

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 548**

51 Int. Cl.:

B01D 3/14 (2006.01)
B01D 3/00 (2006.01)
C07C 15/08 (2006.01)
C07C 7/00 (2006.01)
C10G 25/00 (2006.01)
C10G 7/00 (2006.01)
C10G 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2013** **E 13190097 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018** **EP 2732860**

54 Título: **Aparato y método de producción de hidrocarburos aromáticos**

30 Prioridad:

16.11.2012 JP 2012251952

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

07.05.2018

73 Titular/es:

TOYO ENGINEERING CORPORATION (100.0%)
5-1 Marunouchi 1-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-6511, JP

72 Inventor/es:

IO, SHOUTA y
WAKABAYASHI, TOSHIHIRO

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 666 548 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

Aparato y método de producción de hidrocarburos aromáticos

- 5 La presente solicitud se basa en y reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud de patente japonesa n.º 2012-251952, presentada el 16 de noviembre de 2012.

Antecedentes de la invención

10 **1. Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un aparato de producción de hidrocarburos aromáticos para obtener hidrocarburos aromáticos a partir de una materia prima, tal como un reformado que contiene hidrocarburos aromáticos.

15

2. Descripción de la técnica relacionada

Entre los hidrocarburos aromáticos, el benceno y el xileno son productos químicos básicos significativos usados como materias en bruto para diversos productos industriales. El benceno se usa sobre todo para derivados de monómeros de estireno que sirven como materias en bruto para poliestireno o una resina de ABS. El para-xileno, entre los xilenos, se usa como una materia en bruto para fibra/resina de poliéster y es uno de los productos químicos básicos con mayor demanda.

Un aparato de producción de hidrocarburos aromáticos (denominado también complejo de compuestos aromáticos) incluye un aparato de extracción de compuestos aromáticos para separar benceno de una materia prima, tal como gasolina de reformado o de pirólisis, que contiene hidrocarburos aromáticos y un aparato de producción de para-xileno para separar el para-xileno de la materia prima. El complejo de compuestos aromáticos está provisto de un gran número de columnas de destilación. La destilación es una operación unitaria que consume mucha energía y en la producción de hidrocarburos aromáticos el consumo de energía es elevado.

25

Para reducir el consumo de energía se emplea tradicionalmente un método de efecto múltiple entre columnas de destilación provistas en un complejo de compuestos aromáticos. Típicamente se aumenta una presión de servicio de una columna de xileno, cuya temperatura de fondo de columna es, en esencia, tan elevada que es necesario un horno de calentamiento, de tal manera que se puede usar el vapor de cabeza de la columna de xileno como la fuente de calor de un rehervidor de otra columna de destilación. Ya que la energía necesaria para la columna de xileno de por sí es en esencia elevada, sin embargo, incluso si se ahorra energía mediante el uso del vapor de cabeza de la columna de xileno como la fuente de calor de un rehervidor de otra columna de destilación sin reducir la energía necesaria para la propia columna de xileno, existe un límite en cuanto a la reducción del consumo de energía del proceso en su totalidad.

30

En las técnicas descritas en los documentos US 2012/0048711A1 y US 2012/0048718A1, la energía se ahorra mediante el uso, como una columna de xileno, de dos columnas de destilación, es decir, una columna de xileno de baja presión y una columna de xileno de alta presión. Esta bibliografía desvela una técnica en la que se usa el vapor de cabeza de la columna de xileno de alta presión como la fuente de calor de un rehervidor de la columna de xileno de baja presión y también como la fuente de calor de un rehervidor de otra columna de destilación.

35

Por otro lado, los documentos JP H08-66601A, JP 2004-16928A y la publicación internacional n.º WO2011/043199 desvelan una columna de destilación con integración de calor (denominada en ocasiones en lo sucesivo en el presente documento "HIDiC") capaz de reducir el consumo de energía en la destilación. En la HIDiC se transfiere calor mediante intercambio de calor desde una sección de rectificación (una sección localizada por encima de una posición de alimentación de materia prima) de una columna de destilación a una sección de agotamiento (*stripping*) (una sección localizada por debajo de la posición de alimentación de materia prima), a fin de reducir la cantidad de calor suministrado a un rehervidor y la cantidad de calor retirada en un condensador y, por tanto, se mejora la eficiencia térmica.

40

El documento US2012048720 desvela un aparato de producción de complejo de compuestos aromáticos. El documento "Energy Saving by Innovative Distillation System: SuperHidic" (TOYO ENGINEERING CORPORATION, 4 de septiembre de 2012) desvela una HIDiC.

60 **Sumario de la invención**

Un objeto de la presente invención es reducir adicionalmente el consumo de energía en la producción de hidrocarburos aromáticos.

65 De acuerdo con diversos aspectos de la presente invención se proporcionan un aparato de producción de hidrocarburos aromáticos y un método para operar el mismo, descritos en las reivindicaciones.

De acuerdo con la presente invención se puede reducir adicionalmente el consumo de energía en la producción de hidrocarburos aromáticos.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La FIG. 1 es un diagrama de flujo de proceso esquemático de un aparato de producción de hidrocarburos aromáticos de acuerdo con una realización de la presente invención;
 La FIG. 2 es un diagrama de flujo de proceso esquemático de un aparato de producción de hidrocarburos aromáticos descrito como una referencia;
 10 La FIG. 3 es un diagrama de flujo de proceso esquemático del Ejemplo 1;
 La FIG. 4 es un diagrama de flujo de proceso esquemático del Ejemplo 2;
 La FIG. 5 es un diagrama de flujo de proceso esquemático del Ejemplo Comparativo;
 La FIG. 6 muestra una configuración global de un ejemplo de una HIDiC;
 La FIG. 7 muestra una configuración de una unidad de retirada de líquido mostrada en la FIG. 6;
 15 La FIG. 8 muestra una configuración periférica de un intercambiador de calor de tipo haz de tubos localizado en una columna de rectificación mostrada en la FIG. 6;
 La FIG. 9 muestra una configuración global de otro ejemplo de una HIDiC; y
 La FIG. 10 muestra una configuración periférica de un intercambiador de calor de tipo haz de tubos localizado en una columna de agotamiento mostrada en la FIG. 9.

Descripción detallada de la realización ilustrativa

20 Un aparato de producción de hidrocarburos aromáticos de acuerdo con la presente invención es un aparato para producir, a partir de una materia prima, al menos para-xileno y un isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno (es decir, uno o más de orto-xileno, meta-xileno y etil benceno). El aparato de producción de hidrocarburos aromáticos puede producir además benceno y tolueno.

25 De acuerdo con la presente invención, ya que se emplea una HIDiC como el segundo aparato de destilación (columna de xileno) y, además, se emplea el método de efecto múltiple, se puede reducir en gran medida el consumo de energía en la producción de hidrocarburos aromáticos.

30 En lo sucesivo en el presente documento, un número de carbono se expresa en ocasiones mediante el uso de "C". Por ejemplo, "C8" significa "(que tiene) 8 átomos de carbono" y "C8+" significa "(que tiene) 8 o más átomos de carbono". Además, un "hidrocarburo aromático" se denomina en ocasiones "compuesto aromático". Aparte de esto, "A" usado en una unidad de presión significa que la presión es una presión absoluta.

35 El aparato de producción de hidrocarburos aromáticos de acuerdo con la presente invención incluye al menos el primer, segundo, tercer y cuarto aparato de destilación y un aparato de separación por adsorción.

40 [Primer aparato de destilación]

45 El primer aparato de destilación (denominado en ocasiones separador (*splitter*) de reformado) es un aparato de destilación para obtener, mediante destilación, a partir de una materia prima una fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono (tal como un reformado pesado que se describe más adelante; por ejemplo, que contiene del 40 al 60 % en masa de compuestos aromáticos C8) y una fracción enriquecida en un componente o componentes más ligeros que los hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono. La última fracción es una corriente que contiene, por ejemplo, un reformado ligero (por ejemplo, que contiene del 60 al 70 % en masa de compuestos aromáticos C6 y compuestos aromáticos C7 en total) y un componente o componentes de un gas licuado de petróleo (GLP) (por ejemplo, que contiene del 90 al 99 % en masa de hidrocarburos C4 e hidrocarburos C5 en total) que se describe más adelante. Una corriente del reformado ligero y una corriente de un componente o componentes más ligeros que el reformado ligero (una corriente compuesta sobre todo por el componente o componentes de gas licuado de petróleo) se pueden obtener por separado.

50 El primer aparato de destilación incluye una columna de destilación de baja presión operada a una presión relativamente baja (tal como un separador de reformado de baja presión 101a mostrado en la FIG. 1) y una columna de destilación de alta presión operada a una presión relativamente alta (tal como un separador de reformado de alta presión 101b mostrado en la FIG. 1), que se disponen en serie. En este caso, una "presión relativamente baja o alta" se basa en la comparación de la presión de servicio entre la columna de destilación de baja presión y la columna de destilación de alta presión del primer aparato de destilación. En otras palabras, la columna de destilación de baja presión del primer aparato de destilación se opera a una presión más baja que la columna de destilación de alta presión del primer aparato de destilación.

55 La columna de destilación de baja presión del primer aparato de destilación es una columna de destilación para obtener, a partir de la materia prima, la fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono (tal como el reformado pesado que se describe más adelante: que contiene del 40 al 60 % en masa de compuestos aromáticos C8) y la fracción enriquecida en un componente o componentes más ligeros que los

hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono (tal como la corriente que contiene el reformado ligero y el componente o los componentes de gas licuado de petróleo que se describe más adelante).

5 La columna de destilación de alta presión del primer aparato de destilación es una columna de destilación para obtener, a partir de la fracción enriquecida en un componente o componentes más ligeros que los hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono (tales como el reformado pesado) obtenida a partir de la columna de destilación de baja presión del primer aparato de destilación, una fracción enriquecida en un hidrocarburo o hidrocarburos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono (tales como el reformado ligero que se describe más adelante; por ejemplo, que contiene del 60 al 70 % en masa de compuestos aromáticos C6 y compuestos aromáticos C7 en total) y una fracción enriquecida en un componente o componentes más ligeros que el hidrocarburo o hidrocarburos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono (tal como una fracción ligera compuesta sobre todo por el componente o los componentes de gas licuado de petróleo que se describe más adelante; por ejemplo, que contiene del 90 al 99 % en masa de hidrocarburos C4 e hidrocarburos C5 en total).

15 [Segundo aparato de destilación]

El segundo aparato de destilación es una HIDiC (tal como HIDiC 102 mostrada en la FIG. 1) para obtener, mediante destilación, a partir de la fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono (por ejemplo, que contiene del 40 al 60 % en masa de compuestos aromáticos C8) obtenida a partir del primer aparato de destilación, una fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono (por ejemplo, que contiene del 95 al 99,9 % en masa de compuestos aromáticos C8) y una fracción enriquecida en hidrocarburo o hidrocarburos aromáticos que tienen 9 o más átomos de carbono (por ejemplo, que contiene del 95 al 99,9 % en masa de compuestos aromáticos C9+).

25 La fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono obtenida a partir del primer aparato de destilación se puede suministrar directamente a la HIDiC, pero esta fracción se puede tratar por otro aparato (por ejemplo, una unidad de tratamiento con arcilla que se describe más adelante) antes de suministrarse a la HIDiC.

30 [Aparato de separación por adsorción]

El aparato de separación por adsorción (por ejemplo, una columna de adsorción 103 mostrada en la FIG. 1) es un aparato para separar para-xileno, mediante separación por adsorción, de la fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono obtenida a partir del segundo aparato de destilación y para obtener un extracto y un refinado. El extracto es una corriente que contiene para-xileno y un desorbente. El refinado es una corriente que contiene un isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno, así como el desorbente. En este aparato, el para-xileno se adsorbe de forma selectiva por un adsorbente y el para-xileno se desorbe del adsorbente por un desorbente y, por tanto, el para-xileno se separa del isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno.

40 [Tercer aparato de destilación (y quinto aparato de destilación)]

El tercer aparato de destilación (tal como una columna de extracto 104 mostrada en la FIG. 1) es un aparato de destilación para obtener, mediante destilación, a partir del extracto una fracción enriquecida en para-xileno (por ejemplo, que contiene del 95 al 99,9 % en masa de para-xileno) y una fracción enriquecida en el desorbente (por ejemplo, que contiene del 95 al 99,9 % en masa del desorbente). El tercer aparato de destilación se puede configurar con una única columna de destilación.

El aparato de producción de hidrocarburos aromáticos puede incluir un quinto aparato de destilación (tal como una columna de purificación de para-xileno 105 mostrada en la FIG. 1) para purificar, mediante destilación, el para-xileno contenido en la fracción enriquecida en para-xileno obtenida a partir del tercer aparato de destilación. El quinto aparato de destilación se puede configurar con una única columna de destilación.

A partir del quinto aparato de destilación se puede obtener para-xileno purificado y también se puede obtener una corriente que contiene tolueno como una fracción más ligera. Esta corriente de la fracción más ligera se puede suministrar, como tolueno en bruto, a un sexto aparato de destilación (tal como una columna de benceno 109 mostrada en la FIG. 1) que se describe más adelante.

[Cuarto aparato de destilación (y octavo aparato de destilación)]

60 El cuarto aparato de destilación es un aparato de destilación para obtener, mediante destilación, a partir del refinado una fracción enriquecida en el isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno (por ejemplo, que contiene del 95 al 99,9 % en masa del isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno) y una fracción enriquecida en el desorbente (por ejemplo, que contiene del 95 al 99,9 % en masa del desorbente).

65 El cuarto aparato de destilación se puede configurar con una única columna de destilación. Como alternativa, el cuarto aparato de destilación puede incluir una columna de destilación de baja presión (tal como una columna de

refinado de baja presión 106a mostrada en la FIG. 1) operada a una presión relativamente baja y una columna de destilación de alta presión (tal como una columna de refinado de alta presión 106b mostrada en la FIG. 1) operada a una presión relativamente alta, que se disponen en paralelo. En el presente documento, una "presión relativamente baja o alta" se basa en la comparación de la presión de servicio entre la columna de destilación de baja presión y la columna de destilación de alta presión del cuarto aparato de destilación. En otras palabras, la columna de destilación de baja presión del cuarto aparato de destilación se opera a una presión más baja que la columna de destilación de alta presión del cuarto aparato de destilación.

La columna de destilación de baja presión del cuarto aparato de destilación es una columna de destilación para obtener, a partir de una parte del refinado, una fracción enriquecida en el isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno y una fracción enriquecida en el desorbente.

La columna de destilación de alta presión del cuarto aparato de destilación es una columna de destilación para obtener, a partir de otra parte del refinado, una fracción enriquecida en el isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno y una fracción enriquecida en el desorbente.

