

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 778**

51 Int. Cl.:

C10L 3/10 (2006.01)

B01D 53/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.04.2013** **PCT/US2013/037313**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.11.2013** **WO13165702**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2013** **E 13784975 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017** **EP 2844723**

54 Título: **Procedimientos y aparatos para preparar gas natural licuado**

30 Prioridad:

01.05.2012 US 201213461046

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.10.2017

73 Titular/es:

UOP LLC (100.0%)
25 East Algonquin Road P.O. Box 5017
Des Plaines, Illinois 60017-5017, US

72 Inventor/es:

ZHOU, LUBO;
DOONG, SHAIN-JER;
RUSSELL, BRADLEY P. y
RASTELLI, HENRY

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 639 778 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

Procedimientos y aparatos para preparar gas natural licuado

Campo técnico

5 La presente invención se refiere, en general, a procedimientos para preparar gas natural licuado de una alimentación de gas natural que comprende hidrocarburos C5 a C7 e hidrocarburos C8 o mayores. Más en particular, la presente invención se refiere a procedimientos para adsorber hidrocarburos C8 o mayores e hidrocarburos C5 a C7, tales como neopentano, de alimentación de gas natural previamente a licuar la alimentación de gas natural.

Antecedentes

10 El gas natural, que principalmente incluye metano, ha pasado a una fuente de energía alternativa al petróleo, viable, en los últimos años, especialmente en los Estados Unidos, debido a drásticos incrementos en las reservas probadas mundiales y nacionales y debido a un deseo de mayor independencia energética. Muchas reservas probadas de gas natural, sin embargo, se caracterizan como de calidad inferior debido a la presencia de compuestos distintos de metano en las mismas. Mientras las reservas de gas natural de alta calidad pueden requerir menos tratamiento para su comercialización, las reservas de gas natural de calidad inferior son, en general, fuentes significativamente más
15 baratas de gas natural. Además, las reservas de gas natural de calidad inferior proporcionan posibilidades de ahorro de costes ya que se desarrollan técnicas de tratamiento más eficaces para tratar el gas natural de las reservas para su comercialización.

Una consideración de tratamiento para la comercialización de gas natural implica licuar el gas natural, que proporciona facilidad de almacenaje y transporte y que puede disminuir un volumen del gas natural por hasta 600
20 veces. Las reservas de gas natural de alta calidad pueden licuarse con relativa facilidad. Sin embargo, persisten las dificultades con la licuefacción de gas natural de reservas de gas natural de calidad inferior debido a la presencia de compuestos distintos de metano. En particular, pueden estar presentes compuestos que congelen a temperaturas mayores que el punto de ebullición del metano, en las reservas de gas natural de calidad inferior y pueden congelar durante la licuefacción del gas natural, produciendo de ese modo taponamiento y bloqueo en las tuberías durante la
25 licuefacción. Ejemplos de compuestos que pueden estar presentes en el gas natural y que pueden congelar durante la licuefacción incluyen benceno, tolueno, xileno, ciclohexano y neopentano. El neopentano es, en particular, problemático debido a su alto punto de congelación de -17°C, que dará como resultado, en general, congelación durante la licuefacción del gas natural y debido a su menor peso molecular y estructura molecular esférica única comparado con benceno, tolueno y xileno, lo que hace más difícil separar neopentano del gas natural que benceno, tolueno y xileno.
30

Se han desarrollado métodos de adsorción para retirar de manera selectiva compuestos de gas natural en la preparación para la licuefacción. La adsorción implica, en general, recogida de moléculas sobre una superficie de un adsorbente. Por ejemplo, geles de sílice, geles de aluminosilicato, tamices moleculares de zeolita y carbono activado son adsorbentes conocidos para adsorber varios compuestos de gas natural. Debido a la relativa facilidad de
35 regeneración cuando se compara con otros adsorbentes, han adquirido un uso generalizado los geles de sílice y los geles de aluminosilicato para reducir en el gas natural varios hidrocarburos tales como benceno, tolueno, xileno y otros hidrocarburos con más de 8 átomos de carbono. Sin embargo, para reducir en el gas natural ciertos hidrocarburos tales como hidrocarburos C5 a C7, incluyendo heptanos, ciclohexanos, benceno y neopentano a concentraciones deseables, se requieren en general lechos adsorbentes, incluyendo los geles de sílice y los geles
40 de aluminosilicato, para tener un volumen mayor del que de otro modo se requeriría para reducir en el gas natural los hidrocarburos C8 o mayores solos.

La patente de EE. UU. 2010/0263532 describe métodos de licuefacción de gas natural seco.

A pesar de los beneficios asociados a la adsorción de compuestos de gas natural usando geles de sílice y geles de aluminosilicato, es deseable maximizar la eficacia de la adsorción de hidrocarburos C8 o mayores, además de
45 maximizar la eficacia de la adsorción de hidrocarburos C5 a C7, especialmente adsorción de neopentano, ciclohexano, benceno y heptano, de gas natural para minimizar una concentración de los hidrocarburos mencionados en la alimentación de gas natural en rangos permisibles para la licuefacción. También es deseable minimizar el volumen de lecho adsorbente al tiempo que evitar los requerimientos de regeneración excesiva para los adsorbentes que se empleen en los lechos adsorbentes.

Breve resumen

En el primer aspecto, se proporciona un procedimiento como se define en la reivindicación 1.

En el segundo aspecto, se proporciona un aparato como se define en la reivindicación 10.

Se proporcionan procedimientos y aparatos para preparar gas natural licuado de una alimentación de gas natural que comprende hidrocarburos C5 a C7 e hidrocarburos C8 o mayores.

Según la invención, un procedimiento para preparar gas natural licuado a partir de alimentación de gas natural que comprende hidrocarburos C5 a C7 e hidrocarburos C8 o mayores incluye efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores a partir de la alimentación de gas natural por adsorción de hidrocarburos con menos de 8 átomos de carbono para proporcionar una corriente de gas natural reducida en C8. El procedimiento continúa efectuando la adsorción preferente de los hidrocarburos C5 a C7 a partir de la corriente de gas natural reducida en C8 por adsorción de hidrocarburos con menos de 5 átomos de carbono para formar una corriente de gas natural reducida en C5 a C8. Los hidrocarburos C5 a C7 se adsorben preferentemente con mayor selectividad y capacidad que la adsorción de los hidrocarburos C5 a C7 durante la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores. La corriente de gas natural reducida en C5 a C8 se licúa después.

Una realización de un procedimiento para preparar gas natural licuado a partir de alimentación de gas natural que comprende hidrocarburos C5 a C7 e hidrocarburos C8 o mayores incluye poner en contacto un primer adsorbente que adsorbe preferentemente los hidrocarburos C8 o mayores con la alimentación de gas natural para proporcionar una corriente de gas natural reducida en C8. El procedimiento continúa poniendo en contacto un segundo adsorbente, que es diferente del primer adsorbente, y que adsorbe preferentemente los hidrocarburos C5 a C7 con la corriente de gas natural reducida en C8 para proporcionar una corriente de gas natural reducida en C5 a C8. El segundo adsorbente presenta mayor selectividad y capacidad para adsorber los hidrocarburos C5 a C7 que el primer adsorbente. Un tercer adsorbente, que adsorbe preferentemente agua residual, también se pone en contacto con la corriente de gas natural reducida en C8. La corriente de gas natural reducida en C5 a C8 se licúa después en una fase de licuefacción.

