcla del gas de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo, y (g2) introducir a contracorriente una porción del gas efluente agotado en el primer gas del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el paso de puesta a presión de nuevo; y
- 35 en donde si el gas efluente de enjuagado se usa para aumentar la presión en otro lecho de adsorción, entonces el ciclo repetitivo comprende además un paso de igualación del efluente del gas de enjuagado, que está después del paso (f) de igualación de aumento de la presión y antes del paso (g) de puesta a presión de nuevo en el ciclo repetitivo, en donde:
- 40 el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado comprende introducir a contracorriente al menos una porción del efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado en un lecho de adsorción que experimente el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado.
- 45 2. El proceso de la reivindicación 1 en donde el primer gas es CO<sub>2</sub> y el segundo gas es H<sub>2</sub>.
- 50 3. El proceso de la reivindicación 2 en donde el gas de mezcla del gas de alimentación comprende CO.
- 55 4. El proceso de cualquier reivindicación anterior en donde la presión del gas de alimentación va de 1,8 MPa a 3,6 MPa.
- 60 5. El proceso de cualquier reivindicación anterior en donde la presión de evacuación va de 7 kPa a 95 kPa y en donde el gas de soplado es extraído del lecho de adsorción que experimenta el soplado hasta que la presión en el lecho de adsorción que experimenta el paso de soplado alcance una presión de soplado que va de 100 kPa a 500 kPa.
- 65

5 6. El proceso de cualquier reivindicación anterior en donde el ciclo repetitivo comprende además un paso de igualación del efluente del gas de enjuagado, en donde el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado es después del paso (f) de igualación del aumento de la presión y antes del paso (g) de puesta a presión de nuevo en el ciclo repetitivo, en donde:

10 el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado comprende introducir a contracorriente al menos una porción del efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado en un lecho de adsorción que experimente el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado.

7. El proceso de la reivindicación 6, en donde:

15 el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado comprende introducir a contracorriente al menos una porción del efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado en un lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado mientras que simultáneamente al menos uno de (i) introducir en el sentido de la corriente el gas de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado, y (ii) introducir a contracorriente una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el paso de igualación del efluente del gas de enjuagado.

25 8. El proceso de cualquier reivindicación precedente en donde el ciclo repetitivo comprende además un segundo paso de igualación de la disminución de la presión y un segundo paso de igualación del aumento de la presión, en donde el segundo paso de igualación de la disminución de la presión es después del paso (c) de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el segundo paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del paso (f) de igualación del aumento de la presión en el ciclo repetitivo, en donde:

30 el segundo paso de igualación de la disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un segundo gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el segundo gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del descenso de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión; y el segundo paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el segundo gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del descenso de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión.

40 9. El proceso de la reivindicación 8 en donde el ciclo repetitivo comprende además un tercer paso de igualación de la disminución de la presión y un tercer paso de igualación del aumento de la presión, en donde el tercer paso de igualación de la disminución de la presión es después del segundo paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el tercer paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del segundo paso de igualación del aumento de la presión, en donde:

50 el tercer paso de igualación de la disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un tercer gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el tercer gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del descenso de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del aumento de la presión; y el tercer paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el tercer gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del descenso de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del aumento de la presión.

60 10. El proceso de la reivindicación 9 en donde el ciclo repetitivo comprende además un cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y un cuarto paso de igualación del aumento de la presión, en donde el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión es después del tercer paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el cuarto paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del tercer paso de igualación del aumento de la presión, en donde:

65 el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un cuarto gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de

igualación de la disminución de la presión, y pasar el cuarto gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del descenso de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del aumento de la presión; y  
 el cuarto paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el cuarto gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del descenso de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del aumento de la presión.

11. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 en donde el ciclo repetitivo comprende además un segundo paso de igualación de la disminución de la presión y un segundo paso de igualación del aumento de la presión, en donde el segundo paso de igualación del descenso de la presión es después del paso (a) de alimentación y antes del paso (b) de enjuagado en el ciclo repetitivo, en donde el segundo paso de igualación del aumento de la presión es después del paso de igualación del aumento de la presión y antes del paso (g) de puesta a presión de nuevo en el ciclo repetitivo, en donde:

el segundo paso de igualación de la disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un segundo gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el segundo gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del descenso de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión; y el segundo paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el segundo gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación de la disminución de la presión mientras que simultáneamente al menos uno de (i) introducir en el sentido de la corriente el gas de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión, y (ii) introducir a contracorriente una porción del gas efluente del lecho de adsorción que experimenta el paso de alimentación en el lecho de adsorción que experimenta el segundo paso de igualación del aumento de la presión.

12. El proceso de la reivindicación 11 en donde el ciclo repetitivo comprende además un tercer paso de igualación de la disminución de la presión y un tercer paso de igualación del aumento de la presión, en donde el tercer paso de igualación de la disminución de la presión es después del segundo paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el tercer paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del segundo paso de igualación del aumento de la presión, en donde:

el tercer paso de igualación de la disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un tercer gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el tercer gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del descenso de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del aumento de la presión; y el tercer paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el tercer gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del descenso de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el tercer paso de igualación del aumento de la presión.

13. El proceso de la reivindicación 12 en donde el ciclo repetitivo comprende además un cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y un cuarto paso de igualación del aumento de la presión, en donde el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión es después del tercer paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el cuarto paso de igualación del aumento de la presión es después del paso (e) de evacuación y antes del tercer paso de igualación del aumento de la presión, en donde:

el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión comprende extraer en el sentido de la corriente un cuarto gas de igualación de la presión de un lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la disminución de la presión, y pasar el cuarto gas de igualación de la presión a un lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación de la presión igualando de este modo la presión entre el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del descenso de la presión y el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del aumento de la presión; y el cuarto paso de igualación del aumento de la presión comprende introducir a contracorriente el cuarto gas de igualación de la presión del lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del descenso de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el cuarto paso de igualación del aumento de la presión.



- 5 14. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 9, 10, 12 y 13, en donde el ciclo repetitivo comprende además proveer un paso de purga y un paso de purga, en donde el proporcionar el paso de purga es después del tercer paso de igualación de la disminución de la presión o del cuarto paso de igualación de la disminución de la presión y antes del paso (d) de soplado en el ciclo repetitivo, en donde el paso de purga es después del paso (e) de evacuación y antes del tercer paso de igualación del aumento de la presión o del cuarto paso de igualación del aumento de la presión, en donde:
- 10 el paso de provisión de purga comprende extraer en el sentido de la corriente un gas de purga del lecho de adsorción que experimenta el paso de provisión de purga, y pasar el gas de purga a un lecho de adsorción que experimenta el paso de purga; y
- 15 el paso de purga comprende introducir a contracorriente el gas de purga del lecho de adsorción que experimenta el paso de provisión de purga en el lecho de adsorción que experimenta el paso de purga mientras que extrae a contracorriente un efluente del gas de purga que comprende el primer gas del lecho de adsorción que experimenta el paso de purga a la presión de evacuación y que combina el efluente del gas de purga con la corriente del producto.
- 20 15. El proceso de cualquier reivindicación anterior en donde el aumento de la presión en el lecho de adsorción que experimenta el paso (g) de puesta a presión de nuevo comprende además introducir a contracorriente al menos una porción del efluente del gas de enjuagado del lecho de adsorción que experimenta el paso de enjuagado.