El refinado obtenido a partir del aparato de separación por adsorción se puede suministrar directamente al cuarto aparato de destilación, pero el refinado obtenido a partir del aparato de separación por adsorción se puede tratar mediante otro aparato antes de ser suministrado al cuarto aparato de destilación. Por ejemplo, un octavo aparato de destilación (tal como una columna de pre-refinado 107 mostrada en la FIG. 1) para retirar, mediante destilación, una impureza o impurezas (en particular agua y compuestos aromáticos pesados formados mediante polimerización del desorbente) contenidas en el refinado se puede proporcionar entre el aparato de separación por adsorción y el cuarto aparato de destilación, de tal manera que el refinado obtenido a partir del aparato de separación por adsorción se puede suministrar al cuarto aparato de destilación después de someterse a un tratamiento de purificación en el octavo aparato de destilación. El octavo aparato de destilación se puede configurar con una única columna de destilación.

Por ejemplo, el refinado obtenido a partir del aparato de separación por adsorción se puede dividir en dos corrientes, después de someterse al tratamiento de purificación en el octavo aparato de destilación (en concreto, después de que se retire una impureza o impurezas del mismo) cuando sea necesario. Entonces se puede suministrar una de las dos corrientes a la columna de destilación de baja presión del cuarto aparato de destilación y la otra corriente se puede suministrar a la columna de destilación de alta presión del cuarto aparato de destilación. Las cantidades de los fluidos que se van a distribuir a las dos corrientes se pueden ajustar mediante el uso de una válvula de control según sea apropiado.

[Aparato de extracción de compuestos aromáticos]

Un aparato de extracción de compuestos aromáticos (tal como un aparato de extracción de compuestos aromáticos 108 mostrado en la FIG. 1) es un aparato para obtener, mediante extracción con disolvente, a partir de la fracción enriquecida en un hidrocarburo o hidrocarburos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono obtenida a partir de la columna de destilación de alta presión del primer aparato de destilación, una corriente enriquecida en un hidrocarburo o hidrocarburos aromáticos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono y una corriente enriquecida en un hidrocarburo o hidrocarburos no aromáticos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono. En este aparato, un hidrocarburo o hidrocarburos aromáticos se separan de un hidrocarburo o hidrocarburos no aromáticos mediante la utilización de la diferencia de solubilidad en un disolvente.

[Sexta columna de destilación]

La sexta columna de destilación (tal como la columna de benceno 109 mostrada en la FIG. 1) es un aparato de destilación para obtener, mediante destilación, a partir de la corriente enriquecida en un hidrocarburo o hidrocarburos aromáticos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono obtenida a partir del aparato de extracción de compuestos aromáticos, una fracción enriquecida en benceno y una fracción enriquecida en un componente o componentes más pesados que el benceno.

El sexto aparato de destilación se puede configurar con una única columna de destilación.

[Séptima columna de destilación]

Una séptima columna de destilación (tal como una columna de tolueno 110 mostrada en la FIG. 1) es un aparato de destilación para obtener, mediante destilación, a partir de la fracción enriquecida en un componente o componentes más pesados que el benceno obtenida a partir del sexto aparato de destilación, una fracción enriquecida en tolueno y una fracción enriquecida en un componente o componentes más pesados que el tolueno. La fracción enriquecida en el componente o los componentes más pesados que el tolueno contiene con frecuencia un hidrocarburo o hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono (compuestos aromáticos C8+), y esta fracción se puede suministrar al segundo aparato de destilación (tal como la HIDiC 102 mostrada en la FIG. 1). En este caso, esta fracción se puede mezclar con la fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos

de carbono (tal como el reformado pesado) obtenida a partir del primer aparato de destilación antes de ser suministrada al segundo aparato de destilación.

El séptimo aparato de destilación se puede configurar como una única columna de destilación.

5

[Materia prima]

Una materia prima contiene al menos los siguientes componentes (en el presente documento, un ejemplo de contenido de cada componente se describe a modo de "% en masa" sobre la base de la cantidad de la materia prima):

10

- hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono (que contienen, por ejemplo, del 3 al 10 % en masa de para-xileno y del 10 al 30 % en masa de isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno);
- un hidrocarburo o hidrocarburos aromáticos que tienen 9 o más átomos de carbono (por ejemplo, del 10 al 30 % en masa (de, por ejemplo, cumeno y propil benceno normal)); y
- un componente o componentes más ligeros que los hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono (por ejemplo, del 3 al 15 % en masa de benceno y del 10 al 30 % en masa de tolueno como hidrocarburos aromáticos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono; del 10 al 30 % en masa de hidrocarburos no aromáticos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono; y del 1 al 5 % en masa de hidrocarburos que tienen de 4 a 5 átomos de carbono como el componente más ligero que los hidrocarburos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono).

15

20

[Efecto múltiple]

El aparato de producción de hidrocarburos aromáticos está configurado preferentemente de tal manera que se usa el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación como la fuente de calor de uno o más rehedidores seleccionados del grupo que consiste en un rehervidor proporcionado para la columna de destilación de baja presión (por ejemplo, el separador de reformado de baja presión que se describe más adelante) del primer aparato de destilación y un rehervidor proporcionado para el tercer aparato de destilación (por ejemplo, la columna de extracto que se describe más adelante).

25

30

Para usar el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación como la fuente de calor de un rehervidor de cierta columna de destilación o de cierto aparato de destilación (por ejemplo, una columna de extracto), se puede proporcionar este rehervidor (por ejemplo, el rehervidor de la columna de extracto) con una estructura de intercambio de calor para llevar a cabo el intercambio de calor entre el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación y un fluido de fondo de columna de esta columna de destilación o de este aparato de destilación (por ejemplo, la columna de extracto).

35

Si el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos incluye el quinto aparato de destilación (tal como la columna de purificación de para-xileno que se describe más adelante), el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos se puede configurar de tal modo que se use el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación como la fuente de calor de un rehervidor proporcionado para el quinto aparato de destilación.

40

Además, si el cuarto aparato de destilación incluye la columna de destilación de baja presión y la columna de destilación de alta presión (tal como la columna de refinado de baja presión 106a y la columna de refinado de alta presión 106b mostrada en la FIG. 1) como se ha descrito anteriormente, se puede usar el vapor de cabeza de la columna de destilación de alta presión (por ejemplo, la columna de refinado de alta presión 106b) del cuarto aparato de destilación como el "vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación" que se va a usar como la fuente de calor de un rehervidor.

45

Además, si el cuarto aparato de destilación incluye la columna de destilación de baja presión y la columna de destilación de alta presión, se puede usar el vapor de cabeza de la columna de destilación de alta presión (por ejemplo, la columna de refinado de alta presión 106b) del cuarto aparato de destilación como una fuente de calor de un rehervidor proporcionado para la columna de destilación de baja presión (por ejemplo, la columna de refinado de baja presión 106a) del cuarto aparato de destilación.

50

55

Si el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos incluye el aparato de extracción de compuestos aromáticos, el sexto aparato de destilación y el séptimo aparato de destilación (tales como el aparato de extracción de compuestos aromáticos 108, la columna de benceno 109 y la columna de tolueno 110 mostrados en la FIG. 1), el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos se puede configurar de tal manera que se usa el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación como una fuente de calor de un rehervidor proporcionado para el séptimo aparato de destilación. En este caso se prefiere que el cuarto aparato de destilación se configure con una única columna de destilación y que se use el vapor de cabeza de esta única columna de destilación como el "vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación". Sin embargo, cuando el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos incluye el aparato de extracción de compuestos aromáticos, el sexto aparato de destilación y el séptimo aparato de destilación, el cuarto aparato de destilación puede incluir la columna de destilación de baja presión y la columna de destilación de alta presión como se ha descrito anteriormente y el vapor de cabeza de esta columna de

60

65

destilación de alta presión se puede usar como el "vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación".

El aparato de producción de hidrocarburos aromáticos está configurado preferentemente para generar vapor mediante el uso, como una fuente de calor, de un vapor de cabeza de una parte de alta presión (tal como una columna de xileno de alta presión de la HIDiC que se describe más adelante) y para usar este vapor como una fuente de calor de uno o más rehedidores seleccionados del grupo que consiste en un rehedidor proporcionado para la columna de destilación de baja presión (tal como el separador de reformado de baja presión que se describe más adelante) del primer aparato de destilación, un rehedidor proporcionado para la columna de destilación de alta presión (tal como el separador de reformado de alta presión que se describe más adelante) del primer aparato de destilación y un rehedidor proporcionado para el sexto aparato de destilación (tal como la columna de benceno que se describe más adelante).

[Configuración de aparato de producción de hidrocarburos aromáticos descrito como referencia]

A continuación se describirá la presente invención con detalle con referencia a los dibujos adjuntos, pero se señala que la presente invención no está limitada a los mismos.

En primer lugar, para una mejor comprensión de la presente invención, se describirá con referencia a la FIG. 2 un ejemplo de una configuración de un aparato de producción de hidrocarburos aromáticos como referencia, no de acuerdo con la presente invención, en concreto un aparato de producción de hidrocarburos aromáticos en el que se aplica una columna de destilación convencional (una única columna) a una columna de xileno.

El reformado producido mediante un proceso de reformado de nafta contiene una gran cantidad de hidrocarburos aromáticos y se usa como una materia en bruto de hidrocarburos aromáticos, en particular, una materia en bruto de benceno y para-xileno. Otros materiales, tales como un residuo de craqueo de nafta (gasolina de pirólisis) obtenido de un craqueador de nafta se pueden usar como la materia en bruto de hidrocarburos aromáticos. Un reformado se separa en un reformado ligero y un reformado pesado, el reformado ligero se usa como una materia en bruto en la producción de benceno y tolueno y el reformado pesado se usa como una materia en bruto en la producción de xileno.

Como se muestra en la FIG. 2, un reformado producido mediante el proceso de reformado se separa mediante un separador (un separador de reformado 201) en, por ejemplo, las siguientes fracciones:

- una fracción ligera compuesta sobre todo de componentes de gas licuado de petróleo (GLP) que tienen de 4 a 5 átomos de carbono (como una fracción enriquecida en componentes más ligeros que los hidrocarburos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono);
- un reformado ligero compuesto sobre todo de hidrocarburos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono (como una fracción enriquecida en hidrocarburos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono); y
- un reformado pesado compuesto sobre todo de xileno e hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono (compuestos aromáticos C8+) mezclados (como una fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono).

El reformado ligero obtenido como un producto de corte lateral del separador de reformado se alimenta a un aparato de extracción de compuestos aromáticos 208. El reformado pesado obtenido del fondo de la columna se alimenta a una columna de xileno 202, después los componentes de olefina contenidos en el reformado pesado se tratan mediante una unidad de tratamiento con arcilla (no mostrada), según sea apropiado.

El reformado ligero se separa en hidrocarburos aromáticos e hidrocarburos no aromáticos mediante el aparato de extracción de compuestos aromáticos. Los compuestos aromáticos (sobre todo compuestos aromáticos C6-7) separados de este modo se alimentan a una columna de benceno 209, en la que se separan los hidrocarburos aromáticos que tienen 7 o más átomos de carbono para producir benceno. Además del reformado ligero, también se puede suministrar una corriente (un flujo) que contiene hidrocarburos aromáticos que tienen de 6 a 9 átomos de carbono (compuestos aromáticos C6-9) alimentados de un proceso de desproporción a la columna de benceno 209. Además se puede suministrar a la columna de benceno una corriente que contiene tolueno (tolueno en bruto) obtenida de la parte superior de la columna de una columna de purificación de para-xileno.

Los hidrocarburos aromáticos que sobre todo tienen 7 o más átomos de carbono separados por la columna de benceno 209 se alimentan a una columna de tolueno 210 del fondo de columna de la columna de benceno a fin de separar el tolueno y los hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono. El tolueno separado se puede alimentar al proceso de desproporción de la parte superior de columna de la columna de tolueno o se puede retirar como el producto de tolueno. Los hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono separados se alimentan a la columna de xileno 202 desde el fondo de columna de la columna de tolueno.

Del fondo de columna de la columna de xileno a la que se ha suministrado el reformado pesado se separan hidrocarburos aromáticos pesados compuestos sobre todo de hidrocarburos aromáticos que tienen 9 o más átomos de carbono (compuestos aromáticos C9+). Además se pueden alimentar las siguientes corrientes a la columna de

xileno: una corriente de un proceso de isomerización; una corriente de un proceso de desproporción (en la FIG. 2, la corriente de un proceso de desproporción se alimenta a la columna de xileno después de que se separen los compuestos aromáticos C6 y compuestos aromáticos C7 en la columna de benceno 209 y la columna de tolueno 210, en concreto, se alimenta a la columna de xileno como una parte de un líquido de fondo de columna de la columna de tolueno 210. Sin embargo, si está prevista una función para separar compuestos aromáticos C6 y compuestos aromáticos C7 en el proceso de desproporción, una corriente del proceso de desproporción de la cual se han retirado los compuestos aromáticos C6 y C7 se alimenta directamente a la columna de xileno, en concreto, sin atravesar la columna de benceno 209 y la columna de tolueno 210); y una corriente que contiene xileno (un líquido de fondo de columna de la columna de tolueno 210) separada después de la extracción de compuestos aromáticos.

Una corriente separada en la columna de xileno de los hidrocarburos aromáticos pesados y compuesta sobre todo por los hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono (compuestos aromáticos C8) se alimenta desde la parte superior de columna de la columna de xileno a un proceso de separación por adsorción. Específicamente, una corriente de hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono se alimenta a una columna de adsorción 203 en la que se separa para-xileno, a fin de obtener una corriente compuesta sobre todo de para-xileno y un desorbente como un extracto y una corriente compuesta sobre todo de isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno (al menos uno de orto-xileno, meta-xileno y etil benceno) y el desorbente como un refinado. El proceso de separación por adsorción es un proceso basado en el principio de la cromatografía de elución y en ese proceso, mientras que los hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono se mueven a través de una capa de adsorción, el para-xileno que tiene una alta afinidad por un adsorbente se adsorbe sobre el adsorbente a fin de separarse del isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno. El para-xileno adsorbido se desorbe del adsorbente mediante un desorbente (tal como para-dietil benceno) y se retira de la columna de adsorción. El extracto es una corriente que consiste en esencia en el desorbente y un componente o componentes que tienen un alto poder de adsorción (sobre todo para-xileno) fuera de componentes suministrados a la columna de adsorción. El refinado es una corriente que consiste en esencia en el desorbente y un componente o componentes que tienen un bajo poder de adsorción (sobre todo orto-xileno, meta-xileno y/o etil benceno) fuera de los componentes suministrados a la columna de adsorción.