Según la invención, un aparato para preparar gas natural licuado a partir de una alimentación de gas natural incluye un primer lecho adsorbente que comprende un primer adsorbente. El primer adsorbente adsorbe preferentemente hidrocarburos C8 o mayores sobre hidrocarburos con menos de 8 átomos de carbono. El aparato también incluye un segundo lecho adsorbente que está aguas abajo del primer lecho adsorbente. El segundo lecho adsorbente comprende un segundo adsorbente que es diferente del primer adsorbente y que adsorbe preferentemente hidrocarburos C5 a C7 sobre hidrocarburos con menos de 5 átomos de carbono. El segundo adsorbente presenta mayor selectividad y capacidad para adsorber los hidrocarburos C5 a C7 que el primer adsorbente. El aparato también incluye una fase de licuefacción que está aguas abajo del segundo lecho adsorbente.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá de ahora en adelante junto con las siguientes figuras de dibujos, en las que números iguales indican elementos iguales y en las que:

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un aparato que usa una realización ejemplar de un procedimiento para preparar gas natural licuado, incluyendo el aparato una unidad de adsorción multilecho;

La FIG. 2 es un diagrama esquemático de otra realización de un aparato que usa otra realización ejemplar de un procedimiento para preparar gas natural licuado, incluyendo el aparato otra realización de una unidad de adsorción multilecho;

La FIG. 3 es un gráfico que muestra concentración del lecho para hidrocarburos C6 y agua como una función de longitud axial a lo largo de la unidad de adsorción multilecho como se muestra en la FIG. 1, cuando se determina por una simulación Aspen Adsim™;

La FIG. 4 es un gráfico que muestra concentración del lecho para hidrocarburos C5 e hidrocarburos C7 como una función de la longitud axial a lo largo de la unidad de adsorción multilecho como se muestra en la FIG. 1, cuando se determina por una simulación Aspen Adsim™ y

La FIG. 5 es un gráfico que muestra neopentano e hidrocarburos C8 como una función de la longitud axial a lo largo de la unidad de adsorción multilecho como se muestra en la FIG. 1, cuando se determina por una simulación Aspen Adsim™.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada es simplemente ejemplar por naturaleza y no está destinada a limitar la invención o la aplicación y los usos de la invención. Además, no hay intención de estar ligados por ninguna teoría presentada en los antecedentes precedentes o la siguiente descripción detallada.

Se proporcionan procedimientos para preparar gas natural licuado a partir de una alimentación de gas natural, como son los aparatos para preparar el gas natural licuado. Los procedimientos son aplicables para preparar gas natural licuado a partir de alimentación de gas natural que incluye hidrocarburos C5 a C7 e hidrocarburos C8 o mayores, hidrocarburos que pueden estar presentes en reservas de gas natural. Los procedimientos implican primero efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores de la alimentación de gas natural sobre los hidrocarburos que tienen menos de 8 átomos de carbono para proporcionar una corriente de gas natural reducida en C8. Como se refiere en la presente memoria, "adsorción preferente" significa que los compuestos referidos son adsorbidos a cargas de equilibrio mayores cuando se compara con otros compuestos, aunque también pueden ser adsorbidos

compuestos no preferentes en pequeñas cantidades. También como se refiere en la presente memoria, “reducido” significa que se retira la mayor parte de los compuestos referidos, de la alimentación de gas natural y pueden reducirse los compuestos objeto a cantidades traza de menos de, o igual a, 100 partes por millón, tal como menos de, o igual a, 10 partes por millón, en volumen basado en el volumen total de la alimentación de gas natural después de la eliminación de los compuestos objeto. El procedimiento continúa con la realización de la adsorción preferente de los hidrocarburos C5 a C7 a partir de la corriente de gas natural reducida en C8 sobre hidrocarburos que tienen menos de 5 átomos de carbono para formar una corriente de gas natural reducida en C5 a C8. Los hidrocarburos C5 a C7 son adsorbidos preferentemente para reducir neopentano, ciclohexano, benceno y heptanos a intervalos permisibles para licuefacción puesto que esos hidrocarburos tienen tendencia en particular a la congelación durante la licuefacción y otros hidrocarburos C5 y C6 que no tienen tendencia en particular a congelar durante la licuefacción son retirados adicionalmente junto con el neopentano, ciclohexano, benceno y heptanos. Los hidrocarburos C5 a C7 son adsorbidos preferentemente también con mayor selectividad y capacidad que la adsorción de los hidrocarburos C5 a C7 durante la adsorción de manera preferente de los hidrocarburos C8 o mayores. Como se refiere en la presente memoria, “selectividad” se refiere a la eficacia de un adsorbente en la adsorción de compuestos particulares a partir de una corriente gaseosa y disminución de la concentración de esos compuestos en la corriente gaseosa. Como se refiere también en la presente memoria, “capacidad” se refiere a la cantidad de hidrocarburos objetivo que pueden ser adsorbidos por un adsorbente por masa unitaria del adsorbente. Los procedimientos descritos en la presente memoria permiten una eficacia maximizada de la adsorción de los hidrocarburos C8 o mayores, además de eficacia maximizada de adsorción de hidrocarburos C5 a C7, a partir de gas natural para minimizar de ese modo la concentración del neopentano, ciclohexano, benceno, heptanos e hidrocarburos C8 o mayores en la alimentación de gas natural en intervalos permisibles para la licuefacción. En particular, por la realización primero de la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores, pueden adsorberse preferentemente los hidrocarburos C5 a C7 usando adsorbentes que sean más selectivos y presenten una mayor capacidad para adsorber los hidrocarburos C5 a C7 que los adsorbentes que se usan para adsorber de manera preferente los hidrocarburos C8 o mayores, pero que requerirían de otro modo una regeneración excesiva si se expusieran a altas concentraciones de los hidrocarburos C8 o mayores. Debido a que los hidrocarburos C8 o mayores son adsorbidos preferentemente para proporcionar la corriente de gas natural reducida en C8 previamente a efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C5 a C7 de la corriente de gas natural reducida en C8, la regeneración excesiva del adsorbente usado para realizar la adsorción preferente de los hidrocarburos C5 a C7 no es una preocupación, permitiendo de ese modo que los adsorbentes sean más selectivos y presenten una mayor capacidad para adsorber los hidrocarburos C5 a C7 que se tienen que usar. Como resultado, se pueden minimizar los volúmenes de lecho adsorbente totales al tiempo que aún se reducen los hidrocarburos C8 o mayores y neopentano, ciclohexano, benceno y heptanos a concentraciones en la alimentación de gas natural en intervalos permisibles para la licuefacción.

Los hidrocarburos C5 a C7 que pueden estar presentes en la alimentación de gas natural incluyen, pero no se limitan a, varias formas de pentano incluyendo i-pentano, n-pentano y neopentano; varias formas de hexano tales como n-hexano y ciclohexano; benceno; n-heptano; tolueno y combinaciones de los mismos. Ejemplos de hidrocarburos C8 o mayores que pueden estar presentes en la alimentación de gas natural incluyen, pero no se limitan a, n-octano; varias formas de xileno tales como o-xileno; n-nonano; n-decano y combinaciones de los mismos. En una realización específica, el neopentano está presente en la alimentación de gas natural. En particular, pueden estar presentes neopentano, ciclohexano, benceno, heptanos e hidrocarburos C8 o mayores en la alimentación de gas natural en concentraciones que serían problemáticas cuando se licúa la alimentación de gas natural debido a congelación de los hidrocarburos ya mencionados. Por ejemplo, los hidrocarburos mencionados pueden estar presentes en cantidades en exceso de 100 partes por millón en volumen (ppmv), tales como de 100 a 1000 ppmv, cantidades que plantean dificultades si no se reducen a 100 ppmv o menos. Como un ejemplo específico, el neopentano puede estar presente en la alimentación de gas natural en una cantidad de desde 10 a 200 ppmv, tales como de 50 a 150 ppmv, cantidades que plantean dificultades durante la licuefacción de la alimentación de gas natural si no se reducen a 2 ppmv o menos. La alimentación de gas natural también incluye metano, que está presente en cantidades de más de 50 por ciento en volumen, tal como de 80 a 99,8 por ciento en volumen o de 95 a 99,5 por ciento en volumen o de 99,0 a 99,5 por ciento en volumen, basado en el volumen total de la alimentación de gas natural.

Una realización ejemplar de un procedimiento para preparar gas natural licuado a partir de una alimentación de gas natural que incluye hidrocarburos C5 a C7 e hidrocarburos C8 o mayores ahora se abordará con referencia a un aparato 10 ejemplar para preparar gas 24 natural licuado, como se muestra en la FIG. 1. Haciendo referencia a la FIG. 1, el aparato 10 de esta realización incluye un primer lecho 12 adsorbente y un segundo lecho 14 adsorbente que está aguas abajo del primer lecho 12 adsorbente. El primer lecho 12 adsorbente incluye un primer adsorbente 13 y el segundo lecho 14 adsorbente incluye un segundo adsorbente 15. Como se muestra en la FIG. 1, el primer lecho 12 adsorbente y el segundo lecho 14 adsorbente se proporcionan en una unidad 16 de adsorción multilecho. Sin embargo, aunque no se muestra, se tiene que apreciar que puede proporcionarse el primer lecho adsorbente y el segundo lecho adsorbente en unidades independientes.