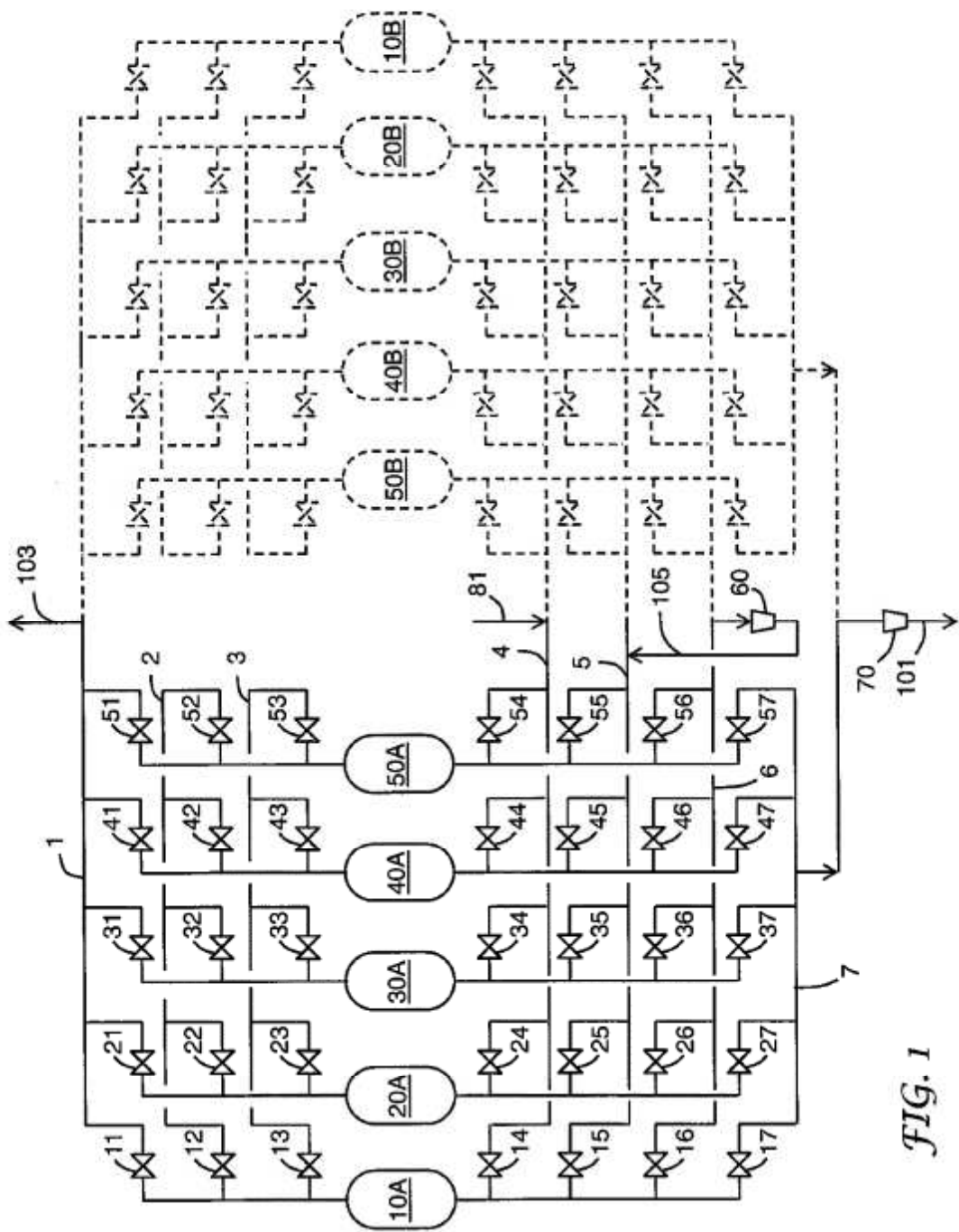


FIG. 1

feed	rinse	eq1d	bd	evac	eq1r	eqrinse	repr
eqrinse	repr	feed	rinse	eq1d	bd	evac	eq1r
evac	eq1r	eqrinse	feed	rinse	eq1d	bd	evac
bd	evac	eq1r	eqrinse	repr	feed	rinse	eq1d
rinse	eq1d	bd	evac	eq1r	eqrinse	repr	feed