El para-xileno retirado del proceso de adsorción junto con el desorbente se alimenta a una columna de extracto 204, en la que se separa para-xileno del desorbente. El desorbente separado se recicla a la columna de adsorción. El para-xileno del cual se ha separado el desorbente (para-xileno en bruto) se alimenta a una columna de purificación de para-xileno 205, en la que se separa una pequeña cantidad de un componente o componentes ligeros (sobre todo tolueno), a fin de producir un producto de para-xileno. La pequeña cantidad del componente o componentes ligeros compuestos sobre todo por tolueno (tolueno en bruto) se puede alimentar a la columna de benceno 209.

Por otro lado, el isómero o isómeros de xileno (al menos uno de orto-xileno, meta-xileno y etil benceno) retirados de la columna de adsorción se alimentan, junto con el desorbente, a una columna de refinado 206 en la que se separa el isómero o isómeros de xileno del desorbente. Del mismo modo que en la columna de extracto, el desorbente separado en la columna de refinado se recicla a la columna de adsorción. Si se continua el reciclaje del desorbente, se pueden formar hidrocarburos aromáticos pesados mediante polimerización y, por lo tanto, una parte del desorbente separado en la columna de refinado se alimenta a una columna de pre-refinado 207, en la que se retiran los hidrocarburos aromáticos pesados (compuestos aromáticos pesados). El desorbente del cual se han retirado los compuestos aromáticos pesados se devuelve a la columna de refinado. Además, para compensar una cantidad del desorbente que ha disminuido por la polimerización se puede suministrar desorbente fresco a la columna de pre-refinado, a fin de mantener la cantidad de desorbente presente en el sistema (no mostrado). De la parte superior de columna de la columna de refinado se separa una pequeña cantidad de agua (no mostrado). El isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno obtenidos como una fracción lateral de la columna de refinado se pueden alimentar al proceso de isomerización.

En el aparato mostrado en la FIG. 2, cada uno del separador de reformado 201, la columna de xileno 202, la columna de extracto 204, la columna de purificación de para-xileno 205, la columna de refinado 206, la columna de pre-refinado 207, la columna de benceno 209 y la columna de tolueno 210 es una columna de destilación (una única columna) e incluye un condensador en su parte superior de la columna y un rehervidor en su fondo de columna.

Ya que se proporciona un gran número de columnas de destilación en el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos como se ha descrito anteriormente, es deseable reducir el consumo de energía mediante el empleo del método de efecto múltiple. En el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos que se ha descrito anteriormente como una referencia se considera que es preferible que se use un horno de calentamiento en el rehervidor de la columna de xileno 202 que obtiene una fracción comparativamente pesada en su fondo de columna; la presión de servicio de la columna de xileno se eleva; y se usa el vapor de cabeza de la columna de xileno como las fuentes de calor de los rehervidores del separador de reformado 201, la columna de extracto 204 y la columna de refinado 206. Además, también se considera que es preferible elevar la presión de servicio de la columna de tolueno 210 y usar el vapor de cabeza de la columna de tolueno como la fuente de calor del rehervidor de la columna de benceno 209.

[Configuración del aparato de producción de hidrocarburos aromáticos de acuerdo con la presente invención]

A continuación se describirá, con referencia a la FIG. 1, la configuración de un aparato de producción de hidrocarburos aromáticos de acuerdo con una realización de la presente invención. El aparato mostrado en la FIG. 1 es diferente del aparato mostrado en la FIG. 2 en cuanto a los flujos de proceso esquemáticos mostrados en esos dibujos, en la configuración del separador de reformado, en la configuración de la columna de xileno, la configuración de la columna de refinado y la disposición de la columna de refinado y la columna de pre-refinado, y el resto es similar una con respecto a otra. No es necesario decir que el aparato mostrado en la FIG. 1 puede ser diferente del aparato mostrado en la FIG. 2 en una configuración no mostrada en estos dibujos, tal como una configuración en cuanto a utilización de calor y, además, en especificaciones detalladas de las respectivas unidades.

Debe señalarse en este punto que el flujo de proceso mostrado en la FIG. 2 no está de acuerdo con la presente invención únicamente debido a que no se aplica una HIDiC a la segunda columna de destilación y que si la columna de xileno 202 de la FIG. 2 está reemplazada por una HIDiC, el flujo de proceso de la FIG. 2 se puede considerar una realización de la presente invención.

- Separador de reformado

Mientras que se aplica una única columna (específicamente, el separador de reformado 201) a un separador de reformado en el aparato mostrado en la FIG. 2, el aparato de la presente realización incluye, como el separador, el separador de reformado de baja presión 101a y el separador de reformado de alta presión 101b. Los separadores 101a y 101b están dispuestos en serie. La presión de servicio del separador de reformado de baja presión es más baja que la presión de servicio del separador de reformado de alta presión. Una materia prima (un reformado) se suministra al separador de reformado de baja presión 101a y un reformado pesado compuesto sobre todo de xileno e hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono (compuestos aromáticos C8+) mezclados se obtiene del fondo de la columna. Una corriente obtenida de la parte superior de la columna (es decir, una fracción enriquecida en componentes más ligeros que los compuestos aromáticos C8+) se suministra al separador de reformado de alta presión 101b. Una fracción ligera compuesta sobre todo de componentes de gas licuado de petróleo (GLP) que tienen de 4 a 5 átomos de carbono se obtiene de la parte superior de la columna del separador de reformado de alta presión y se obtiene un reformado ligero compuesto sobre todo de hidrocarburos que tienen de 6 a 7 átomos de carbono del fondo de la columna.

- Columna de xileno

Mientras que se aplica una columna de destilación convencional (una única columna) a la columna de xileno 202 en el aparato mostrado en la FIG. 2, se aplica una HIDiC 102 a la columna de xileno en la presente invención.

El reformado pesado obtenido del fondo de la columna del separador de reformado de baja presión 101a se suministra a la HIDiC 102. Además, una corriente de un proceso de isomerización, una corriente de un proceso de desproporción y una corriente que contiene xileno separado en un proceso de extracción de compuestos aromáticos (es decir, un líquido de fondo de columna de la columna de tolueno 110) se pueden alimentar a la HIDiC del mismo modo que en el aparato mostrado en la FIG. 2. Como un fluido de fondo de columna de la HIDiC (más específicamente, un fluido de fondo de columna de una columna de xileno de baja presión que se describe más adelante), se separan hidrocarburos aromáticos pesados compuestos sobre todo de hidrocarburos aromáticos que tienen 9 o más átomos de carbono (compuestos aromáticos C9+). Como un fluido de la parte superior de la columna (más específicamente, un fluido de la parte superior de la columna de una columna de xileno de alta presión que se describe más adelante) se obtiene una corriente compuesta sobre todo de hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono (compuestos aromáticos C8) resultante de la separación de los hidrocarburos aromáticos pesados.

La HIDiC se puede proporcionar con la columna de xileno de baja presión y la columna de xileno de alta presión. La columna de xileno de baja presión se opera a una presión más baja que la columna de xileno de alta presión. Cada una de la columna de xileno de baja presión y la columna de xileno de alta presión es una única columna (columna de destilación). Estas columnas se pueden integrar una con otra para formar una única estructura. La HIDiC también se puede proporcionar con un compresor, un condensador y un rehervidor (la HIDiC se describirá con detalle más adelante). Sin embargo, no siempre es necesario usar dos columnas y por ejemplo se puede emplear una HIDiC que incluya una estructura de tubo doble o un intercambiador de calor de tipo placas y aletas.

El intercambio de calor se realiza entre la columna de xileno de alta presión y la columna de xileno de baja presión (o se realiza un intercambio de calor correspondiente a tal intercambio de calor). Como resultado, el rendimiento de calor del rehervidor o los rehervidores de toda la columna de xileno se reduce de forma espectacular. Cuando se aplica la HIDiC se puede disminuir la temperatura del fondo de columna de la columna de xileno (la temperatura del fondo de columna de la columna de xileno de baja presión) y no hay necesidad de usar un horno de calentamiento como la fuente de calor del rehervidor de la columna de xileno. En su lugar se puede usar vapor de alta presión (que tiene una temperatura de saturación de, por ejemplo, 250 °C) presente en general en una planta de refinado de petróleo o similares como la fuente de calor del rehervidor de la columna de xileno.

- Configuración de la columna de refinado y diseño de la columna de refinado y la columna de pre-refinado

En el aparato mostrado en la FIG. 2, el refinado obtenido de la columna de adsorción 203 se suministra a la columna de refinado (hecha de una única columna) 206 y una parte de un líquido del fondo de columna de la columna de refinado se suministra a la columna de pre-refinado 207. En el aparato de acuerdo con la presente realización, un refinado obtenido de la columna de adsorción 103 se alimenta directamente a la columna de pre-refinado 107, en la que se retiran los hidrocarburos aromáticos pesados (es decir, los componentes generados mediante polimerización debido al reciclaje del desorbente) del fondo de la columna y se retira una pequeña cantidad de agua de la parte superior de la columna (no mostrado) y se obtiene como un corte lateral una corriente (compuesta sobre todo del desorbente y el isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno) de la cual se han retirado de este modo los hidrocarburos aromáticos pesados y agua.

Este corte lateral se suministra a la columna de refinado de alta presión 106b. El desorbente se separa del fondo de columna de la columna de refinado de alta presión y el isómero o isómeros de xileno se obtienen de la parte superior de la columna. El desorbente separado en la columna de refinado de alta presión se devuelve a la columna de adsorción 103.

Dependiendo del balance de calor conseguido en el sistema, es eficaz proporcionar una columna de refinado de baja presión para reducir el consumo de energía en el sistema. En este caso, el corte lateral separado de la columna de pre-refinado se ramifica en dos corrientes que se van a suministrar respectivamente a la columna de refinado de baja presión 106a y la columna de refinado de alta presión 106b. En este caso, la columna de refinado incluye dos columnas de destilación dispuestas en paralelo. En cada una de las columnas de refinado de baja presión y alta presión se separa el desorbente del fondo de la columna y se obtiene el isómero o los isómeros de xileno (al menos uno de orto-xileno, meta-xileno y etil benceno) de la parte superior de la columna. Los desorbentes separados respectivamente en las columnas de refinado de baja presión y de alta presión se devuelven ambos a la columna de adsorción 103. Si la columna de refinado de baja presión está dispuesta en paralelo a la columna de refinado de alta presión, incluso cuando cambia el balance de calor dentro del sistema del aparato de producción de hidrocarburos aromáticos (por ejemplo, cuando cambia la composición de la materia prima), el cambio se puede solucionar no mediante el control de la cantidad del vapor de cabeza mediante el ajuste de una relación de reflujo de la columna de refinado de alta presión, sino mediante el control de una relación de distribución entre los caudales de los fluidos alimentados a la columna de refinado de baja presión y la columna de refinado de alta presión. Por lo tanto, el exceso de rendimiento de calor del horno de calentamiento causado de otro modo mediante el aumento de la relación de reflujo se puede evitar.

En el aparato mostrado en la FIG. 1, cada uno del separador de reformado de baja presión 101a, el separador de reformado de alta presión 101b, la columna de extracto 104, la columna de purificación de para-xileno 105, la columna de refinado de baja presión 106a, la columna de refinado de alta presión 106b, la columna de pre-refinado 107, la columna de benceno 109 y la columna de tolueno 110 es una columna de destilación (una única columna) e incluye un condensador en su parte superior de la columna y un rehervidor en su fondo de la columna.

- Con respecto al efecto múltiple

En el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos mostrado en la FIG. 2 como una referencia, se considera que es preferible usar la columna de xileno como la fuente de calor del efecto múltiple. Si se aplica la HIDiC a la columna de xileno, sin embargo, el calor que se puede sacar de la columna de xileno es menor y, por tanto, se prefiere disponer la configuración para llevar a cabo el método de efecto múltiple. En el aparato de la realización mostrada en la FIG. 1 se emplea preferentemente la siguiente configuración para llevar a cabo el método de efecto múltiple.

Con respecto a la fuente de calor usada para el efecto múltiple se eleva la presión de servicio de la columna de refinado (por tanto, se puede elevar la temperatura de servicio) y se usa el vapor de cabeza de la columna de refinado como la fuente de calor para el efecto múltiple. Dependiendo del balance de calor conseguido en el sistema, la columna de refinado se puede dividir en dos columnas (dispuestas en paralelo), es decir, la columna de refinado de baja presión 106a y la columna de refinado de alta presión 106b, y la presión de servicio de la columna de refinado de alta presión se puede ajustar a una presión relativamente alta y, por tanto, la columna de refinado de alta presión se puede usar como la fuente de calor para el efecto múltiple en el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos. El rehervidor de la columna de refinado de alta presión puede estar equipado con un horno de calentamiento.

Específicamente, se puede usar el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión 106b como al menos una de la fuente de calor del rehervidor del separador de reformado de baja presión 101a y la fuente de calor del rehervidor de la columna de extracto 104. Además, se puede usar el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión como la fuente de calor del rehervidor de la columna de purificación de para-xileno 105 y/o como la fuente de calor del rehervidor de la columna de refinado de baja presión 106a y/o como la fuente de calor del rehervidor de la columna de tolueno 110. El vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión se puede usar como los cinco tipos de fuentes de calor que se han descrito anteriormente.

Para usar el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión por ejemplo como la fuente de calor del rehedidor de la columna de refinado de baja presión, se puede retirar un fluido del fondo de columna de la columna de refinado de baja presión y se puede someter a un intercambio de calor con el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión a modo de una estructura de intercambio de calor apropiada (un intercambiador de calor) y, después, el fluido resultante se puede devolver a la columna de refinado de baja presión. De este modo, una parte o la totalidad del aporte de calor al rehedidor de la columna de refinado de baja presión se puede suministrar por el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión.

De acuerdo con el estudio de los inventores se ha descubierto que en el aparato de la realización mostrada en la FIG. 1, el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión puede dar la totalidad del aporte de calor al rehedidor de la columna de extracto 104, la totalidad del aporte de calor al rehedidor de la columna de purificación de para-xileno 105, la totalidad del aporte de calor al rehedidor de la columna de refinado de baja presión 106a, la totalidad del aporte de calor al rehedidor de la columna de tolueno 110 y una parte del aporte de calor al rehedidor del separador de reformado de baja presión 101a.