El procedimiento incluye efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores de la alimentación de gas natural sobre hidrocarburos con menos de 8 átomos de carbono para proporcionar una corriente de gas natural reducida en C8. De acuerdo con el procedimiento ejemplar realizado en el aparato 10 de la FIG. 1, los hidrocarburos

C8 o mayores se adsorben preferentemente de la alimentación 20 de gas natural poniendo en contacto el primer adsorbente 13, que adsorbe precedentemente los hidrocarburos C8 o mayores, con la alimentación 20 de gas natural para proporcionar la corriente 26 de gas natural reducida en C8. En esta realización, para poner en contacto el primer adsorbente 13 con la alimentación 20 de gas natural, se introduce la alimentación 20 de gas natural en el primer lecho 12 adsorbente de la unidad 16 de adsorción multilecho de la FIG. 1, para proporcionar la corriente 26 de gas natural reducida en C8.

El primer adsorbente 13 adsorbe precedentemente los hidrocarburos C8 o mayores por adsorción de hidrocarburos con menos de 8 átomos de carbono. El primer adsorbente 13 también puede adsorber preferentemente agua, hasta el punto que puede estar presente agua en la alimentación 20 de gas natural. En algunas circunstancias, como se describe en con más detalle a continuación, la alimentación 20 de gas natural puede saturarse con agua. Sin embargo, la presencia de agua en la alimentación 20 de gas natural es opcional y, hasta el punto de que puede estar presente agua, el primer adsorbente 13 puede adsorber preferentemente la mayor parte del agua de la alimentación 20 de gas natural junto con los hidrocarburos C8 o mayores.

Los primeros adsorbentes ejemplares que adsorben preferentemente los hidrocarburos C8 o mayores sobre hidrocarburos con menos de 8 átomos de carbono son conocidos en la técnica e incluyen geles de sílice y geles de aluminosilicato que tienen un tamaño de poro promedio (es decir, diámetro) de al menos 10 Angstroms, tales como de 10 a 100 Angstroms o de 10 a 20 Angstroms. Los geles de sílice son conocidos en la técnica y se refieren en general a formas no cristalinas de sílice, aunque los geles de sílice son generalmente rígidos. Los geles de sílice comprenden en general un conjunto de micropartículas esféricas hechas de sílice coloidal. Debido al relativamente grande tamaño de poro promedio, los geles de sílice adsorben fácilmente los hidrocarburos C8 o mayores y también adsorben fácilmente agua (cuando está presente en la alimentación 20 de gas natural). También debido al tamaño de poro relativamente grande y la composición química de los geles de sílice y los geles aluminosilicato, la regeneración de los geles de sílice y los geles de aluminosilicato para desorber los hidrocarburos C8 o mayores de la superficie de los mismos consume menos energía que para otros adsorbentes con tamaño de poro menor o diferente composición química. Ejemplos específicos de adsorbentes de gel de sílice y geles de aluminosilicato adecuados están comercialmente disponibles con la marca Sorbead® de BASF Corporation de Florham Park, Nueva Jersey. En una realización, el gel de sílice o gel de aluminosilicato forma al menos 80 por ciento en volumen del primer lecho adsorbente 12 y puede formar 100 por cien en volumen del primer lecho 12 adsorbente.

Para los fines de la aplicación inmediata, la corriente de gas natural reducida en C8 se define como la corriente de gas natural que se produce después de efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores de la alimentación de gas natural previamente a efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C5 a C7 de la corriente de gas natural con mayor selectividad y capacidad que existe durante la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores. En el procedimiento ejemplar realizado en el aparato 10 de la FIG. 1, la corriente 26 de gas natural reducida en C8 se define como la corriente de gas natural que sale del primer lecho 12 adsorbente.

En una realización, se reducen los hidrocarburos C8 o mayores, por adsorción preferente mediante el primer adsorbente, a una concentración menor que o igual a 100 ppmv, tal como menor que, o igual a, 10 ppmv, menor que, o igual a, 1 parte por millón o de 0,1 a 0,4 ppmv, en la corriente de gas natural reducida en C8. En particular, la etapa de efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores incluye cada uno de los hidrocarburos C8 o mayores a las concentraciones mencionadas para proporcionar la corriente de gas natural reducida en C8. Como tal, en el procedimiento ejemplar realizado en el aparato 10 de la FIG. 1, la corriente 26 de gas natural reducida en C8 que sale del primer lecho 12 adsorbente presenta las concentraciones mencionadas de los hidrocarburos C8 o mayores antes de tratamiento adicional.

El procedimiento continúa efectuando la adsorción preferente de los hidrocarburos C5 a C7 de la corriente de gas natural reducida en C8 por adsorción de hidrocarburos con menos de 5 átomos de carbono para formar una corriente de gas natural reducida en C5 a C8. De acuerdo con el procedimiento ejemplar realizado en el aparato 10 de la FIG. 1, los hidrocarburos C5 a C7 se adsorben preferentemente de la corriente 26 de gas natural reducida en C8 poniendo en contacto el segundo adsorbente 15, que adsorbe precedentemente los hidrocarburos C5 a C7, con la corriente 26 de gas natural reducida en C8 para proporcionar la corriente 28 de gas natural reducida en C5 a C8. En esta realización, para poner en contacto el segundo adsorbente 15 con la corriente 26 de gas natural reducida en C8, la corriente 26 de gas natural reducida en C8 se introduce directamente en el segundo lecho 14 adsorbente del primer lecho 12 adsorbente de la unidad 16 de adsorción multilecho de la FIG. 1 para proporcionar la corriente 28 de gas natural reducida en C5 a C8.

El segundo adsorbente 15 es diferente del primer adsorbente 13 y que adsorbe preferentemente los hidrocarburos C5 a C7 por adsorción de hidrocarburos con menos de 5 átomos de carbono. El segundo adsorbente 15 presenta mayor selectividad y capacidad para adsorber los hidrocarburos C5 a C7 que el primer adsorbente 13. En particular, el segundo adsorbente 15 es más eficaz en la adsorción de los hidrocarburos C5 a C7 de la alimentación 20 de gas natural que el primer adsorbente 13, permitiendo de ese modo que se consigan bajas concentraciones de los hidrocarburos C5 a C7 en la alimentación hidrocarbonada, que sólo se podían conseguir con un volumen de lecho mayor del primer adsorbente 13 en el primer lecho 12 adsorbente. Con respecto a esto, los hidrocarburos C5 a C7 se adsorben preferentemente con mayor selectividad y capacidad que la adsorción de los hidrocarburos C5 a C7 durante la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores. Mientras algunos de los hidrocarburos C5

a C7 pueden ser absorbidos por el primer adsorbente 13 e incluso pueden ser absorbidos preferentemente por el primer adsorbente 13 sobre hidrocarburos con menos de 5 átomos de carbono después de la reducción de los hidrocarburos C8 o mayores por el primer adsorbente 13, la selectividad y la capacidad del segundo adsorbente 15 para adsorber los hidrocarburos C5 a C7 es aún mayor que la selectividad y la capacidad del primer adsorbente 13 para adsorber los hidrocarburos C5 a C7.

El segundo adsorbente 15 es también capaz de adsorber preferentemente al menos algunos de los hidrocarburos C8 o mayores (tales como octano) y puede ser capaz de adsorber preferentemente algunos de los hidrocarburos C8 o mayores con mayor selectividad y capacidad que el primer adsorbente 13. Sin embargo, debido a que el segundo lecho 14 adsorbente está aguas abajo del primer lecho 12 adsorbente, la alimentación 20 de gas natural se agotará de los hidrocarburos C8 o mayores aguas arriba del segundo lecho 14 adsorbente, lo que es deseable debido a que la regeneración del segundo adsorbente 15 después de la adsorción de grandes cantidades de los hidrocarburos C8 o mayores puede requerir gastos de energía excesivos y en cualquier caso requeriría mayor gasto energético para la regeneración que el primer adsorbente 13 debido a la mayor selectividad y capacidad para la adsorción de los hidrocarburos C5 a C7.