FIG. 2

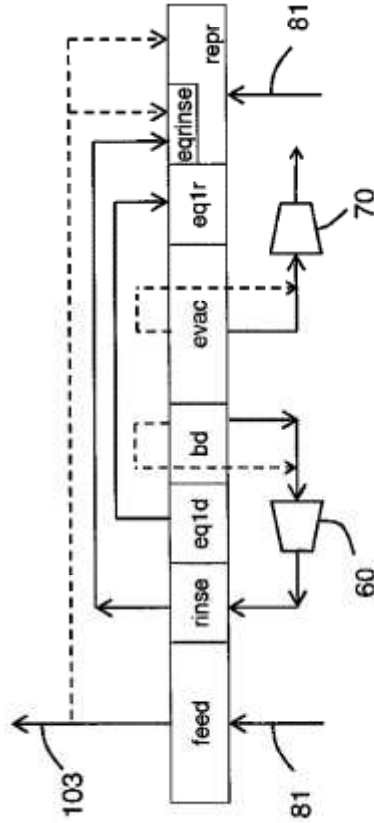


FIG. 3

feed	eq1d	rinse	eq2d	bd	evac	eq2r	eqrinse	eq1r	repr
eq1r	feed		eq1d	rinse	bd	evac		eq2r	eqrinse
eq2r	eqrinse	eq1r	feed		eq1d	rinse	bd	evac	
evac		eq2r	eqrinse	eq1r	feed		eq1d	eq2d	bd
eq2d	bd	evac		eq2r	eqrinse	eq1r	feed		eq1d
eq1d	rinse	eq2d	bd	evac		eq1r	eqrinse	feed	

FIG. 4

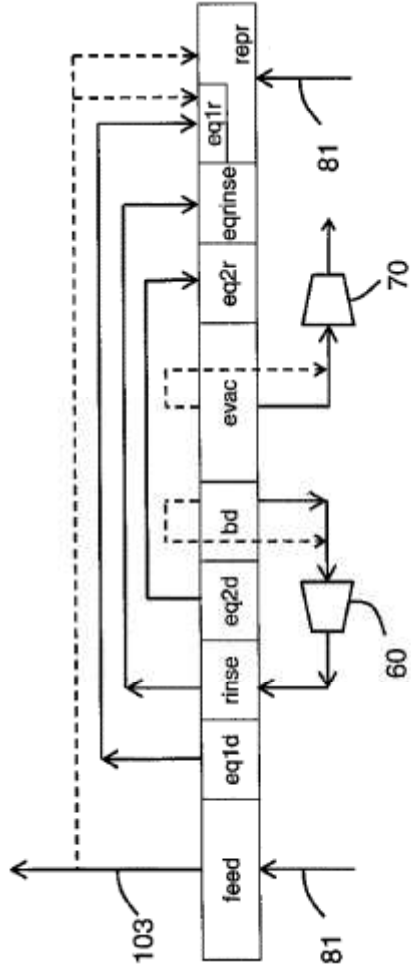


FIG. 5

feed	rinse	eq1d	eq2d	eq3d	bd	evac	eq3r	eq2r	eq1r	eqrinse	repr
eqrinse	feed		rinse	eq1d	eq2d	bd	evac	eq3r	eq3r	eq2r	eq1r
eq2r	eq1r	repr	feed	eqrinse	repr	feed	eq1d	bd	evac	eq3d	eq3r
evac	eq3r	eq2r	eq1r	repr	feed	rinse	eq1d	eq2d	eq3d	bd	evac
bd	evac	eq3r	eq2r	eq1r	repr	feed	eqrinse	repr	eq1d	eq2d	eq3d
eq2d	eq3d	bd	evac	eq3r	eq2r	eq1r	eqrinse	repr	feed	rinse	eq1d
rinse	eq1d	eq2d	bd	evac	eq3r	eq2r	eq1r	repr	eqrinse	repr	feed