El resto del aporte del calor al rehedidor del separador de reformado de baja presión 101a, la totalidad del aporte de calor al rehedidor del separador de reformado de alta presión 101b y la totalidad del aporte del calor al rehedidor de la columna de benceno 109 se puede suministrar mediante vapor de presión media (que tiene una temperatura de saturación de, por ejemplo, 185 °C) generado en la columna de xileno 102 y el vapor (que tiene una temperatura de saturación de, por ejemplo, 250 °C) generado mediante un hervidor proporcionado por separado también se puede usar como la fuente de calor. Como la fuente de calor del rehedidor de la columna de pre-refinado 107 se puede usar el fluido del fondo de columna de la columna de refinado de alta presión.

- Otros

Por tanto, la temperatura del fondo de la columna del separador de reformado se puede disminuir mediante el uso de dos columnas como el separador. También se pueden relajar las temperaturas del fondo de columna de la columna de extracto y de la columna de refinado de baja presión disminuyendo sus presiones de servicio. Como resultado no ha necesidad alguna de aumentar la presión de servicio de la columna de refinado de alta presión (de la cual la presión de servicio puede ser, por ejemplo, de 300 kPaA a 900 kPaA) hasta estar tan alta como la de la columna de xileno convencional (presión de servicio: de 900 kPaA a 1.100 kPaA).

De forma tradicional, para reducir los costes de inversión y diseños, un separador de reformado se ha configurado con una única columna que separa hidrocarburos que tienen de 4 a 5 átomos de carbono, un reformado ligero y un reformado pesado. Sin embargo, cuando se usa una única columna, la presión de servicio debería elevarse para condensar los hidrocarburos que tienen de 4 a 5 átomos de carbono con agua de refrigeración de la parte superior de la columna y, por tanto, la temperatura del fondo de la columna tiende a ser mayor. Por lo tanto, el separador de reformado preferentemente está configurado con dos columnas.

El separador de reformado (con una presión de servicio de, por ejemplo, 300 kPaA a 400 kPaA) se puede dividir en dos columnas de un separador de reformado de baja presión (con una presión de servicio de, por ejemplo, presión atmosférica a 300 kPaA) y un separador de reformado de alta presión (con una presión de servicio de, por ejemplo, 300 kPaA a 400 kPaA). El separador de reformado de baja presión separa un reformado pesado y el separador de reformado de alta presión separa hidrocarburos que tienen de 4 a 5 átomos de carbono y un reformado ligero. Mediante el uso de dos columnas, la presión de servicio del separador de reformado de baja presión usado para separar el reformado pesado se puede disminuir y la temperatura de fondo de columna del mismo se puede disminuir. Ya que, por tanto, se puede disminuir la temperatura del fondo de la columna, cuando se usa (para el efecto múltiple) el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión como la fuente de calor del rehedidor del separador de reformado de baja presión, la temperatura de la parte superior de columna de la columna de refinado de alta presión se puede relajar, de tal modo que se puede disminuir la presión de servicio de la columna de refinado de alta presión.

Además, para relajar la temperatura del fondo de columna de la columna de extracto, la presión de servicio de la columna de extracto puede ajustarse en de 20 kPaA a 150 kPaA y, de forma similar, para relajar la temperatura del fondo de columna de la columna de refinado de baja presión, la presión de servicio de la columna de refinado de baja presión se puede ajustar en de 20 kPaA a 150 kPaA.

Gracias a la configuración que se ha mencionado anteriormente se pueden conseguir las siguientes ventajas:

- 1) La HIDiC se aplica a la columna de xileno, el separador de reformado se configura con dos columnas y, además, se reconstruye el efecto múltiple para permitir la reducción del consumo global de energía. Por lo tanto, se puede reducir el consumo de energía (en términos de energía primaria) en aproximadamente el 10 % o más en comparación al del aparato como se muestra en la FIG. 2.
- 2) Al reconstruir el efecto múltiple para todo el aparato, se aumenta la presión de servicio de la columna de refinado y se usa la columna de refinado como la fuente de calor para el efecto múltiple. Dependiendo del balance de calor conseguido en el sistema, un fluido que se va a suministrar a la columna de refinado se puede

dividir y suministrar a la columna de refinado de alta presión y la columna de refinado de baja presión, que están dispuestas en paralelo; por tanto, se puede usar el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión (para el efecto múltiple) como la fuente de calor del rehervidor de la columna de refinado de baja presión u otra columna de destilación.

5 3) Ya que se aplica la HIDiC a la columna de xileno, se puede disminuir la temperatura del fondo de columna de la columna de xileno (la temperatura del fondo de columna de la columna de xileno de baja presión) y, por lo tanto, no hay necesidad alguna de usar un horno de calentamiento como la fuente de calor del rehervidor de la columna de xileno, pero en su lugar se puede usar vapor de alta presión.

10 4) Con respecto a la estabilidad del proceso (flexibilidad frente a variación de carga), cuando se usa la columna de refinado de baja presión, incluso si se varía el rendimiento de calor de un rehervidor incluido en el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos, se puede ajustar la cantidad de intercambio de energía para el efecto múltiple mediante el control de las cantidades de un fluido distribuido a la columna de refinado de baja presión y la columna de refinado de alta presión sin cambiar una relación de reflujo de la columna de refinado.

15 El proceso de desproporción es un proceso para producir benceno y xileno con gran demanda mediante una reacción de desproporción para convertir dos moléculas de tolueno (compuesto aromático C7) en una molécula de benceno (compuesto aromático C6) y una molécula de xileno (compuesto aromático C8) y una reacción de transalquilación para hacer reaccionar tolueno (compuesto aromático C7) y trimetil benceno (compuesto aromático C9) para producir dos moléculas de xileno (compuesto aromático C8).

20 El proceso de isomerización es un proceso para producir para-xileno con gran demanda mediante la conversión del isómero o de los isómeros de xileno distintos del para-xileno separados mediante la columna de refinado en para-xileno.

25 [Estructura básica de HIDiC]

En la presente invención se puede usar una columna de xileno de alta presión como una parte de alta presión (o una columna de alta presión descrita con respecto a los ejemplos de las configuraciones de la HIDiC) que se describe más adelante y una columna de xileno de baja presión se puede usar como una parte de baja presión (o una columna de baja presión descrita con referencia a los ejemplos de configuraciones de la HIDiC) que se describe más adelante.

Los componentes incluidos en una HIDiC se mencionarán a continuación.

- 35 - Una parte de alta presión que incluye la totalidad o una parte de una sección de rectificación y que realiza contacto de gas-líquido a una presión relativamente alta
 - Una parte de baja presión que incluye la totalidad o una parte de una sección de agotamiento y que realiza contacto de gas-líquido a una presión relativamente baja

40 Las expresiones de la "sección de rectificación" y la "sección de agotamiento", usados con respecto a una operación de destilación, se han usado durante mucho tiempo con respecto a un aparato de destilación, en particular un aparato de destilación continua. La sección de rectificación se corresponde con una sección localizada por encima de una posición de alimentación de materia prima en una columna de destilación convencional configurada con una única columna. La sección de agotamiento se corresponde con una sección localizada por debajo de la posición de alimentación de materia prima en la columna de destilación convencional. En otras palabras, la sección de rectificación es una sección de un aparato de destilación (por lo general una columna de destilación) a través de la cual fluye una fracción más ligera que la materia prima. La sección de agotamiento es una sección de un aparato de destilación (por lo general una columna de destilación) a través de la cual fluye una fracción más pesada que la materia prima.

50 La presión de servicio de la parte de alta presión se ajusta para ser mayor que la presión de servicio de la parte de baja presión a fin de que la temperatura de la sección de rectificación sea mayor que la temperatura de la sección de agotamiento y, por tanto, se puede transferir calor de la sección de rectificación a la sección de agotamiento mediante intercambio indirecto de calor. En el presente documento, una "presión relativamente alta o baja" se basa en la comparación entre las presiones de la parte de baja presión y la parte de alta presión una con respecto a otra.

La parte de alta presión se corresponde básicamente con la sección de rectificación y la parte de baja presión se corresponde básicamente con la sección de agotamiento. Por consiguiente, en la configuración más básica de la HIDiC, la parte de alta presión incluye la sección de rectificación pero no incluye la sección de agotamiento y la parte de baja presión incluye la sección de agotamiento pero no incluye la sección de rectificación. En otras palabras, la parte de alta presión incluye la totalidad de la sección de rectificación y la parte de baja presión incluye la totalidad de la sección de agotamiento. Sin embargo, una configuración de una HIDiC no está limitada a tal configuración. La parte de baja presión puede incluir la totalidad de la sección de agotamiento y también una parte de la sección de rectificación, mientras que el resto de la sección de rectificación puede estar incluida en la parte de alta presión.

60 Como alternativa, la parte de alta presión puede incluir la totalidad de la sección de rectificación y también una parte de la sección de agotamiento, mientras que el resto de la sección de agotamiento puede estar incluida en la parte de

baja presión.

En otras palabras, la estructura básica de la HIDiC es una estructura que se obtiene mediante la división de una columna de destilación convencional, usando una posición de alimentación de materia prima como un límite, en dos regiones (una parte de alta presión que incluye la totalidad de la sección de rectificación y una parte de baja presión que incluye la totalidad de la sección de agotamiento). Sin embargo, la estructura de la HIDiC no está limitada a esta estructura. También es posible emplear una estructura que se obtiene mediante la división de una columna de destilación convencional en dos regiones en una posición por encima de la posición de alimentación de materia prima, en concreto, una estructura en la que se divide una única columna (una posición localizada en parte a lo largo de la sección de rectificación se usa como un límite) en dos regiones (una parte de baja presión que incluye la totalidad de la sección de agotamiento y una parte de la sección de rectificación, y una parte de alta presión que no incluye la sección de agotamiento pero que incluye el resto de la sección de rectificación). Como alternativa, es posible emplear una estructura en la que una columna de destilación convencional está dividida (una posición localizada en parte a lo largo de la sección de agotamiento se usa como un límite) en dos regiones (una parte de alta presión que incluye la totalidad de la sección de rectificación y una parte de la sección de agotamiento, y una parte de baja presión que no incluye la sección de rectificación pero que incluye el resto de la sección de agotamiento).

Naturalmente, si una de la parte de alta presión y la parte de baja presión incluye tanto la sección de rectificación como la sección de agotamiento, la otra no incluye nunca tanto la sección de rectificación como la sección de agotamiento.

Cada una de la parte de alta presión y la parte de baja presión está formada por lo general mediante el uso de una única columna (recipiente). Una columna de alta presión que forma la parte de alta presión y una columna de baja presión que forma la parte de baja presión se pueden proporcionar a fin de ser instaladas independientemente una de otra. Como alternativa, la columna de alta presión y la columna de baja presión se pueden integrar una con otra para formar una única estructura. Por ejemplo, es posible dividir el interior de un único recipiente mediante una pared de división (un elemento a través del cual no puede pasar fluido) para formar dos regiones y usar una de las regiones como la columna de alta presión y la otra como la columna de baja presión.

- Una tubería para dirigir un vapor de cabeza de la parte de baja presión al fondo de columna de la parte de alta presión

En una columna de destilación convencional, el vapor asciende desde una sección inferior (la sección de agotamiento) de la columna a una sección superior (la sección de rectificación). En la HIDiC, ya que la sección de agotamiento y la sección de rectificación básicamente están separadas (divididas), esta tubería se proporciona para permitir tal corriente del vapor.

Esta tubería se proporciona con medios de presurización, tales como un compresor, para transferir un vapor de la parte de baja presión (que tiene una presión relativamente baja) a la parte de alta presión (que tiene una presión relativamente alta).

- Una tubería para dirigir un líquido de fondo de la columna de la parte de alta presión a la parte superior de la columna de la parte de baja presión.

En una columna de destilación convencional, el líquido desciende desde una sección superior (la sección de rectificación) de la columna a una sección inferior (la sección de agotamiento). La HIDiC, ya que la sección de agotamiento y la sección de rectificación básicamente están separadas (divididas), esta tubería se proporciona para permitir tal corriente de líquido. Esta corriente se denomina en ocasiones un "reflujo intermedio" y esta tubería se denomina en ocasiones una "tubería de reflujo intermedio".

- Una estructura de intercambio de calor para transferir calor de la sección de rectificación a la sección de agotamiento

Como se ha descrito en el documento JP H08-66601A o JP 2004-16928A, si el interior y el exterior de un tubo se usa como la sección de rectificación (la parte de alta presión) y la sección de agotamiento (la parte de baja presión), la pared del tubo funciona como una superficie de transferencia de calor. Es decir, se puede emplear una estructura de intercambio de calor de tipo cubierta y tubo.

En la HIDiC como se describe en el documento WO 2011/043199, una estructura de intercambio de calor puede incluir uno o ambos de los siguientes a y b:

a) un intercambiador de calor proporcionado en la sección de rectificación (por lo general, la sección de rectificación incluida en la parte de alta presión) y una tubería para retirar un líquido de la sección de agotamiento (por lo general, la sección de agotamiento incluida en la parte de baja presión) y hacer pasar el líquido a través de este intercambiador de calor y devolver el fluido resultante a esta sección de agotamiento; y
b) un intercambiador de calor provisto en la sección de agotamiento (por lo general, la sección de agotamiento

incluida en la parte de baja presión) y una tubería para retirar un vapor de la sección de rectificación (por lo general, la sección de rectificación incluida en la parte de alta presión), hacer pasar el vapor a través de este intercambiador de calor y devolver el fluido resultante a esta sección de rectificación.

- 5 Como alternativa, es posible emplear una estructura en la que un intercambiador de calor se proporciona en el exterior de la parte de alta presión y en el exterior de la parte de baja presión (por lo general, en el exterior de la columna de alta presión y en el exterior de la columna de baja presión), un líquido se retira de la sección de agotamiento (por lo general, la sección de agotamiento incluida en la parte de baja presión) y se devuelve a través de este intercambiador de calor a esta sección de agotamiento y se retira vapor de la sección de rectificación (por lo
10 general, la sección de rectificación incluida en la parte de alta presión) y se devuelve a través de este intercambiador de calor a esta sección de rectificación, realizando de este modo el intercambio de calor entre estos fluidos.

La estructura de intercambio de calor puede ser cualquier estructura siempre que se pueda transferir calor finalmente desde la sección de rectificación a la sección de agotamiento, y la estructura de intercambio de calor se
15 puede realizar sin usar directamente cualquiera de un fluido presente en la sección de rectificación y un fluido presente en la sección de agotamiento. Por ejemplo, un fluido descargado a la sección de rectificación y que tiene una presión relativamente alta (temperatura alta) se puede usar en lugar de un fluido presente en la sección de rectificación. Además, un fluido que se va a alimentar a la sección de agotamiento y que tiene una presión relativamente baja (baja temperatura) se puede usar en lugar de un fluido presente en la sección de agotamiento.
20 Por ejemplo, mediante el intercambio de calor entre una materia prima que se va a alimentar a la sección de agotamiento (por lo general, la sección de agotamiento incluida en la parte de baja presión) y el vapor de cabeza retirado de la parte superior de la columna de la sección de rectificación (por lo general, la sección de rectificación incluida en la parte de alta presión) se puede transferir calor de la sección de rectificación a la sección de agotamiento.