Los segundos adsorbentes ejemplares que adsorben preferentemente los hidrocarburos C5 a C7 sobre hidrocarburos con menos de 5 átomos de carbono son conocidos en la técnica. En una realización, el segundo adsorbente 15 incluye un adsorbente de tamiz molecular de zeolita con un tamaño de poro promedio de desde 5 a 15 Angstroms. Adsorbentes de tamiz molecular de zeolita, adecuados, incluyen zeolita con calcio intercambiado (CaX) y zeolita con sodio intercambiado (NaX), que presentan un tamaño de poro promedio de 10 Angstroms. En una realización, el adsorbente de tamiz molecular de zeolita forma al menos 50 por ciento en volumen del segundo lecho 14 adsorbente y puede formar 100 por cien en volumen del segundo lecho 14 adsorbente. Ejemplos específicos de zeolitas de NaX adecuadas están comercialmente disponibles con la marca Molsiv[™] de UOP LLC de Des Plaines, Illinois. En otra realización, el segundo adsorbente 15 incluye un adsorbente de carbono activado además de, o como una alternativa a, el adsorbente de tamiz molecular de zeolita. El adsorbente de carbono activado adecuado puede presentar un tamaño de poro de 20 Angstroms y una superficie específica de 1000 m²/g. Cuando el segundo adsorbente 15 incluye adsorbente de carbono activado además del adsorbente de tamiz molecular de zeolita, el adsorbente de carbono activado puede disponerse aguas abajo del adsorbente de tamiz molecular de zeolita. En una realización, el adsorbente de carbono activado forma al menos 50 por ciento en volumen del segundo adsorbente 15 y puede formar 100 por cien en volumen del segundo lecho 14 adsorbente. Debido a los tamaños de poro más pequeños en el segundo adsorbente 15 y/o la composición química del mismo, el segundo adsorbente 15 presenta mayor selectividad y capacidad para adsorber los hidrocarburos C5 a C7 que el primer adsorbente 13.

En una realización, los hidrocarburos C5 a C7, tales como neopentano son reducidos, por adsorción preferente mediante el segundo adsorbente, a una concentración menor que, o igual a, 2 ppmv, tal como menor que, o igual a, 1 ppmv o de 0,1 a 0,4 ppmv, en la corriente de gas natural reducida en C5 a C8. En particular, la etapa de efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C5 a C7 incluye reducir cada uno de los hidrocarburos C5 a C7 a las concentraciones mencionadas para proporcionar la corriente de gas natural reducida en C5 a C8. Por ejemplo, en una realización específica, en la que la alimentación de gas natural incluye neopentano, el neopentano y, opcionalmente, otros hidrocarburos C5 a C7 se adsorben preferentemente de la corriente de gas natural reducida en C8. En esta realización, el neopentano se reduce a una concentración menor que, o igual a, 2 ppmv en la corriente de gas natural reducida en C5 a C8, tal como de 0,1 a 1 ppmv o de 0,1 a 0,4 ppmv. En el procedimiento ejemplar realizado en el aparato 10 de la FIG. 1, la corriente 28 de gas natural reducida en C5 a C8 que sale del segundo lecho 14 adsorbente presenta las concentraciones mencionadas de los hidrocarburos C5 a C7 antes de tratamiento adicional.

Aunque la FIG. 1 ilustra el primer adsorbente 13 y el segundo adsorbente 15 como que están en forma de gránulo o perla, puede emplearse el primer adsorbente 13 y el segundo adsorbente 15 en cualquier forma física que sea conocida en la técnica, tal como materiales excluidos, panales o en materiales compuestos soportados sobre sustratos. El primer adsorbente 13 puede proporcionarse en una cantidad de 10 a 90 por ciento en volumen, tal como de 30 a 70 por ciento en volumen o de 40 a 60 por ciento en volumen, basado en un volumen combinado del primer adsorbente 13 y el segundo adsorbente 15. El segundo adsorbente 15 puede proporcionarse en una cantidad de 10 a 90 por ciento en volumen, tal como de 30 a 70 por ciento en volumen o de 40 a 60 por ciento en volumen, basado en el volumen combinado del primer adsorbente 13 y el segundo adsorbente 15. Los volúmenes relativos del primer adsorbente 13 y/o el segundo adsorbente 15 fuera de los intervalos ya mencionados puede dar como resultado adsorción insuficiente de los hidrocarburos C5 a C7 y/o los hidrocarburos C8 o mayores de manera que la licuefacción puede verse afectada por concentraciones excesivamente altas del neopentano, ciclohexano, benceno, heptanos y/o los hidrocarburos C8 o mayores. En la realización mostrada en la FIG. 1, el primer adsorbente 13 y el segundo adsorbente 15, juntos, forman 100 por cien en volumen de todo adsorbente que se emplee en la unidad 16 de adsorción multilecho. Sin embargo, se tiene que apreciar que, en otras realizaciones, pueden incluirse lechos adsorbentes adicionales que incluyan adsorbentes adicionales. En tales realizaciones, la cantidad combinada del primer adsorbente 13 y el segundo adsorbente 15 puede ser al menos 70 por ciento en volumen, basado en el volumen total de todo adsorbente que se emplee para adsorción en la unidad de adsorción multilecho.

El procedimiento continúa con la licuefacción de la corriente de gas natural reducida en C5 a C8. La etapa de licuar la corriente de gas natural reducida en C5 a C8 abarca varias subetapas que pueden realizarse para retirar además otros diversos compuestos y licuar la corriente de gas natural resultante. Licuar el gas natural generalmente implica condensar el gas natural en un líquido, generalmente por enfriamiento del gas natural a temperaturas y presiones apropiadas. De acuerdo con el procedimiento ejemplar que se realiza en el aparato 10 de la FIG. 1, el aparato 10 incluye una fase 18 de licuefacción que está aguas abajo del segundo lecho 14 adsorbente. La fase 18 de licuefacción puede incluir equipo convencional para enfriar la corriente de gas natural reducida en C5 a C8 y también puede incluir equipo para separar varios componentes de una alimentación 20 de gas natural ya que la corriente 28 de gas natural reducida en C5 a C8 se enfría a temperaturas suficientemente bajas durante la licuefacción. La corriente 28 de gas natural reducida en C5 a C8 es licuada en la fase 18 de licuefacción, que produce una corriente 24 de gas natural licuado. En esta realización, los líquidos del gas natural (NGL, por sus siglas en inglés) y el gas licuado del petróleo (LPG, por sus siglas en inglés), mostrados como una única corriente 22 de NGL/LPG en la FIG. 1, también se proporcionan por la fase 18 de licuefacción y representan fracciones que son separadas de la corriente 28 de gas natural reducida en C5 a C8 ya que la corriente 28 de gas natural reducida en C5 a C8 se enfría a temperaturas suficientemente bajas para la licuefacción. La fase 18 de licuefacción también puede incluir equipo convencional para separar componentes no deseables adicionales de la alimentación 20 de gas natural tal como, por ejemplo, mercurio, especies que contienen nitrógeno y similares.