FIG. 6

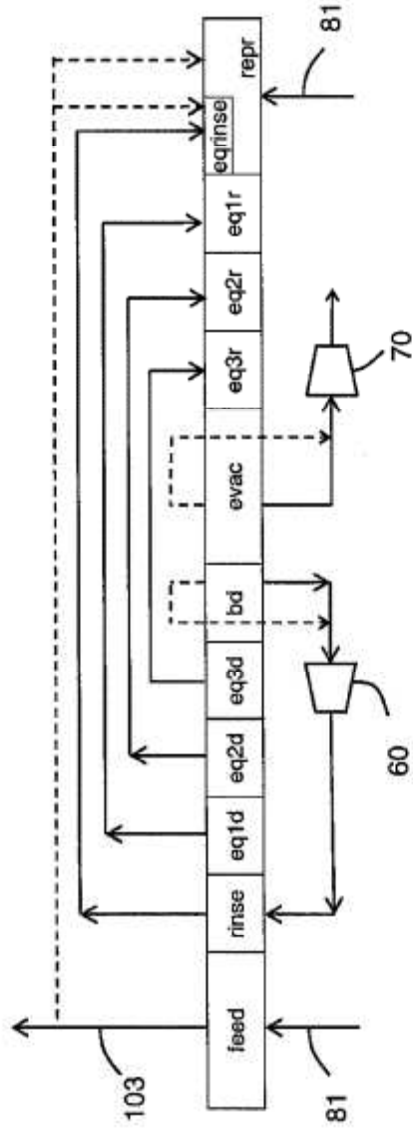


FIG. 7

feed	eq1d	rinse	eq2d	eq3d	eq4d	bd	evac	eq4r	eq3r	eq2r	eq1r	repr
eq1r	feed		eq1d	rinse	eq2d	eq3d	bd	evac		eq4r	eq3r	repr
eq2r	eq1r	repr	eq2r	eq1d	feed	eq3d	eq2d	eq4d	evac	eq4r	eq3r	eqrinse
eq4r	eq2r	eqrinse	eq1r	repr	eq1d	rinse	eq2d	eq4d	bd	evac		eq3r
evac	eq4r	eq3r	eq2r	eqrinse	eq1r	repr	feed	eq1d	eq3d	eq4d	evac	
eq4d	bd	evac	eq4r	eq3r	eq2r	eqrinse	eq1r	repr	eq1d	eq2d	eq3d	bd
eq2d	eq3d	bd	evac	eq4r	eq3r	eqrinse	eq2r	eqrinse	feed	eq1d	eq2d	eq3d
eq1d	rinse	eq3d	eq4d	bd	evac	eq4r	eq3r	eqrinse	repr	feed	eq1d	rinse
feed		eq1d	eq2d	eq3d	eq4d	bd	evac	eq4r	eq3r	eq2r	eq1r	repr