25 Se puede emplear una única estructura de intercambio de calor o se puede emplear una pluralidad de estructuras de intercambio de calor.

En el presente documento se discutirá una configuración en la que una parte de baja presión incluye la totalidad de
30 la sección de agotamiento y una parte de la sección de rectificación y una parte de alta presión incluye una parte de la sección de rectificación. Esta configuración incluye, por ejemplo, una realización en la que una columna de baja presión incluye, por encima de la sección de agotamiento, una parte de la sección de rectificación y una columna de alta presión incluye el resto de la sección de rectificación. En tal realización, un fluido de cabeza de la columna de baja presión (es decir, un fluido descargado de la parte de la sección de rectificación incluida en la columna de baja
35 presión) se puede transferir al fondo de columna de la columna de alta presión a través de un compresor y, en este caso, el calor del fluido de salida del compresor se puede dar a un fluido presente en la sección de agotamiento de la columna de baja presión mediante intercambio de calor. Por ejemplo, se puede proporcionar una estructura de intercambio de calor en la sección de agotamiento de la columna de baja presión (por ejemplo, en un nivel directamente por encima del fondo de columna de la columna de baja presión) y el fluido de cabeza de la columna de baja presión se puede suministrar al fondo de columna de la columna de alta presión a través del compresor y esta estructura de intercambio de calor. Mediante tal intercambio de calor se puede transferir calor desde la sección de rectificación incluida en la columna de baja presión a la sección de agotamiento incluida en la columna de baja
40 presión. Un ejemplo de tal estructura se propone en la solicitud de patente japonesa n.º 2012-080525.

45 La totalidad del contenido de la solicitud de patente japonesa n.º 2012-080525 y la solicitud internacional PCT/JP2010/066498 (documento WO2011/043199) presentada por el mismo solicitante que la presente solicitud se incorporan por referencia en el presente documento.

[Ejemplos de configuraciones preferibles de HIDiC]

50 En una HIDiC que usa una estructura de tubo doble o un intercambiador de calor de tipo placas y aletas es difícil, por ejemplo, obtener un producto de corte lateral y optimizar un nivel de alimentación de material prima (nivel de alimentación). Desde este punto de vista se usa preferentemente un aparato de destilación como se describe en el documento WO2011/043199. Por consiguiente, la presente invención puede aplicarse de forma apropiada a una
55 HIDiC que tenga cualquiera de las siguientes configuraciones.

1) Una HIDiC que incluye:

- 60 una columna de alta presión que incluye una sección con platos o una sección de lecho de relleno que se usa como una sección de rectificación;
una columna de baja presión localizada a mayor altura que la columna de alta presión y que incluye una sección con platos o una sección de lecho de relleno que se usa como una sección de agotamiento;
un primer conducto que conecta una parte superior de columna de la columna de baja presión con un fondo de columna de la columna de alta presión;
65 un compresor instalado en parte a lo largo del primer conducto y configurado para comprimir vapor de la parte superior de columna de la columna de baja presión y para transferir el vapor comprimido al fondo de columna

de la columna de alta presión;

un intercambiador de calor localizado en un nivel predeterminado de la columna de alta presión (en particular, la sección de rectificación incluida en la columna de alta presión);

5 una unidad de retirada de líquido localizada en un nivel predeterminado de la columna de baja presión (en particular, la sección de agotamiento incluida en la columna de baja presión y configurada para retirar una parte de líquido del nivel predeterminado al exterior de la columna de baja presión);

un segundo conducto para introducir el líquido de la unidad de retirada de líquido en el intercambiador de calor; y

10 un tercer conducto para introducir, en un nivel directamente por debajo de la unidad de retirada de líquido, un fluido introducido a través del segundo conducto en el intercambiador de calor y descargado después del intercambiador de calor.

2) Una HIDiC que incluye:

15 una columna de alta presión que incluye una sección con platos o una sección de lecho de relleno que se usa como una sección de rectificación;

una columna de baja presión localizada a mayor altura que la columna de alta presión y que incluye una sección con platos o una sección de lecho de relleno que se usa como una sección de agotamiento;

20 un primer conducto para conectar una parte superior de columna de la columna de baja presión con un fondo de columna de la columna de alta presión;

un compresor instalado en parte a lo largo del primer conducto y configurado para comprimir vapor de la parte superior de columna de la columna de baja presión y para alimentar el vapor comprimido al fondo de columna de la columna de alta presión;

25 una unidad colectora de líquido localizada en un nivel predeterminado de la columna de baja presión (en particular, la sección de agotamiento incluida en la columna de baja presión) y configurada para retener líquido que ha fluido hacia abajo;

un intercambiador de calor localizado en la unidad colectora de líquido de la columna de baja presión;

30 una placa de división que se ajusta en una posición predeterminada de la columna de alta presión (en particular, la sección de rectificación incluida en la columna de alta presión) y que está configurada para la división completa de los niveles superior e inferior;

un segundo conducto para introducir vapor por debajo de la placa de división en el intercambiador de calor; y un tercer conducto para introducir, en un lado superior de la placa de división, un fluido introducido a través del segundo conducto en el intercambiador de calor y descargado después del intercambiador de calor.

35 3) La HIDiC de acuerdo con 2), que incluye además un conducto que incluye una válvula de control para conectar espacios que están localizados arriba y abajo y que intercalan entre ellos la placa de división.

4) La HIDiC de acuerdo con uno cualquiera de 1) a 3) que incluye además un conducto de suministro de materia prima para suministrar una materia prima a al menos uno de la parte superior de columna de la columna de baja presión y un nivel predeterminado de uno de la sección con platos y la sección de lecho de relleno.

40 5) La HIDiC de acuerdo con 4), que incluye además una bomba y un conducto para alimentar a presión un líquido almacenado en el fondo de columna de la columna de alta presión al conducto de suministro de materia prima.

[Detalles del Ejemplo de configuración 1) de una HIDiC]

45 La FIG. 6 muestra una configuración global de una HIDiC que tiene el Ejemplo de configuración 1) que se ha descrito anteriormente. Esta HIDiC incluye una columna de alta presión 1 y una columna de baja presión 2 localizada a mayor altura que la columna de alta presión 1. La columna de alta presión 1 incluye un fondo de columna 1a, una sección con platos (o sección de lecho de relleno) 1b y una parte superior de columna 1c. La columna de baja presión 2 incluye también un fondo de columna 2a, una sección con platos (o sección de lecho de relleno) 2b y una parte superior de columna 2c.

55 Las secciones con platos 1b y 2b son secciones que tienen varios platos horizontales localizados en su interior. Un espacio entre platos adyacentes se denomina un nivel. En cada nivel, el contacto de gas-líquido se acelera a fin de causar transferencia de masa. Como resultado, una fase gas enriquecida en componentes que tienen mayor volatilidad asciende a un nivel superior, mientras que una fase líquida enriquecida en componentes que tienen menor volatilidad desciende a un nivel inferior. Entonces se realiza de nuevo contacto de gas-líquido con una nueva fase líquida o fase gas, de tal modo que se puede causar la transferencia de masa. Por tanto, existen muchos componentes con una mayor volatilidad en un nivel superior de la columna, existen más componentes con menor volatilidad en un nivel inferior y se consigue la operación de destilación.

60 La sección de lecho de relleno que puede sustituir a la sección con platos es una sección en la que se instala un determinado relleno en una columna hueca y se realiza un contacto de gas-líquido en su superficie. Mediante el mismo mecanismo que el de la sección con platos, hay más componentes con mayor volatilidad en una parte superior de la columna, existen más componentes con menor volatilidad en una parte inferior y se consigue una operación de destilación.

En la FIG. 6, las secciones con platos 1b y 2b (o secciones de lecho de relleno) se muestran como blanco. En realidad, sin embargo, se emplean las estructuras que se han mencionado anteriormente.

5 Cada una de la columna de alta presión 1 y la columna de baja presión 2 se describirán con detalle. En primer lugar se describirá la columna de baja presión 2.

10 Un calentador 3, denominado rehervidor, se dispone en el exterior del fondo de columna 2a de la columna de baja presión 2 y un conducto 21 se proporciona desde una parte inferior de un espacio en el fondo de columna 2a a través del calentador 3 hasta una parte superior del espacio en el fondo de columna 2a. Por consiguiente, un líquido que desciende a través de la sección con platos 2b (o la sección de lecho de relleno) de la columna de baja presión 2 permanece en el fondo de columna 2a. Una parte de este líquido se calienta por el calentador 3 para convertirse en vapor y vuelve al fondo de columna 2a. Desde la parte más baja del fondo de columna 2a, un producto de fondo líquido que es rico en componentes con menor volatilidad se obtiene a través de un conducto 22.

15 La parte superior de columna 2c de la columna de baja presión 2 es una posición para suministrar una materia prima. La parte superior de columna 2c está conectada a través de un compresor 4 al fondo de columna 1a de la columna de alta presión 1 a través de un conducto 23 (una tubería para dirigir un vapor de cabeza de una parte de baja presión a un fondo de columna de una parte de alta presión). Aquí, la posición de alimentación de materia prima está en la parte superior de columna 2c de la columna de baja presión 2. Sin embargo, la posición de alimentación de materia prima puede estar en cualquier nivel de la sección con platos 2b (o la sección de lecho de relleno). En tal caso, una parte de la columna de baja presión por encima de la posición de alimentación de materia prima se corresponde con la sección de rectificación, una parte de la columna de baja presión por debajo de la posición de alimentación de materia prima se corresponde con la sección de agotamiento y el interior de la columna de alta presión se corresponde con la sección de rectificación.

25 Además, aunque puede que exista solo una posición de alimentación de materia prima, puede haber una pluralidad de materias primas (en concreto, puede haber una pluralidad de posiciones de alimentación de materia prima en una pluralidad de posiciones diferentes) y, en este caso, las posiciones de alimentación de materia prima pueden estar, por ejemplo, en la parte superior de columna 2c de la columna de baja presión 2 y en otro nivel arbitrario (inclusive un nivel en la columna de alta presión 1). Con respecto a la presente invención, si hay una pluralidad de posiciones de alimentación de materia prima, se puede seleccionar una cualquiera entre las muchas posiciones de alimentación de materia prima para que se considere un límite y una parte por encima de la posición seleccionada de alimentación de materia prima se puede considerar la sección de rectificación y una parte por debajo de la posición seleccionada se puede considerar la sección de agotamiento (en el presente documento, se pretende que los términos "encima" y "debajo" signifiquen encima y debajo en términos de una operación de destilación y no siempre concuerdan con la disposición real en el aparato; incluso cuando la columna de alta presión está localizada en una posición más baja que la columna de baja presión, el interior de la columna de alta presión siempre está por "encima" del interior de la columna de baja presión).

40 La sección con platos 2b (o la sección de lecho de relleno) de la columna de baja presión 2 incluye la unidad de retirada de líquido 2d en un nivel predeterminado (en particular, en un nivel dentro de la sección de agotamiento). Como se muestra en la FIG. 7, la unidad de retirada de líquido 2d retiene un líquido 10, que ha descendido de una parte superior de la columna de baja presión 2, en un plato de chimenea para colector 5, y retira una parte del líquido 10 al exterior de la columna de baja presión 2. Un conducto 24 para dirigir una parte del líquido 10 a la columna de alta presión 1 está conectado a la unidad de retirada de líquido 2d. Un conducto 25 de la columna de alta presión 1 está insertado a través de una pared de carcasa de la columna de baja presión 2 en un nivel directamente por debajo de la unidad de retirada de líquido 2d. Desde el conducto 25 insertado en el nivel directamente por debajo de la unidad de retirada de líquido 2d se alimenta un fluido que es una mezcla de vapor 11 y líquido 12, como se describe más adelante, y el vapor 11 asciende mientras que el líquido 12 desciende.

50 A continuación se describirá la columna de alta presión 1.

55 Un extremo de un conducto 26 está conectado a la parte más baja del fondo de columna 1a de la columna de alta presión 1, mientras que el otro extremo del conducto 26 está conectado a un conducto 27 que suministra la materia prima a la parte superior de columna 2c de la columna de baja presión 2. Para reciclar el líquido que permanece en el fondo de columna 1a de la columna de alta presión 1 a la parte superior de columna 2c de la columna de baja presión 2 localizada a mayor altura que la columna de alta presión 1, es necesaria una bomba 6 en parte a lo largo del conducto 26. El conducto 26 y una parte del conducto 27 (una parte aguas abajo de un punto de encuentro con el conducto 26) juntos forman una tubería para dirigir un líquido de fondo de columna de una parte de alta presión a una parte de baja presión, en particular a la parte superior de la columna de la parte de baja presión.

65 Se proporciona un condensador 7 en el exterior de la parte superior de columna 1c de la columna de alta presión 1, y un conducto 28 está conectado desde una parte superior de un espacio en la parte superior de columna 1c al condensador 7. Por tanto, el vapor que se ha movido a la parte superior de columna 1c de la columna de alta presión 1 se enfría por el condensador 7 para convertirse en un líquido y se obtiene un líquido destilado que es rico en componentes con mayor volatilidad. Una parte de este líquido se hace refluir a la parte superior de columna 1c en

caso necesario.

Además, un intercambiador de calor 8 del tipo haz de tubos no reivindicado se puede insertar en un nivel predeterminado (en particular, un nivel en el interior de la sección de rectificación) de la sección con platos 1b (o la sección de lecho de relleno) de la columna de alta presión 1. Las partes de tubo paralelas en el tubo con forma de U del intercambiador de calor 8 del tipo haz de tubos se colocan a lo largo de un plato de chimenea para colector 9 para retener temporalmente un líquido condensado y para redistribuir el vapor que asciende desde abajo. Una porción de tubo inferior 8a de las porciones de tubo paralelas está conectada al conducto 24 que está conectado a la unidad de retirada de líquido 2d de la columna de baja presión 2. Una porción de tubo superior 8b está conectada al conducto 25 que está insertado en el nivel directamente por debajo de la unidad de retirada de líquido 2d.

A continuación se describirá una operación del intercambiador de calor 8 del tipo haz de tubos.