Otra realización ejemplar de un procedimiento para preparar gas natural licuado a partir de una alimentación de gas natural que incluye hidrocarburos C5 a C7 e hidrocarburos C8 o mayores se abordará ahora con referencia a un aparato 110 ejemplar para preparar gas 24 natural licuado, como se muestra en la FIG. 2. De acuerdo con esta realización, se ilustra que la alimentación 20 de gas natural puede ser sometida a otro tratamiento previamente a adsorción de los hidrocarburos C8 o mayores y que pueden realizarse otras etapas de adsorción preferentes además de efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores y efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C5 a C7. En particular, en esta realización, el procedimiento incluye la etapa de retirar gas ácido, tal como dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, de la alimentación de gas natural previamente a efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores de la alimentación de gas natural. El gas ácido puede ser eliminado de la alimentación de gas natural poniendo en contacto la alimentación 20 de gas natural con una disolución 31 acuosa de amina en una unidad 30 de tratamiento de amina, que se muestra en general en la FIG. 2. Las unidades de tratamiento de amina son conocidas en la técnica. En la unidad 30 de tratamiento de amina, el gas ácido reacciona con la disolución 31 acuosa de amina para formar enlaces químicos débiles con la disolución 31 acuosa de amina a alta presión, mientras que los otros componentes de la alimentación 20 de gas natural quedan en forma gaseosa. La disolución 31 acuosa de amina, que lleva con ella los gases ácidos, se remedia después para separar una corriente 34 de gas ácido de ahí, mientras que la alimentación 20 de gas natural restante se trata además como se describe a continuación. Sin embargo, la alimentación 20 de gas natural generalmente llega a estar saturada con agua como resultado de la puesta en contacto de la alimentación 20 de gas natural con la disolución 31 acuosa de amina.

El procedimiento continúa con la realización de la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores de la alimentación 20 de gas natural sobre hidrocarburos con menos de 8 átomos de carbono para proporcionar una corriente de gas natural reducida en C8. De acuerdo con el procedimiento ejemplar realizado en el aparato 110 de la FIG. 2, se hace pasar la alimentación 20 de gas natural desde la unidad 30 de tratamiento de aminas a un primer lecho 12 adsorbente de una unidad 116 de adsorción de tres lechos. El primer lecho 12 adsorbente y el segundo lecho 14 adsorbente de la unidad 116 de adsorción de tres lechos son iguales a los descritos anteriormente en el contexto del aparato 10 mostrado en la FIG. 1. Sin embargo, además del primer lecho 12 adsorbente y el segundo lecho 14 adsorbente, la unidad 116 de adsorción de tres lechos de esta realización incluye un tercer lecho 32 adsorbente que se dispone entre el primer lecho 12 adsorbente y el segundo lecho 14 adsorbente. El tercer lecho 32 adsorbente incluye un tercer adsorbente 36 que es diferente del primer adsorbente 13 y el segundo adsorbente 15 y que adsorbe preferentemente agua. El tercer adsorbente 36 puede adsorber preferentemente agua mientras que no adsorbe hidrocarburos C3 o mayores y el tercer adsorbente 36 presenta mayor selectividad y capacidad para adsorber agua que el primer adsorbente 13. En particular, el tercer adsorbente 36 es más eficaz en la adsorción de agua de la alimentación 20 de gas natural que el primer adsorbente 13, permitiendo de ese modo que se consigan bajas concentraciones de agua en la alimentación 20 de gas natural que solo podían conseguirse con un volumen de lecho mayor del primer adsorbente 13. Terceros adsorbentes ejemplares que adsorben preferentemente agua, sin adsorber hidrocarburos C3 o mayores, son conocidos en la técnica. En una realización, el tercer adsorbente incluye un adsorbente de tamiz molecular de zeolita con un tamaño de poro promedio menor que, o igual a, 4 Angstroms. Los adsorbentes de tamiz molecular de zeolita, adecuados, incluyen zeolitas 4A, que presentan un tamaño de poro promedio de 4 Angstroms. En una realización, el adsorbente de tamiz molecular de zeolita forma al menos 50 por ciento en volumen del tercer lecho 32 adsorbente y puede formar 100 por cien en volumen del tercer lecho 32 adsorbente. El primer adsorbente 13 puede proporcionarse en una cantidad de desde 10 a 70 por ciento en volumen, el segundo adsorbente 15 puede proporcionarse en una cantidad de desde 20 a 90 por ciento en volumen y el tercer adsorbente 36 puede proporcionarse en una cantidad de desde 5 a 20 por ciento en volumen, basado en el volumen combinado del primer adsorbente 13, el segundo adsorbente 15 y el tercer adsorbente 36 en la unidad 116 de adsorción de tres lechos.

De acuerdo con el procedimiento ejemplar realizado en el aparato 110 de la FIG. 2, el procedimiento incluye efectuar

- la adsorción preferente de agua residual de la corriente 26 de gas natural reducida en C8. En esta realización, el agua residual es adsorbida preferentemente poniendo en contacto el tercer lecho 32 adsorbente con la corriente 26 de gas natural reducida en C8. Como se muestra en la FIG. 2, el tercer lecho 32 adsorbente se dispone directamente aguas abajo del primer lecho 12 adsorbente de manera que el agua residual es adsorbida preferentemente directamente después de efectuar la adsorción preferente de los hidrocarburos C8 o mayores de la alimentación 20 de gas natural. Sin embargo, se tiene que apreciar que otros lechos adsorbentes intervinientes (no mostrados) pueden estar presentes entre el primer lecho 12 adsorbente y el tercer lecho 32 adsorbente en otras realizaciones. Debido a que el tercer lecho 32 adsorbente está aguas abajo del primer lecho 12 adsorbente y debido a que el primer lecho 12 adsorbente adsorbe precedentemente agua misma, la alimentación 20 de gas natural se reducirá en la mayor parte de agua aguas arriba del tercer lecho 32 adsorbente, quedando solo agua residual en la corriente 26 de gas natural reducida en C8. Es deseable poner el primer lecho 12 adsorbente, como se describe, aguas arriba del tercer lecho 32 adsorbente, debido a que el volumen del tercer lecho 32 adsorbente puede minimizarse mientras se consiguen aún bajas concentraciones de agua en la corriente 28 de gas natural reducida en C5 a C8 que sería difícil conseguir con el primer lecho 12 adsorbente solo.
- El procedimiento continúa introduciendo la corriente 26 de gas natural reducida en C8 del tercer lecho 32 adsorbente al segundo lecho 14 adsorbente, donde tiene lugar adsorción preferente de los hidrocarburos C5 a C7 como se describió con detalle anteriormente en el contexto del procedimiento ejemplar que es realizado en el aparato 10 de la FIG. 1. Como se muestra en la FIG. 2, el segundo lecho 14 adsorbente se dispone directamente aguas abajo del tercer lecho 32 adsorbente de manera que los hidrocarburos C5 a C7 se adsorban preferentemente directamente después de efectuar la adsorción preferente del agua residual de la corriente 26 de gas natural reducida en C8. Sin embargo, se tiene que apreciar que otros lechos adsorbentes intervinientes pueden estar presentes entre el tercer lecho 32 adsorbente y el segundo lecho 14 adsorbente en otras realizaciones. Después de que se proporcione la corriente 28 de gas natural reducida en C5 a C8 del segundo lecho 14 adsorbente, el procedimiento continúa licuando la corriente 28 de gas natural reducida en C5 a C8. De acuerdo con el procedimiento ejemplar que es realizado en el aparato 10 de la FIG. 2, la corriente 28 de gas natural reducida en C5 a C8 es licuada en la fase 18 de licuefacción, lo que produce una corriente 24 de gas natural licuado, de la misma manera como se describió anteriormente en el contexto del procedimiento realizado en el aparato 10 de la FIG. 1.

Ejemplos

- Se construyó un modelo Aspen Adsim[™] para evaluar la adsorción de hidrocarburos C8 o mayores, hidrocarburos C5 a C7 y neopentano específicamente cuando se empleó una unidad de adsorción multilecho incluyendo un primer lecho adsorbente y un segundo lecho adsorbente a diferentes volúmenes relativos y diferentes alturas de la unidad. El primer lecho adsorbente incluyó adsorbente Sorbead-H[®] y el segundo lecho adsorbente incluyó adsorbente de zeolita con calcio intercambiado (referido de ahora en adelante como el adsorbente Molsiv[™]). La Tabla 1 proporciona las cantidades de varios componentes que estaban presentes en la alimentación de gas natural que se empleó para fines de la simulación, junto con los límites de producto ejemplares por encima de los cuales es una preocupación la congelación durante la licuefacción.