FIG. 8

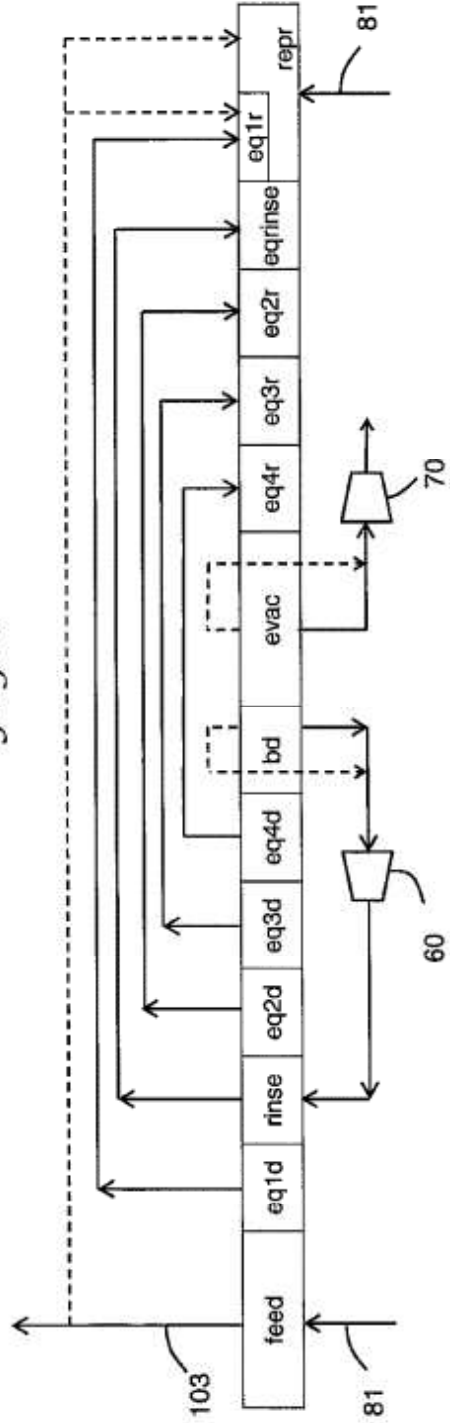


FIG. 9

feed	eq1d	rinse	eq2d	eq3d	eq4d	bd	evac				eq4r	eq3r	eq2r	eqrinse	eq1r	repr
eq1r	feed		eq1d	rinse	eq2d	eq3d	eq4d	bd	evac				eq4r	eq3r	eq2r	eqrinse
eq2r	eqrinse	repr	eq1r	feed		eq1d	eq2d	eq3d	bd	evac				eq4r	eq3r	
eq4r	eq3r	eqrinse	eq1r	repr	eq2r	eqrinse	eq1d	eq2d	eq3d	bd	evac					
evac			eq4r	eq3r	repr		eq1d	eq2d	eq3d	bd	evac					
evac			eq4r	eq3r	eq2r	eqrinse	eq1r	feed	eq1d	eq2d	eq3d	bd	evac			
eq4d	bd	evac		eq4r	eq3r	eq2r	eqrinse	eq1r	repr	eq1d	eq2d	eq3d	bd	evac		
eq2d	eq3d	eq4d	bd	evac			eq4r	eq3r	eq2r	eqrinse	eq1r	repr	eq1d	eq2d	eq3d	bd
eq1d	rinse	eq2d	eq3d	bd	evac		eq4d	bd	repr		eq1d	eq2d	eq3d	bd	evac	