En el aparato, la presión y la temperatura del vapor que fluye fuera de la parte superior de columna 2c de la columna de baja presión 2 se elevan mediante el compresor 4 y el vapor resultante se suministra al fondo de columna 1a de la columna de alta presión 1. El vapor 13 (referencia a la FIG. 8) de este modo elevado en la temperatura se introduce en y asciende a través de la sección con platos 1b y se pone en contacto con el tubo con forma de U del intercambiador de calor 8 del tipo haz de tubos. En este caso, un líquido en un nivel arbitrario (en particular, un nivel en el interior de la sección de agotamiento) de la columna de baja presión 2 se introduce a través del conducto 24 en la porción de tubo inferior 8a del intercambiador de calor 8. Por tanto, el líquido en la porción de tubo 8a se calienta por el calor del vapor 13 y una parte del vapor 13 en contacto con la porción de tubo 8a se convierte en un líquido 14, y este líquido desciende. La porción de tubo superior 8b del intercambiador de calor 8 también se calienta por el calor del vapor 13. Por tanto, el líquido introducido a través del conducto 24 en el intercambiador de calor 8 cambia hasta dar un fluido que es una mezcla de una fase líquida y una fase gas mientras que el líquido se mueve a través de la porción de tubo inferior 8a y, después, a través de la porción de tubo superior 8b. Este fluido entonces atraviesa el conducto 25 localizado en el exterior de la columna para introducirse en el nivel directamente por debajo de la unidad de retirada de líquido 2d de la columna de baja presión 2 (referencia a la FIG. 6). Cualquier medio de alimentación a presión, tal como una bomba, no es necesario para hacer circular tales fluidos debido a que la configuración descrita en el presente documento emplea el sistema de termosifón.

En otras palabras, debido a que la unidad de retirada de líquido 2d de la columna de baja presión 2 está conectada a la porción de tubo inferior 8a del intercambiador de calor 8 de la columna de alta presión 1 a través del conducto 24 y debido a que la porción de tubo superior 8b del intercambiador de calor 8 de la columna de alta presión 1 está conectada al nivel directamente por debajo de la unidad de retirada de líquido 2d de la columna de baja presión 2 a través del conducto 25, el líquido desciende desde la columna de baja presión 2 a la columna de alta presión 1 por gravedad, lo que causa que el fluido que se ha mencionado anteriormente fluya desde la columna de alta presión 1 a la columna de baja presión 2 incluso si no se proporciona ninguna bomba.

Como se ha descrito anteriormente, en este ejemplo se puede retirar calor del vapor en la columna de alta presión 1 mediante el intercambiador de calor 8, y el calor se puede transferir de la columna de alta presión 1 (en particular, la sección de rectificación) a la columna de baja presión 2 (en particular, la sección de agotamiento) a través del conducto 25. Un sistema de transferencia de calor que usa los conductos 24 y 25 y el intercambiador de calor 8 como en este ejemplo está configurado como si estuviese instalado un condensador lateral en un nivel arbitrario (en particular, un nivel en el interior de la sección de rectificación) de la columna de alta presión 1 y, simultáneamente, como si estuviese instalado un rehervidor lateral en un nivel arbitrario (en particular, un nivel en el interior de la sección de agotamiento) de la columna de baja presión 2. Por tanto, en comparación con un aparato de destilación que no incluye tal sistema de transferencia de calor se puede reducir la cantidad de calor retirado en el condensador 7 de la columna de alta presión 1 y se puede reducir la cantidad de calor suministrado en el rehervidor 3 de la columna de baja presión 2. Como resultado, se puede proporcionar un aparato de destilación que tiene una eficiencia energética extremadamente elevada.

La FIG. 6 muestra únicamente un sistema de transferencia de calor. Sin embargo se puede instalar una pluralidad de sistemas de transferencia de calor equivalente a, por ejemplo, del 10 al 30 % del número total de niveles teóricos. No es necesario decir que el número de sistema o sistemas de transferencia de calor que se va a instalar y la localización del intercambiador o los intercambiadores de calor y los conductos se puede determinar de forma arbitraria de acuerdo con la especificación del diseño.

[Detalles del Ejemplo de configuración 2) de una HIDiC]

A continuación se describirá una HIDiC que tiene el Ejemplo de configuración 2) que se ha mencionado anteriormente. Los componentes similares a los del Ejemplo de configuración 1) se describirán usando números de referencia similares.

La FIG. 9 muestra una configuración global de una HIDiC que tiene el Ejemplo de configuración 2). Este aparato de destilación incluye una columna de alta presión 1 y una columna de baja presión 2 localizada en una posición a mayor altura que la columna de alta presión 1. La columna de alta presión 1 incluye un fondo de columna 1a, una

sección con platos (o sección de lecho de relleno) 1b y una parte superior de columna 1c. La columna de baja presión 2 incluye, de forma parecida, un fondo de columna 2a, una sección con platos (o sección de lecho de relleno) 2b y una parte superior de columna 2c. La sección con platos o la sección de lecho de relleno tiene la misma estructura como la descrita para el Ejemplo de configuración 1).

5 Este ejemplo es diferente del Ejemplo de configuración 1) en que se proporciona un intercambiador de calor 8 del tipo haz de tubos en la columna de baja presión 2 (en particular, en la sección de agotamiento).

10 En la columna de baja presión 2 de este ejemplo, los componentes que acompañan al fondo de columna 2a y la parte superior de columna 2c (tales como el rehervidor 3 y los conductos 21, 22, 23 y 27) son los mismos que los usados en el Ejemplo de configuración 1) como se muestra en la FIG. 9, pero los componentes relacionados con la sección con platos 2b (o la sección de lecho de relleno) son diferentes de los usados en el Ejemplo de configuración 1).

15 La sección con platos 2b (o la sección de lecho de relleno) incluye una unidad colectora de líquido 2e en un nivel predeterminado (en particular, en un nivel en el interior de la sección de agotamiento). La unidad colectora de líquido 2e puede almacenar una cantidad predeterminada de líquido 10 que ha fluido hacia abajo sobre un plato de chimenea para colector 15, y puede hacer caer líquido vertido desde el plato de chimenea para colector 15. Se inserta un intercambiador de calor 8 del tipo haz de tubos en la unidad colectora de líquido 2e (referencia a la FIG. 20 10), de tal manera que un tubo con forma de U del intercambiador de calor 8 del tipo haz de tubos se puede sumergir en el líquido almacenado en la unidad colectora de líquido 2e. Las porciones de tubo paralelas 8a y 8b en el tubo con forma de U del intercambiador de calor 8 del tipo haz de tubos se colocan a lo largo del plato de chimenea para colector 15.

25 Un conducto 29 (referencia a la FIG. 9) para alimentar un fluido de la columna de alta presión 1 a la columna de baja presión 2 se conecta a la porción de tubo superior 8b de las porciones de tubo paralelas. Un conducto 30 (referencia a la FIG. 9) para alimentar un fluido de la columna de baja presión 2 a la columna de alta presión 1 está conectado a la porción de tubo inferior 8a.

30 Se describirá a continuación una operación del intercambiador de calor 8 en la unidad colectora de líquido 2e.

En este aparato de destilación, un líquido de materia prima desciende desde la parte superior de columna 2c de la columna de baja presión 2 a través de un plato o una capa de relleno. Este líquido 10 (referencia a la FIG. 10) permanece en la unidad colectora de líquido 2e sobre el plato de chimenea para colector 15 que está localizado en un nivel arbitrario (en particular, en un nivel en el interior de la sección de agotamiento). El tubo con forma de U del intercambiador de calor 8 del tipo haz de tubos se coloca en la unidad colectora de líquido 2e y, por tanto, el tubo con forma de U se sumerge en el líquido 10. En este estado, cuando el vapor de alta temperatura presente en el interior de la columna de alta presión 1 se introduce a través del conducto 29 en la porción de tubo superior 8b del intercambiador de calor 8, una parte del líquido 10 en contacto con la pared exterior de las porciones de tubo 8b y 40 8a, a través de las que se mueve el vapor de alta temperatura, se calienta para convertirse en vapor 18 y asciende (referencia a la FIG. 10). Además, el vapor de alta temperatura que se ha introducido desde el conducto 29 en el intercambiador de calor 8 cambia para dar un fluido que es una mezcla de una fase líquida y una fase gas, mientras que el vapor se mueve a través de la porción de tubo superior 8b y después a través de la porción de tubo inferior 8a. Entonces, este fluido atraviesa el conducto 30 localizado en el exterior de la columna de baja presión que se va a 45 introducir en un nivel por encima de una placa de división 16 de la columna de alta presión 1 que se describe más adelante (referencia a la FIG. 9). Una parte por encima de la placa de división 16 se ajusta para tener una menor presión de servicio que una parte por debajo de la placa de división 16, y el fluido se hace circular por esta diferencia de presión. Para tal circulación de fluido no se necesita ningún medio de alimentación a presión, tal como una bomba, en esta configuración ya que es la misma que en el Ejemplo de configuración 1).

50 En otras palabras, debido a que el nivel predeterminado (en particular, el nivel en el interior de la sección de rectificación) de la columna de alta presión 1 está conectado a la porción de tubo superior 8b del intercambiador de calor 8 en la columna de baja presión 2 a través del conducto 29 y debido a que la porción de tubo inferior 8a del intercambiador de calor 8 en la columna de baja presión 2 está conectada al nivel predeterminado de la columna de 55 alta presión 1 a través del conducto 30, el vapor de alta presión presente en la columna de alta presión 1 asciende hacia el intercambiador de calor 8 de la columna de baja presión 2 a través del conducto 29 debido a la diferencia de presión entre las partes por debajo y por encima de la placa de división 16. Como resultado, el líquido condensado del vapor en el interior del intercambiador de calor 8 es empujado entonces fuera de la columna de baja presión 2 al conducto 30 localizado en el exterior de la columna de baja presión y, después, desciende a la columna de alta presión 1 por gravedad. Por tanto, no es necesario ningún medio de alimentación a presión, tal como una bomba. 60

Además se describirá la columna de alta presión 1 de este ejemplo.

65 También con respecto a la columna de alta presión 1, los componentes que acompañan al fondo de columna 1a y a la parte superior de columna 1c (tales como el condensador 7 y los conductos 23, 26 y 28) son los mismos que los usados en el Ejemplo de configuración 1) como se muestra en la FIG. 9, pero los componentes relacionados con la

sección con platos 1b (o la sección de lecho de relleno) son diferentes de los del Ejemplo de configuración 1). Específicamente, la sección con platos 1b (o la sección de lecho de relleno) de la columna de alta presión 1 está completamente dividida en niveles superior e inferior por una placa de división 16 en una posición (en particular, una posición en el interior de la sección de rectificación) localizada en parte a lo largo de la sección con platos 1b. El nivel directamente por debajo de la placa de división 16 se comunica con un conducto 29. El vapor ascendente en este nivel se transfiere, a través del conducto 29 que se extiende en la dirección vertical, a la porción de tubo superior 8b del intercambiador de calor 8 colocado en la unidad colectora de líquido 2e de la columna de baja presión 2.

Se inserta, en el nivel superior de la placa de división 16, un conducto 30 desde la columna de baja presión 2 a través de la pared de carcasa de la columna de alta presión 1. Un fluido que es una mezcla de vapor y líquido se introduce en el nivel superior de la placa de división 16 a través de este conducto 30, y el vapor asciende mientras que el líquido desciende para permanecer sobre la placa de división 16. El vapor ascendente alcanza la parte superior de columna 1c y, entonces, el vapor atraviesa el conducto 28 para ser refrigerado por el condensador 7. Como resultado se obtiene un líquido destilado rico en componentes con alta volatilidad.

Además, los dos niveles verticalmente adyacentes entre sí con la placa de división 16 intercalada entre los mismos se pueden comunicar uno con otro a través de un conducto 31 que tiene una válvula de control 17. El líquido retenido sobre la placa de división 16 se alimenta al nivel por debajo de la placa de división 16 mediante una operación de apertura de la válvula de control 17 cuando sea apropiado.

Como se ha descrito anteriormente, en este ejemplo se puede retirar calor de la columna de alta presión 1 (en particular, de la sección de rectificación) que se va a transferir a la columna de baja presión 2 (en particular, a la sección de agotamiento) mediante la retirada de vapor de la columna de alta presión 1 (en particular, de la sección de rectificación) a través del conducto 29 al exterior de la columna e introduciendo el vapor en el intercambiador de calor 8 en la columna de baja presión 2 (en particular, en la sección de agotamiento). Un sistema de transferencia de calor que usa los conductos 29 y 30 y el intercambiador de calor 8, como es el caso de este ejemplo, está configurado como si estuviese instalado un condensador lateral en un nivel arbitrario (en particular, un nivel en el interior de la sección de rectificación) de la columna de alta presión 1 y, simultáneamente, como si estuviese instalado un rehervidor lateral en un nivel arbitrario (en particular, un nivel en el interior de la sección de agotamiento) de la columna de baja presión 2. Por tanto, en comparación con un aparato de destilación que no incluye tal sistema de transferencia de calor, se puede reducir la cantidad de calor retirado en el condensador 7 de la columna de alta presión 1 y se puede reducir la cantidad de calor suministrado al rehervidor 3 de la columna de baja presión 2. Como resultado, se puede proporcionar un aparato de destilación que tiene una eficiencia energética extremadamente alta.

La FIG. 9 muestra únicamente un sistema de transferencia de calor. Sin embargo, también en este ejemplo, el número de sistema o sistemas de transferencia de calor que se va a instalar y las localizaciones del intercambiador o los intercambiadores de calor y los conductos se puede determinar arbitrariamente de acuerdo con la especificación del diseño como en el Ejemplo de configuración 1).

[Ejemplos]

A continuación se describirá con detalle la presente invención con referencia a los ejemplos, pero no se limita a los mismos.

Con respecto a cada uno de los aparatos mostrados en las FIGS. 3 a 5 se muestra la temperatura de servicio (°C) en un rectángulo correspondiente, la presión de servicio (kPaA) se muestra en un cuadrado correspondiente rotado 45° y el rendimiento de calor (MW) se muestra en una elipse correspondiente. En el presente documento, el "rendimiento de calor" significa la cantidad de calor intercambiado (por unidad de tiempo) si se lleva a cabo el intercambio de calor en un rehervidor o significa la cantidad de calor de combustible consumido (por unidad de tiempo) si se realiza el calentamiento mediante un horno de calentamiento. Y con respecto a un compresor, el "rendimiento de calor" se corresponde con un valor de energía consumida calculado en términos de energía primaria (valor en términos de energía primaria = potencia ÷ 0,366). Además, cada rendimiento de calor se muestra como un valor relativo obtenido asumiendo que el rendimiento de calor de un horno de calentamiento de una columna de xileno de alta presión 502b de la FIG. 5 (Ejemplo Comparativo) es 100.