TABLA 1

Componente	Unidades	Límite de producto	Alimentación aglomerada para Adsिम
Metano	% en moles	-	99,40
Propano	% en moles	-	0,28
n-Butano	ppmv	-	647,0
n-Pentano	ppmv	-	468,0
Neopentano	ppmv	0,4	100,0
n-Hexano	ppmv	2,0	856,0
n-Heptano	ppmv	1,0	448,0
n-Octano	ppmv	0,4	219,0
Agua	ppmv	1,0	840,0

Se obtuvieron isothermas de adsorción de equilibrio, representativas de selectividad del adsorbente, para adsorbente Sorbead-H® de una base de datos propia existente. Se usaron isothermas de propano en el adsorbente Molsiv™ de los datos propios existentes para construir una representación gráfica de la teoría del potencial de Polanyi y estimar las isothermas para otros hidrocarburos. Todas las simulaciones fueron realizadas con un diámetro de la unidad de adsorción de 3,35 m usando un ciclo de adsorción con variación de temperatura (TSA, por sus siglas en inglés) y una temperatura de regeneración de 288 °C con el primer lecho adsorbente aguas arriba del segundo lecho adsorbente (como se muestra de manera esquemática en la FIG. 1). Se realizaron varios casos con diferentes alturas de la unidad adsorbente y diferentes particiones de volumen entre el primer lecho adsorbente y el segundo lecho adsorbente. En todos los casos no hubo progreso de los componentes C6+ (es decir, << 0,1 ppmv) y el progreso de nC5 fue mucho menor que el neopentano. Como tal, el neopentano es la impureza de control. Se proporcionan perfiles de concentración del lecho en las FIGS. 3-5 para un lecho adsorbente con una altura de 2,74 m y particiones de volumen de 40 por ciento en volumen para el primer lecho adsorbente y 60 por ciento en volumen para el segundo lecho adsorbente. Más específicamente, la FIG. 3 muestra concentración del lecho para los hidrocarburos C6 y agua, la FIG. 4 muestra concentración del lecho para los hidrocarburos C5 y los hidrocarburos C7 y la FIG. 5 muestra concentración del lecho para el neopentano y los hidrocarburos C8.

El progreso máximo y promedio del neopentano se indica en la Tabla 2 para diferentes alturas de la unidad adsorbente y diferentes particiones de volumen entre el primer lecho adsorbente y el segundo lecho adsorbente. Como puede observarse de los resultados en la Tabla 2, incluir el segundo lecho adsorbente, además del primer lecho adsorbente, permite que se reduzca la altura de la unidad al tiempo que se consigue realización mejorada en términos de reducción del progreso máximo y promedio del neopentano en la corriente de producto que sale de la unidad de adsorción. Dichos resultados ilustran eficacia mejorada de la adsorción de neopentano incluyendo el primer lecho adsorbente y el segundo lecho adsorbente y también ilustran que puede disminuir el volumen del lecho adsorbente al tiempo que se consigue la eficacia mejorada de la adsorción de neopentano.

TABLA 2

		Altura de la unidad, m	Neopentano Producto, ppmv	
Primer lecho adsorbente, porcentaje en volumen	Segundo lecho adsorbente, porcentaje en volumen		Máx	Promedio
100	0	3,35	90,0	17,0
100	0	3,96	45,0	6,0
100	0	5,18	1,5	0,2
80	20	3,35	11,0	1,2
70	30	3,35	1,4	0,2
60	40	3,35	0,1	<0,1
70	30	3,05	10,1	1,0
60	40	3,05	1,8	0,2
50	50	3,05	0,6	<0,1
60	40	2,74	19,5	1,4
50	50	2,74	9,9	0,8
40	60	2,74	1,8	<0,1

		Altura de la unidad, m	Neopentano Producto, ppmv	
Primer lecho adsorbente, porcentaje en volumen	Segundo lecho adsorbente, porcentaje en volumen		Máx	Promedio
50	50	2,44	82,7	6,8
40	60	2,44	67,0	4,6
30	70	2,44	67,0	4,2
20	80	2,44	82,0	4,7

Mientras se ha presentado al menos una realización ejemplar en la anterior descripción detallada de la invención, se debería apreciar que existe un gran número de variaciones. También se debería apreciar que la realización ejemplar o las realizaciones ejemplares son solo ejemplos y no están destinadas a limitar el alcance, la aplicabilidad o la configuración de la invención de ningún modo. Más bien, la anterior descripción detallada proporcionará a los expertos en la materia un plan de trabajo conveniente para poner en práctica una realización ejemplar de la invención. Se tiene que entender que se pueden realizar varios cambios en la función y la disposición de los elementos descritos en una realización ejemplar sin apartarse del alcance de la invención como se explica en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para preparar gas natural licuado a partir de una alimentación de gas natural que comprende hidrocarburos C5 a C7 e hidrocarburos C8 o mayores, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

5 poner en contacto un primer adsorbente, que adsorbe preferentemente los hidrocarburos C8 o mayores preferentemente a hidrocarburos con menos de 8 átomos de carbono, con la alimentación de gas natural para proporcionar una corriente de gas natural reducida en C8;

10 poner en contacto un segundo adsorbente diferente del primer adsorbente y que adsorbe preferentemente los hidrocarburos C5 a C7 preferentemente a hidrocarburos con menos de 5 átomos de carbono con la corriente de gas natural reducida en C8 para proporcionar una corriente de gas natural reducida en C5 a C8, en la que el segundo adsorbente presenta mayor selectividad y capacidad para adsorber los hidrocarburos C5 a C7 que el primer adsorbente y

licuar la corriente de gas natural reducida en C5 a C8 en una fase de licuefacción.

15 2. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además poner en contacto un tercer adsorbente que adsorbe preferentemente agua residual con la corriente de gas natural reducida en C8 y en el que las etapas de puesta en contacto del primer adsorbente, puesta en contacto del segundo adsorbente y puesta en contacto del tercer adsorbente comprenden poner en contacto el primer adsorbente proporcionado en una cantidad de desde 10 a 70 por ciento en volumen con la alimentación de gas natural, poner en contacto el segundo adsorbente proporcionado en una cantidad de desde 20 a 90 por ciento en volumen con la corriente de gas natural reducida en C8 y poner en contacto el tercer adsorbente proporcionado en una cantidad de desde 5 a 20 por ciento en volumen con la corriente de gas natural reducida en C8, con todas las cantidades basadas en un volumen combinado del primer adsorbente, el segundo adsorbente y el tercer adsorbente.

3. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además la etapa de poner en contacto la alimentación de gas natural con una disolución acuosa de amina.

25 4. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que la alimentación de gas natural se pone en contacto con la disolución acuosa de amina previamente a la puesta en contacto del primer adsorbente con la alimentación de gas natural.

5. El procedimiento según la reivindicación 4, en el que el tercer adsorbente se pone en contacto con la corriente de gas natural reducida en C8 después de poner en contacto el primer adsorbente con la alimentación de gas natural y previamente a la puesta en contacto del segundo adsorbente con la corriente de gas natural reducida en C8.

30 6. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de puesta en contacto del primer adsorbente con la alimentación de gas natural se define además como puesta en contacto del primer adsorbente que comprende gel de sílice o gel de aluminosilicato con un tamaño de poro promedio de al menos 10 Angstroms con la alimentación de gas natural.

35 7. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la puesta en contacto del segundo adsorbente con la corriente de gas natural reducida en C8 se define además como puesta en contacto del segundo adsorbente que comprende un adsorbente de tamiz molecular de zeolita con un tamaño de poro promedio de desde 5 a 15 Angstroms con la corriente de gas natural reducida en C8.

40 8. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que las etapas de puesta en contacto del primer adsorbente y puesta en contacto del segundo adsorbente comprenden poner en contacto el primer adsorbente proporcionado en una cantidad de desde 10 a 90 por ciento en volumen con la alimentación de gas natural y poner en contacto el segundo adsorbente proporcionado en una cantidad de desde 10 a 90 por ciento en volumen con la corriente de gas natural reducida en C8, con todas las cantidades basadas en un volumen combinado del primer adsorbente y el segundo adsorbente.

45 9. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que una unidad de adsorción multilecho comprende un primer lecho adsorbente que comprende el primer adsorbente y un segundo lecho adsorbente que comprende el segundo adsorbente y en el que la etapa de puesta en contacto del primer adsorbente con la alimentación de gas natural se define además como introducción de la alimentación de gas natural en el primer lecho adsorbente de la unidad de adsorción multilecho para proporcionar la corriente de gas natural reducida en C8.