FIG. 10

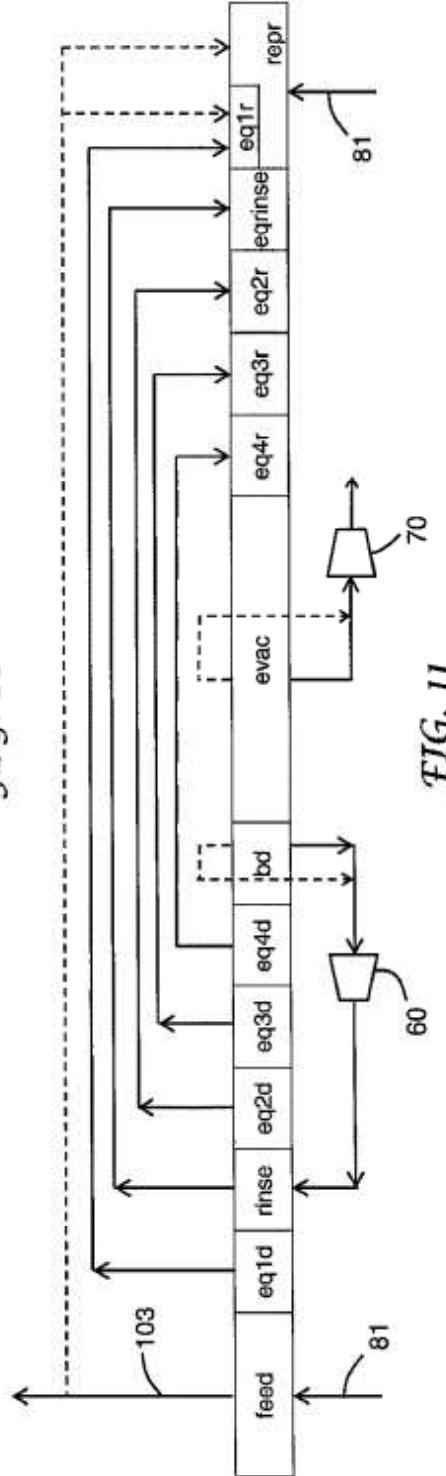


FIG. 11

feed		rinse		eq1d		eq2d		eq3d		eq4d		bd		evac		eq3r		eq4r		eq1r		repr	
repr		feed		rinse		eq1d		eq2d		eq3d		eq4d		bd		evac		eq3r		eq4r		eq2r	
eq1r		eq3r		eq4r		eq1r		repr		feed		rinse		eq2d		eq3d		evac		eq4r		eq4r	
evac		eq3r		eq4r		eq1r		repr		feed		rinse		eq2d		eq3d		bd		evac		eq4r	
bd		evac		eq4r		eq3r		eq1r		repr		feed		rinse		eq2d		eq3d		bd		eq4d	
eq3d		eq4d		bd		evac		eq4r		eq3r		eq1r		repr		feed		rinse		eq1d		eq4d	
eq1d		eq2d		eq3d		eq4d		bd		evac		eq4r		eq3r		eq1r		repr		rinse		eq2d	
rinse		eq1d		eq3d		eq4d		bd		evac		eq4r		eq3r		eq1r		repr		feed		feed	
feed		rinse		eq1d		eq2d		eq3d		eq4d		bd		evac		eq4r		eq3r		eq1r		repr	

FIG. 12

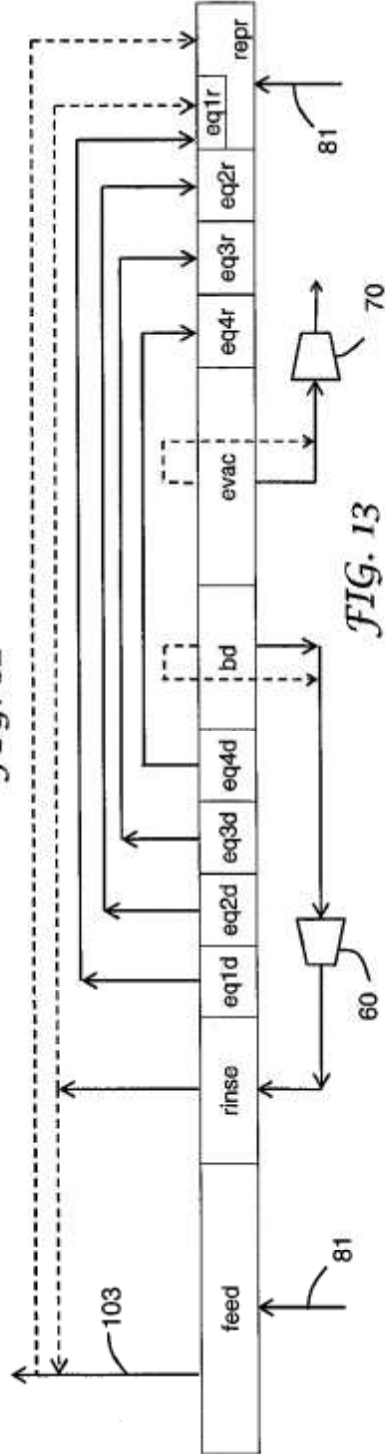


FIG. 13



feed		rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		bd		evac				pg		eq4r eq3r eq2r		eq1r		repr													
eq1r		feed		rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		bd		evac				pg		eq4r eq3r eq2r		repr													
eq3r eq2r		eq1r		repr		feed		rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		evac				pg		eq4r													
pg		eq4r eq3r eq2r		eq1r		repr		feed		rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		evac				pg		eq4r											
evac		pg		eq4r eq3r eq2r		eq1r		repr		feed		rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		evac				pg		eq4r									
bd		evac		pg		eq4r eq3r eq2r		eq1r		repr		feed		rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		evac				pg		eq4r							
pp		bd		evac		pg		eq4r eq3r eq2r		eq1r		repr		feed		rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		evac				pg		eq4r					
eq3d eq4d		pp		bd		evac		pg		eq4r eq3r eq2r		eq1r		repr		feed		rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		evac				pg		eq4r			
eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		bd		evac		pg		eq4r eq3r eq2r		eq1r		repr		feed		rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		evac				pg		eq4r			
rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		bd		evac		pg		eq4r eq3r eq2r		eq1r		repr		feed		rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		evac				pg		eq4r	
feed		rinse		eq1d eq2d eq3d eq4d		pp		bd		evac				pg		eq4r eq3r eq2r		eq1r		repr		feed		pg		eq4r		repr		feed			