Aparte de esto, en estos dibujos, un círculo con el cual intersecan dos líneas (flechas) representa un rehervidor (una estructura de intercambio de calor). Una letra, tal como R o T, descrita en el interior del círculo significa que un fluido usado como la fuente de calor del correspondiente rehervidor es el siguiente:

R: vapor de cabeza de una columna de refinado de alta presión 106b (o un fluido de fondo de columna de la columna de refinado de alta presión si un valor numérico del rendimiento de calor va seguir por "(*)");
 T: vapor de cabeza de una columna de tolueno 110;
 S: vapor (en la FIG. 4, vapor con una temperatura de saturación de 185 °C generado por un condensador de una columna de xileno de alta presión 102b: en la FIG. 5, vapor con una temperatura de saturación de 185 °C

generado por una columna de xileno de baja presión 502a y una columna de refinado 506);
 X: vapor de cabeza de una columna de xileno de alta presión 502b; y
 E: vapor de cabeza de una columna de extracto 504.

- 5 Con respecto a los círculos correspondientes a estructuras de intercambio de calor, se muestran solamente las implicadas en el efecto múltiple en los dibujos. No se muestran los condensadores de cabeza, los intercambiadores de calor usados para precalentar columnas de destilación y similares.

Además, en estos dibujos, las abreviaturas "LPS", "MPS" y "HPS" se refieren a los siguientes vapores:

10

LPS: vapor de baja presión (temperatura de saturación: 150 °C);
 MPS: vapor de presión media (temperatura de saturación: 185 °C); y
 HPS: vapor de alta presión (temperatura de saturación: 250 °C).

- 15 Por ejemplo, un separador de reformado de baja presión 101a de la FIG. 3 (Ejemplo 1) tiene una temperatura de parte superior de columna de 110 °C, una temperatura de fondo de columna de 173 °C y una presión en el interior de la columna de 150 kPaA. Existen dos tipos de rendimientos de calor para este separador, es decir, la cantidad de calor intercambiado con vapor de cabeza de una columna de refinado de alta presión 106b es 10,3 MW y la cantidad de calor intercambiado con vapor intermedio es 2,3 MW. Por tanto, el calor en una cantidad de 12,6 MW en total se
 20 suministra a este separador de reformado de baja presión.

[Ejemplo 1]

- 25 La FIG. 3 muestra un flujo de proceso y condiciones de servicio (temperaturas, presiones y rendimientos de calor) empleadas en el Ejemplo 1. Un separador de reformado de baja presión 101a se opera a una presión de 150 kPaA, usa vapor de cabeza de una columna de refinado de alta presión 106b como una parte de la fuente de calor de su rehedidor y usa vapor de presión media como el resto de la fuente de calor. Un separador de reformado de alta presión 101b se opera a una presión de 350 kPaA y usa vapor de baja presión como la fuente de calor de su rehedidor.

30

Como una columna de xileno, se aplica una HiDiC que incluye una columna de xileno de baja presión 102a y una columna de xileno de alta presión 102b. La columna de xileno de baja presión se opera a una presión de 170 kPaA y usa vapor de alta presión como la fuente de calor de un rehedidor proporcionado en su interior. La columna de xileno de alta presión se opera a una presión de 370 kPaA. Para efectuar el intercambio de calor interno entre la
 35 columna de xileno de baja presión (en particular, una sección de agotamiento incluida en la columna de xileno de baja presión) y la columna de xileno de alta presión (en particular, una sección de rectificación incluida en la columna de xileno de alta presión), se proporcionan cuatro intercambiadores de calor E1 a E4 dentro de los separadores de reformado de baja presión o de alta presión.

- 40 A continuación se describirá una operación de la columna de xileno de baja presión 102a y la columna de xileno de alta presión 102b. Una fracción separada por el separador de reformado de baja presión y enriquecida en un componente de hidrocarburo aromático que tiene 8 o más átomos de carbono (es decir, un reformado pesado) se suministra a la columna de xileno de baja presión 102a en una posición localizada por encima del intercambiador de calor E1. Antes de ser suministrado a la columna de xileno de baja presión, el líquido del fondo de la columna del
 45 separador de reformado de baja presión se mezcla con un líquido de fondo de columna (compuestos aromáticos C8+) de una columna de tolueno 110. Por otro lado, se suministra un fluido de un proceso de isomerización a la columna de xileno de alta presión 102b en una posición alrededor de un nivel medio de la misma.

- Desde una posición por debajo de la posición de alimentación del líquido de fondo de columna del separador de reformado de baja presión (y por debajo del intercambiador de calor E1 y por encima del intercambiador de calor E2), se retira un líquido interno de la columna de xileno de baja presión (no mostrado; esta posición para retirar el fluido se denomina la "posición de retirada de E3"). El líquido interno retirado se calienta mediante el intercambiador de calor E3 (E3 está localizado por encima de la posición de alimentación del fluido suministrado del proceso de isomerización) y el fluido calentado se devuelve a una posición por debajo de la posición de retirada de E3 y por
 50 encima del intercambiador de calor E2 (esta posición para devolver el fluido se denomina la "posición de devolución de E3"). La estructura de intercambio de calor interior que se describe en el presente documento es similar a la estructura de intercambio de calor interior mostrada en la FIG. 6, y E3 se corresponde con el intercambiador de calor 8 mostrado en la FIG. 6.

- 60 Además, independientemente de la retirada de líquido que se ha mencionado anteriormente, se retira un líquido interno de la columna de xileno de baja presión de una posición por debajo de la posición de devolución de E3 y por encima del intercambiador de calor E2 (no mostrado; esta posición para retirar el fluido se denomina la "posición de retirada de E4"). El líquido interno retirado de este modo se calienta mediante el intercambiador de calor E4 (E4 se localiza por debajo de la posición de alimentación del fluido suministrado del proceso de isomerización en la columna de xileno de alta presión), y el fluido calentado se devuelve a una posición por debajo de la posición de
 65 retirada de E4. La estructura de intercambio de calor interior que se describe en el presente documento es también

similar a la estructura de intercambio de calor interior mostrada en la FIG. 6, y el intercambiador de calor E4 se corresponde también con el intercambiador de calor 8 mostrado en la FIG. 6.

5 A partir de una posición por encima del intercambiador de calor E3 localizado por encima de la posición de alimentación del fluido suministrado del proceso de isomerización, se retira vapor de cabeza de la columna de xileno de alta presión (no mostrado; esta posición para retirar el fluido se denomina la "posición de retirada de E1"), y el vapor retirado se enfría por el intercambiador de calor E1 localizado por encima de la posición de retirada de E3. El fluido interno enfriado de este modo de la columna de xileno de alta presión se refrigera adicionalmente mediante un condensador (no mostrado) de la columna de xileno de baja presión para convertirse en un líquido condensado. Una
10 parte del líquido condensado se descarga de la HIDiC para suministrarse a una columna de adsorción 103, y el resto del líquido condensado se devuelve a la columna de xileno de alta presión en una posición por encima de la posición de retirada de E1. La estructura de intercambio de calor descrita en el presente documento es similar a la estructura de intercambio de calor interior mostrada en la FIG. 9 y el intercambiador de calor E1 se corresponde con el intercambiador de calor 8 de la FIG. 9.

15 Un líquido del fondo de la columna de xileno de alta presión se retira de una posición por debajo del intercambiador de calor E4 y se suministra a la parte superior de columna de la columna de xileno de baja presión. El vapor de cabeza de la columna de xileno de baja presión se comprime mediante un compresor C (correspondiente al compresor 4 mostrado en la FIG. 6 o 9) y después se refrigera mediante el intercambiador de calor E2 localizado en
20 el fondo de columna de la columna de xileno de baja presión (sin embargo, el fluido de salida del compresor C que pasa a través del intercambiador de calor E2 no se muestra). Después de esto, este fluido se suministra a la columna de xileno de alta presión en una posición por encima de una posición de retirada del líquido del fondo de la columna y por debajo del intercambiador de calor E4.

25 Se efectúa un intercambio de calor interno entre el fluido interno de la columna de xileno de baja presión (en particular, la sección de agotamiento incluida en la columna de xileno de baja presión) y el fluido interno de la columna de xileno de alta presión (en particular, la sección de rectificación incluida en la columna de xileno de alta presión) en cuatro posiciones. En la columna de xileno de baja presión, el intercambio de calor interno se realiza en
30 cuatro posiciones por debajo de un nivel en el que se suministra el fluido de fondo de la columna del separador de reformado de baja presión. En la columna de xileno de alta presión, el intercambio de calor interno se realiza en una posición por encima de un nivel en el que se suministra el fluido del proceso de isomerización y en una posición por debajo de este nivel, así como para el vapor de cabeza de la columna de xileno de alta presión y para un gas descargado del compresor.

35 Específicamente, el vapor de cabeza de la columna de xileno de alta presión atraviesa el intercambiador de calor E1 (que está localizado en la posición más alta entre las cuatro posiciones del intercambio de calor interno en la columna de xileno de baja presión) para efectuar el intercambio de calor con el fluido presente en la columna de xileno de baja presión. Una parte del vapor de cabeza refrigerado de este modo se condensa y el resto se condensa en su totalidad por el intercambiador de calor (condensador) dispuesto aguas abajo.

40 El líquido interno retirado de la posición de retirada de E3 (que se corresponde con la segunda posición más alta entre las cuatro posiciones del intercambio de calor interno en la columna de xileno de baja presión) atraviesa el intercambiador de calor E3 proporcionado en la columna de xileno de alta presión, a fin de efectuar el intercambio de calor con el fluido presente en la columna de xileno de alta presión. El fluido interno calentado de este modo se
45 devuelve a una posición por debajo de la posición de retirada de E3.

El líquido interno retirado de la posición de retirada de E4 (que se corresponde con la tercera posición más alta de las cuatro posiciones del intercambio de calor interno en la columna de xileno de baja presión) atraviesa el intercambiador de calor E4 proporcionado en la columna de xileno de alta presión, a fin de efectuar el intercambio de calor con el fluido presente en la columna de xileno de alta presión. El fluido interno calentado de este modo se
50 devuelve a una posición por debajo de la posición de retirada de E4.

El vapor de cabeza de la columna de xileno de baja presión se comprime mediante el compresor y después atraviesa el intercambiador de calor E2 (que está localizado en la posición más baja entre las cuatro posiciones del
55 intercambio de calor interno en la columna de xileno de baja presión), a fin de efectuar el intercambio de calor con el fluido presente en la columna de xileno de baja presión. El vapor refrigerado de este modo se suministra al nivel más bajo de la columna de xileno de alta presión.

60 Como un vapor de cabeza de la HIDiC, el vapor de cabeza de la columna de xileno de alta presión 102b (es decir, una fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono) se suministra a la columna de adsorción 103 después de la condensación como se ha descrito anteriormente. Como un líquido de fondo de columna de la HIDiC, una fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 9 o más átomos de carbono se descarga del fondo de columna de la columna de xileno de baja presión 102a.

65 La fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono separada por la HIDiC se separa entonces, mediante la columna de adsorción 103, en un extracto, es decir, una fracción enriquecida en para-

xileno y un desorbente, y un refinado, es decir, una fracción enriquecida en un isómero o isómeros de xileno distintos del para-xileno y el desorbente. El extracto separado se suministra a una columna de extracto 104, y el refinado separado se suministra a una columna de refinado de baja presión y a una columna de refinado de alta presión.

5 La columna de extracto 104 se opera a una presión de 37 kPaA y usa el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión como la fuente de calor de su rehervidor.

10 La columna de refinado de baja presión se opera a una presión de 37 kPaA y usa el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión como la fuente de calor de su rehervidor. La columna de refinado de alta presión se opera a una presión de 500 kPaA e incluye un horno de calentamiento F (con un rendimiento de calor de 44,8 MW) como un rehervidor.

15 La columna de purificación de para-xileno 105 se opera a una presión de 150 kPaA y usa el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión como una parte de la fuente de calor de su rehervidor. Como el resto de la fuente de calor se usa un fluido del fondo de columna de la columna de refinado de alta presión (no mostrado). El rendimiento de calor del rehervidor es 7,5 MW en total como una suma de estas dos fuentes de calor.

20 La columna de pre-refinado 107 se opera a una presión de 180 kPaA y usa un fluido del fondo de columna de la columna de refinado de alta presión como la fuente de calor de su rehervidor.

25 El reformado ligero separado por el separador de reformado de alta presión 101b se suministra a un aparato de extracción de compuestos aromáticos 108, a fin de separarse en hidrocarburos aromáticos e hidrocarburos no aromáticos. Los hidrocarburos aromáticos separados se mezclan con una corriente de un proceso de desproporción y tolueno en bruto separado por la columna de purificación de para-xileno 105 y después se suministra a una columna de benceno 109.

La columna de benceno 109 se opera a una presión de 150 kPaA y usa el vapor de cabeza de la columna de tolueno como la fuente de calor de su rehervidor.

30 La columna de tolueno 110 se opera a una presión de 730 kPaA y usa aceite caliente (300 °C) como la fuente de calor de su rehervidor.

35 El balance de calor y material del aparato de producción de hidrocarburos aromáticos que se ha descrito anteriormente se calculó, dando como resultado el hallazgo de que la cantidad de combustible necesario se puede reducir en aproximadamente el 50 % en comparación con el del Ejemplo Comparativo que se describe más adelante. El consumo total de energía, en concreto, una suma de la cantidad del combustible necesario, la cantidad de electricidad consumida por el compresor usado en la HIDiC y la cantidad de vapor usado en el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos se reduce en aproximadamente el 4 % en comparación con el del Ejemplo Comparativo.

40 Ya que el compresor se usa en la columna de xileno en la presente invención, la energía eléctrica se convierte en términos de vapor para la comparación del consumo de energía.

45 En el Ejemplo 1 se aplica el efecto múltiple solo a las columnas de destilación para el proceso de producción de xileno (en concreto, el separador de reformado, la columna de extracto, la columna de purificación de para-xileno, la columna de pre-refinado y la columna de refinado de baja presión). Por lo tanto, en comparación con el Ejemplo 2, el Ejemplo 1 tiene ventajas en la capacidad operativa. Además, debido a que la columna de refinado de baja presión se proporciona en el Ejemplo 1, este ejemplo tiene una ventaja en la capacidad operativa debido al control de la relación de distribución que se ha descrito anteriormente.