10. Un aparato para preparar gas natural licuado de una alimentación de gas natural, comprendiendo el aparato:

50 un primer lecho adsorbente que comprende un primer adsorbente que adsorbe preferentemente hidrocarburos C8 o mayores sobre hidrocarburos con menos de 8 átomos de carbono;

un segundo lecho adsorbente aguas abajo del primer lecho adsorbente, comprendiendo dicho segundo lecho adsorbente un segundo adsorbente diferente del primer adsorbente y que adsorbe preferentemente

hidrocarburos C5 a C7 sobre hidrocarburos con menos de 5 átomos de carbono, en el que el segundo adsorbente presenta mayor selectividad y capacidad para adsorber los hidrocarburos C5 a C7 que el primer adsorbente y

una fase de licuefacción aguas abajo del segundo lecho adsorbente.

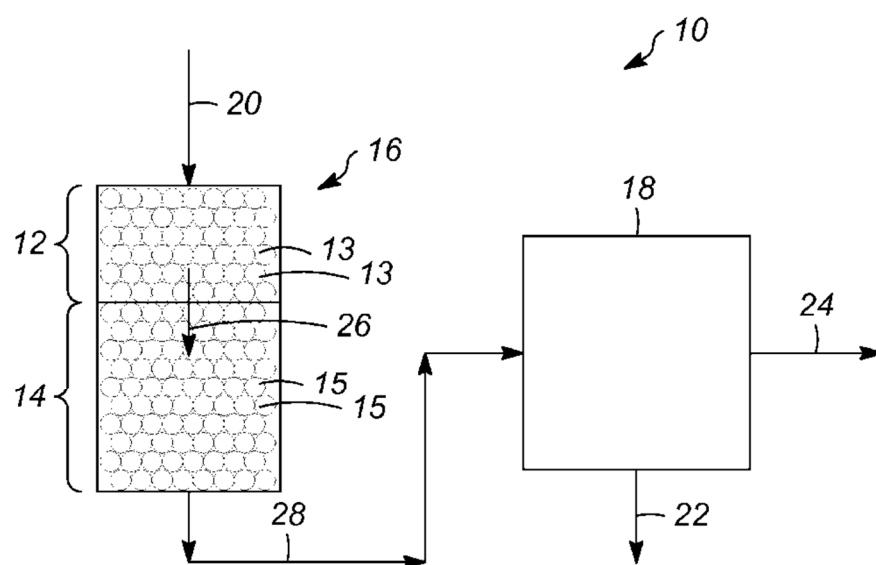


FIG. 1

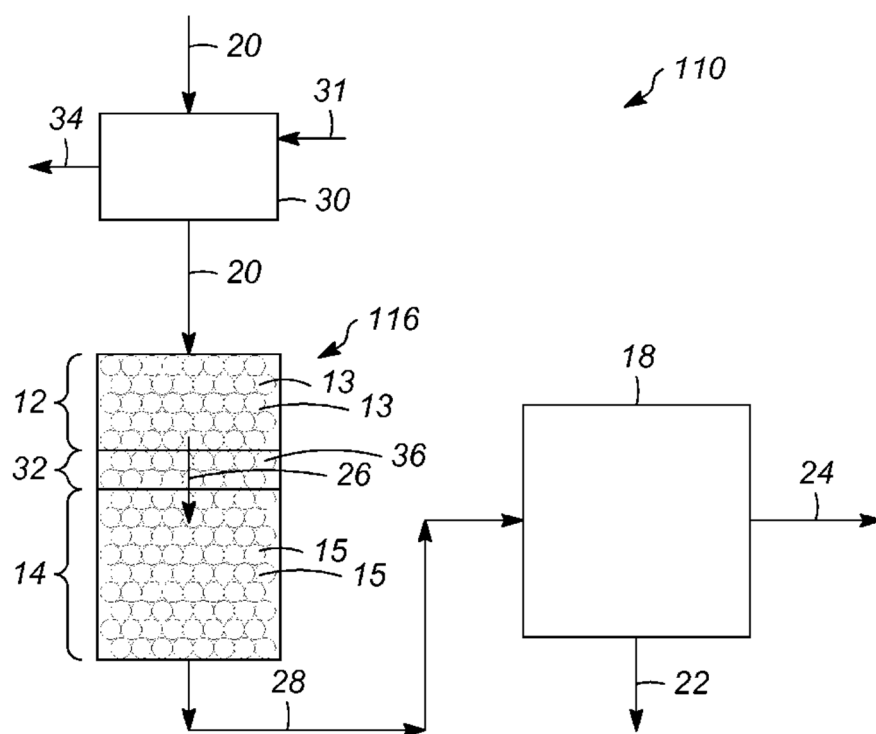


FIG. 2

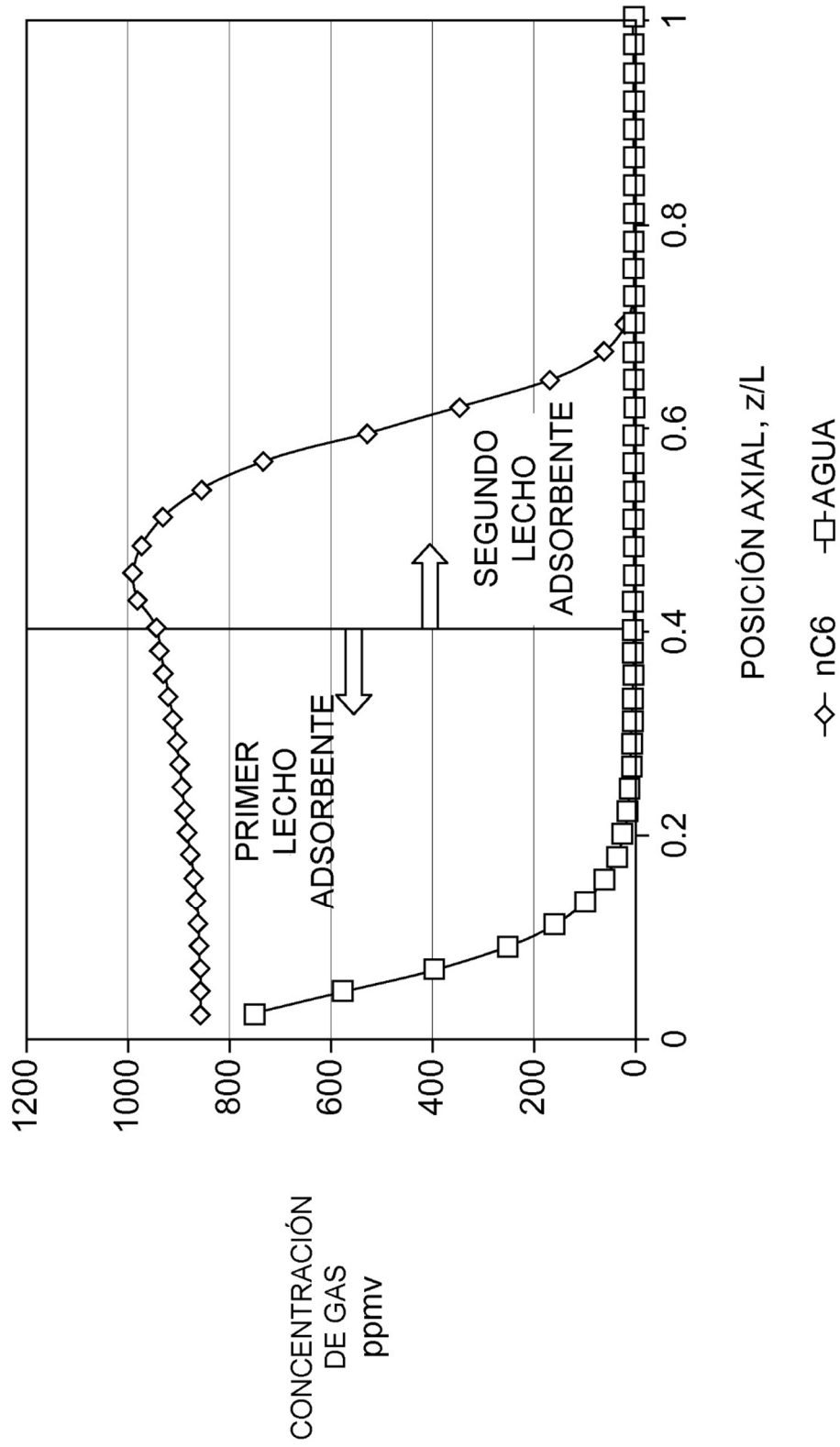


FIG. 3

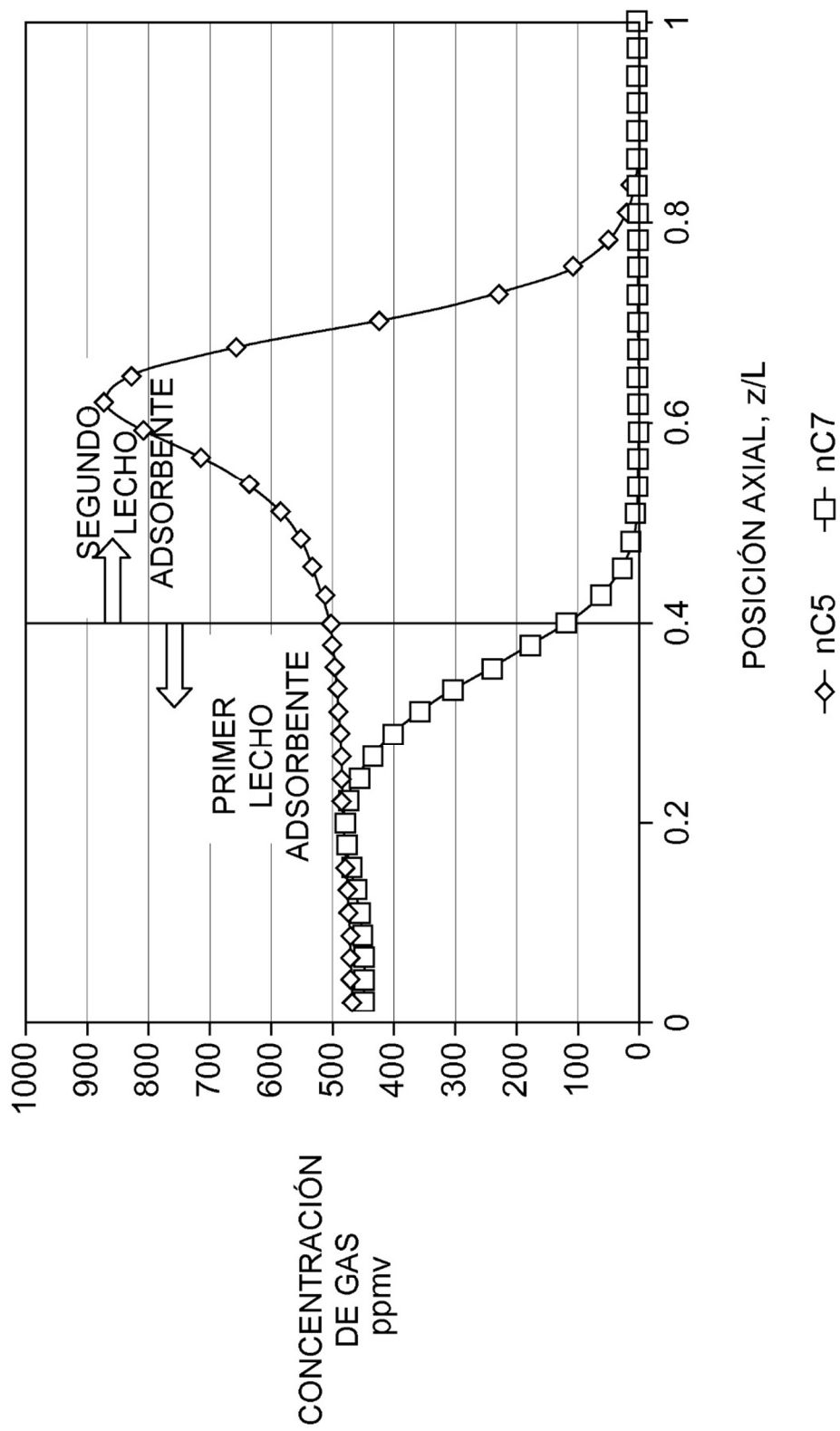


FIG. 4

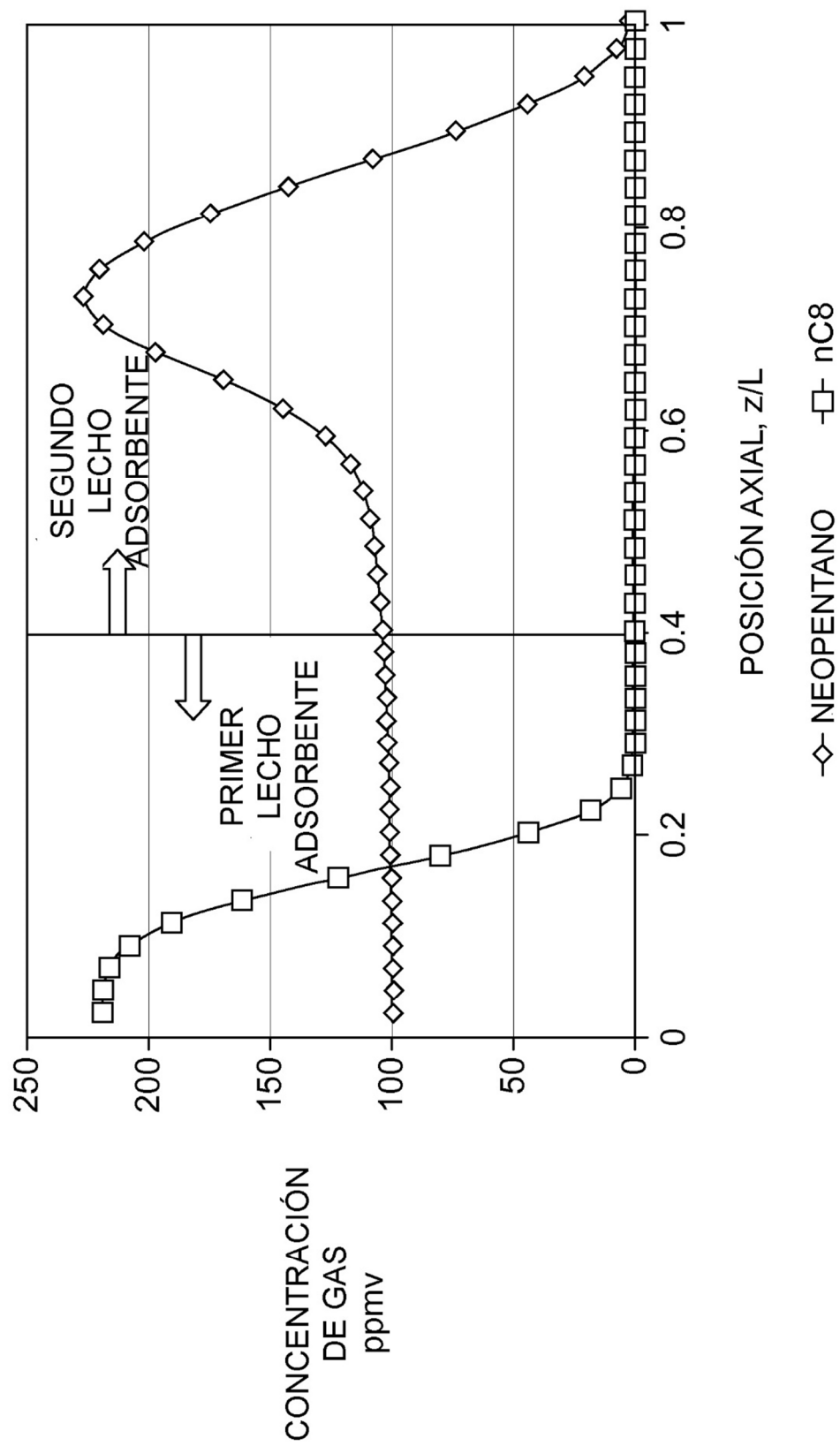


FIG. 5