FIG. 14

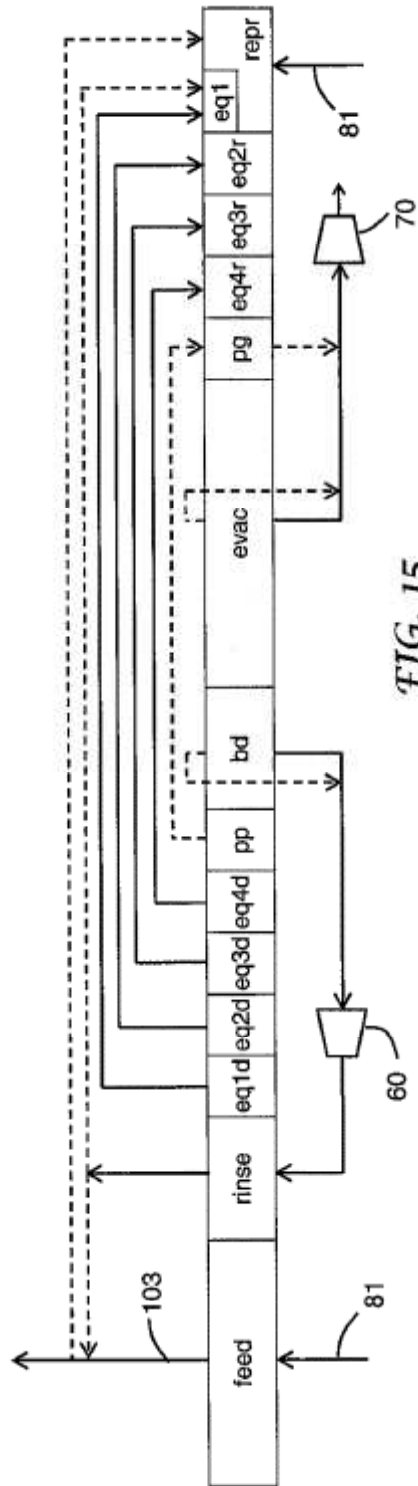


FIG. 15

feed	eq1d	eq2d	fuel	bd	evac	eq2r	repr	feed
eq1r	repr	feed	eq1d	eq2d	fuel	bd	evac	eq2r
evac	eq2r	eq1r	feed	repr	eq1d	eq2d	fuel	bd
fuel	bd	evac	eq1r	repr	feed	eq1d	eq2d	evac
eq1d	eq2d	fuel	bd	evac	eq2r	repr	feed	eq2d

FIG. 16 - CICLO COMPARATIVO

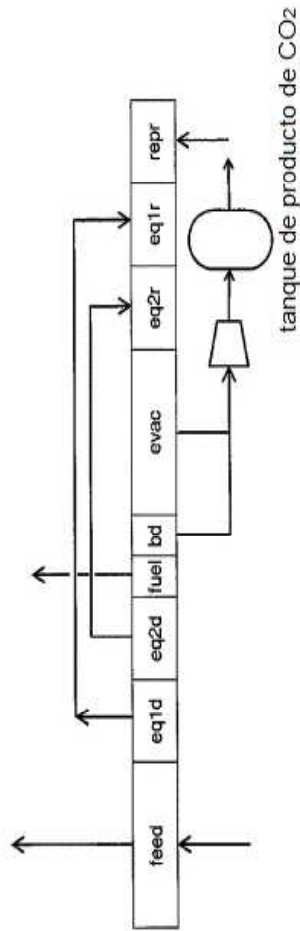


FIG. 17 - CICLO COMPARATIVO