50 [Ejemplo 2]

55 La FIG. 4 muestra un flujo de proceso y condiciones de servicio (temperaturas, presiones y rendimientos de calor) del Ejemplo 2. En este ejemplo, un flujo de proceso que puede reducir adicionalmente el consumo total de energía en comparación con lo conseguido en el Ejemplo 1 se construyó cambiando las fuentes de calor de los rehervidores de una columna de benceno y una columna de tolueno. Específicamente, la presión de servicio de la columna de tolueno se cambió y se usó el vapor de cabeza de una columna de refinado de alta presión como la fuente de calor del rehervidor de la columna de tolueno. Ya que el rendimiento de calor de efecto múltiple aumentó, se aumentó una cantidad de distribución del refinado a la columna de refinado de alta presión para el ajuste. Como resultado, se encontró que la reducción del consumo total de energía conseguida proporcionando una columna de refinado de baja presión se redujo. Por lo tanto, desde el punto de vista de la reducción de los costes de inversión, la columna de refinado de baja presión usada en el Ejemplo 1 no se proporciona y solo se proporciona la columna de refinado de alta presión como la columna de refinado en el Ejemplo 2. Además, con respecto a la columna de tolueno se cambia la presión de servicio y se cambia la configuración del efecto múltiple (la fuente de calor del rehervidor).

65 Aparte, se genera vapor de presión media con una temperatura de saturación de 185 °C mediante un condensador de la columna de xileno de alta presión 102b y se usa como las fuentes de calor de los rehervidores del separador

de reformado de baja presión, del separador de reformado de alta presión y de la columna de benceno. Excepto por estos cambios se emplea la misma configuración que en el Ejemplo 1 en este ejemplo. Se calculó el balance de calor y material para este ejemplo.

5 El separador de reformado de baja presión 101a se opera a una presión de 150 kPaA y se usa el vapor de cabeza de la columna de refinado de alta presión 106b como una parte de la fuente de calor de su rehedidor y, como el resto de la fuente de calor, se usa el vapor de presión media generado por el condensador de la columna de xileno de alta presión 102b. El separador de reformado de alta presión 101b se opera a una presión de 350 kPaA y usa el vapor de presión media generado por la columna de xileno de alta presión 102b como la fuente de calor de su rehedidor.

10 La HIDiC se emplea como una columna de xileno y la columna de xileno de baja presión 102a se opera a una presión de 170 kPaA y usa el vapor de alta presión como la fuente de calor del rehedidor proporcionado en su interior. La columna de xileno de alta presión 102b se opera a una presión de 370 kPaA. Para efectuar el intercambio de calor interno entre la columna de xileno de baja presión y la columna de xileno de alta presión, se proporcionan los cuatro intercambiadores de calor. El condensador proporcionado para la columna de xileno de alta presión se usa para generar el vapor de presión media.

15 La columna de extracto 104 se opera a una presión de 37 kPaA y usa el vapor de cabeza de la columna de refinado como la fuente de calor de su rehedidor.

20 La columna de refinado 106b se opera a una presión de 500 kPaA y está equipada con un horno de calentamiento F como el rehedidor.

25 La columna de purificación de para-xileno 105 se opera a una presión de 150 kPaA y se usa el vapor de cabeza de la columna de refinado como una parte de la fuente de calor de su rehedidor. Como el resto de la fuente de calor se usa el fluido del fondo de columna de la columna de refinado de alta presión (no mostrado). El rendimiento de calor del rehedidor es 7,5 MW en total como una suma de estas dos fuentes de calor.

30 La columna de pre-refinado 107 se opera a una presión de 180 kPaA y usa el fluido del fondo de columna de la columna de refinado como la fuente de calor de su rehedidor.

35 La columna de benceno 109 se opera a una presión de 150 kPaA y usa el vapor de presión media generado por el condensador de la columna de xileno de alta presión como la fuente de calor de su rehedidor.

La columna de tolueno 110 se opera a una presión de 150 kPaA y usa el vapor de cabeza de la columna de refinado como la fuente de calor de su rehedidor.

40 Se calculó el balance de calor y material del aparato de producción de hidrocarburos aromáticos que se ha descrito anteriormente, dando como resultado el hallazgo de que la cantidad de combustible necesario se puede reducir en aproximadamente el 40 % en comparación con el del Ejemplo Comparativo que se describe más adelante. El consumo total de energía, es decir, una suma de la cantidad de combustible necesario, la cantidad de electricidad consumida por el compresor usado en la HIDiC y la cantidad de vapor usado en el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos se reduce en aproximadamente el 14 % en comparación con el del Ejemplo Comparativo.

45 Ya que el compresor se usa en la columna de xileno (la HIDiC) en la presente invención, la cantidad de electricidad se convierte en términos de vapor para la comparación del consumo de energía.

50 En el Ejemplo 2, el efecto múltiple se aplica no solo a las columnas de destilación para el proceso de producción de xileno (en concreto, el separador de reformado, la columna de extracto, la columna de purificación de para-xileno y la columna de pre-refinado), pero también a la columna de benceno y la columna de tolueno. Por lo tanto, en comparación con el Ejemplo 1, el Ejemplo 2 es ventajoso en el ahorro de energía.

[Ejemplo Comparativo]

55 Como un Ejemplo Comparativo se adopta un proceso desvelado en el documento US2012/0048711A1.

60 En este Ejemplo Comparativo se calculó el balance de calor y material para un proceso mostrado en la FIG. 5. Como se muestra en la FIG. 5, una columna de xileno no es una HIDiC pero incluye dos columnas de destilación dispuestas en paralelo, en concreto una columna de xileno de baja presión 502a y una columna de xileno de alta presión 502b. Además, un separador de reformado 501 se configura con una columna de destilación y, por lo tanto, los componentes de gas licuado de petróleo (GLP) y un reformado ligero no se separan pero se suministran a un proceso de extracción de compuestos aromáticos conjuntamente. Un aparato de extracción de compuestos aromáticos 508, una columna de benceno 509 y una columna de tolueno 510 son iguales que las del Ejemplo 1 (aunque sus condiciones de servicio y la configuración del efecto múltiple son diferentes). Además, una columna de refinado 506 está configurada con una columna de destilación. Un refinado obtenido de una columna de adsorción

503 se suministra a la columna de refinado 506, una parte del líquido del fondo de columna de la columna de refinado se suministra a una columna de pre-refinado 507 y el vapor de cabeza de la columna de pre-refinado se devuelve a la columna de refinado.

5 Un reformado pesado obtenido del fondo de columna del separador de reformado 501 y una corriente del proceso de extracción de compuestos aromáticos (es decir, el líquido del fondo de columna de la columna de tolueno 510) se destilan en la columna de xileno de baja presión 502a, y una corriente del proceso de isomerización se destila en la columna de xileno de alta presión 502b. Un horno de calentamiento F se proporciona como un rehervidor de la columna de xileno de alta presión.

10 El vapor de cabeza de la columna de xileno de alta presión se usa como las fuentes de calor de los rehervidores de la columna de extracto 504 y la columna de xileno de baja presión 502a. Además, el vapor de cabeza de la columna de extracto se usa como las fuentes de calor de los rehervidores de la columna de benceno 509 y la columna de purificación de para-xileno 505, y los vapores de cabeza de la columna de xileno de baja presión y la columna de refinado se usan para generar vapor de presión media (temperatura de saturación: 185 °C).

15 El vapor generado mediante el uso de los vapores de cabeza de la columna de xileno de baja presión y la columna de refinado se usa como las fuentes de calor de los rehervidores del separador de reformado y la columna de tolueno 510. En este Ejemplo Comparativo, ya que el vapor generado mediante el uso de los vapores de cabeza de la columna de xileno de baja presión y la columna de refinado tiene una temperatura en un nivel comparativamente bajo, el vapor se genera en una cantidad en exceso más allá de la cantidad usada en el sistema y, por tanto, el exceso de vapor por ejemplo es comercializado en el mercado.

20 Los resultados (los rendimientos de calor) de los Ejemplos 1 y 2 y del Ejemplo Comparativo se muestran juntos en la tabla. Cada rendimiento de calor mostrado en la tabla, en concreto, el consumo de calor en cada aparato de producción de hidrocarburos aromáticos, es consumo de energía relativo calculado asumiendo que la cantidad de calor de combustible para el horno de calentamiento F usado como la fuente de calor del rehervidor de la columna de xileno de alta presión 502b que se muestra en el diagrama de flujo del Ejemplo Comparativo es 100.

30 Tabla

CONSUMO DE ENERGÍA (MW)	EJEMPLO COMPARATIVO	EJEMPLO 1	EJEMPLO 2
VAPOR DE BAJA PRESIÓN		1,4	0
VAPOR DE PRESIÓN MEDIA		2,3	0
VAPOR DE ALTA PRESIÓN		0,6	0,6
ENERGÍA (*)		25,4	25,4
ACEITE CALIENTE		21,9	0
COMBUSTIBLE PARA HORNO DE CALENTAMIENTO		44,8	59,6
Total	100	96,4	85,6
TASA DE AHORRO DE ENERGÍA (%)	0	3,6	14,4

*: convertido en términos de energía primaria

[Explicación de letras o números]

- 35 1: columna de alta presión (parte de alta presión, columna de xileno de alta presión)
 1a: fondo de columna
 1b: sección con platos (o sección de lecho de relleno)
 1c: parte superior de columna
 40 2: columna de baja presión (parte de baja presión, columna de xileno de baja presión)
 2a: fondo de columna
 2b: sección con platos (o sección de lecho de relleno)
 2c: parte superior de columna
 2d: unidad de retirada de líquido
 2e: unidad colectora de líquido
 45 3: calentador (rehervidor)
 4: compresor
 5: plato
 6: medio de alimentación a presión
 7: condensador
 50 8: intercambiador de calor del tipo haz de tubos
 5, 15: plato de chimenea para colector
 9: plato de chimenea para colector
 10, 12, 14: líquido
 11, 13, 18: vapor
 55 16: placa de división

	17: válvula de control
	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31: conducto
	101a: separador de reformado de baja presión
	101b: separador de reformado de alta presión
5	102: HiDiC (columna de xileno)
	102a: columna de xileno de baja presión de HiDiC
	102b: columna de xileno de alta presión de HiDiC
	103: columna de adsorción
	104: columna de extracto
10	105: columna de purificación de para-xileno
	106a: columna de refinado de baja presión
	106b: columna de refinado de alta presión
	107: columna de pre-refinado
	108: aparato de extracción de compuestos aromáticos
15	109: columna de benceno
	110: columna de tolueno
	201: separador de reformado
	202: columna de xileno
	203: columna de adsorción
20	204: columna de extracto
	205: columna de purificación de para-xileno
	206: columna de refinado
	207: columna de pre-refinado
	208: aparato de extracción de compuestos aromáticos
25	209: columna de benceno
	210: columna de tolueno
	501: separador de reformado
	502a: columna de xileno de baja presión
	502b: columna de xileno de alta presión
30	503: columna de adsorción
	504: columna de extracto
	505: columna de purificación de para-xileno
	506: columna de refinado
	507: columna de pre-refinado
35	508: aparato de extracción de compuestos aromáticos
	509: columna de benceno
	510: columna de tolueno
	C: compresor
	E1 a E4: intercambiador de calor interno
40	F: horno de calentamiento

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de producción de hidrocarburos aromáticos, que comprende:

5 un primer aparato de destilación (101a, 101b) que comprende una columna de destilación de baja presión (101a) configurada para ser operada a una presión relativamente baja y una columna de destilación de alta presión (101b) configurada para ser operada a una presión relativamente alta, que están dispuestas en serie, la columna de destilación de baja presión (101a) del primer aparato de destilación es una columna de destilación configurada para obtener, a partir de la materia prima, la fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono y la fracción enriquecida en un componente más ligero que los hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono, y
10 la columna de destilación de alta presión (101b) del primer aparato de destilación es una columna de destilación configurada para obtener, a partir de la fracción enriquecida en un componente más ligero que los hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono obtenida de la columna de destilación de baja presión del primer aparato de destilación, una fracción enriquecida en un hidrocarburo que tiene de 6 a 7 átomos de carbono y una fracción enriquecida en un componente más ligero que el hidrocarburo que tiene de 6 a 7 átomos de carbono;

20 un segundo aparato de destilación (102) configurado para obtener, mediante destilación, a partir de la fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono obtenida a partir del primer aparato de destilación, una fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono y una fracción enriquecida en un hidrocarburo aromático que tiene 9 o más átomos de carbono; un aparato de separación por adsorción (103) configurado para separar para-xileno, mediante separación por adsorción, a partir de la fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono obtenida a partir del segundo aparato de destilación (102) y para obtener un extracto y un refinado, siendo el extracto una corriente que contiene un desorbente y para-xileno y siendo el refinado una corriente que contiene el desorbente y un isómero de xileno distinto del para-xileno;
25 un tercer aparato de destilación (104) configurado para obtener, mediante destilación, a partir del extracto, una fracción enriquecida en para-xileno y una fracción enriquecida en el desorbente; y
30 un cuarto aparato de destilación (106a, 106b) configurado para obtener, mediante destilación, a partir del refinado, una fracción enriquecida en el isómero de xileno distinto del para-xileno y una fracción enriquecida en el desorbente,

35 en el que el segundo aparato de destilación (102) es una columna de destilación con integración de calor que comprende:

una parte de alta presión (1) que comprende la totalidad o una parte de una sección de rectificación y configurada para realizar contacto de gas-líquido a una presión relativamente alta;
40 una parte de baja presión (2) que comprende la totalidad o una parte de una sección de agotamiento y configurada para realizar contacto de gas-líquido a una presión relativamente baja;
una tubería (23), que comprende un medio de presurización (4), para dirigir un vapor de cabeza de la parte de baja presión a un fondo de la columna de la parte de alta presión;
una tubería (26) para dirigir un líquido del fondo de la columna de la parte de alta presión a una parte superior de la columna de la parte de baja presión; y
45 una estructura de intercambio de calor (2d, 8, 24, 25) configurada para transferir calor de la sección de rectificación a la sección de agotamiento, en donde

50 la parte de alta presión incluye la totalidad de la sección de rectificación y la parte de baja presión incluye la totalidad de la sección de agotamiento; o
la parte de baja presión incluye la totalidad de la sección de agotamiento y también una parte de la sección de rectificación, mientras que el resto de la sección de rectificación está incluida en la parte de alta presión; o
la parte de alta presión incluye la totalidad de la sección de rectificación y también una parte de la sección de agotamiento, mientras que el resto de la sección de agotamiento está incluida en la parte de baja presión.

55 2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos está configurado para usar un vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación (106a, 106b) como una fuente de calor de uno o más rehervidores seleccionados del grupo que consiste en un rehervidor proporcionado para la columna de destilación de baja presión del primer aparato de destilación (101a) y un rehervidor proporcionado para el tercer aparato de destilación (104).
60

65 3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además un quinto aparato de destilación (105) configurado para purificar, mediante destilación, para-xileno contenido en la fracción enriquecida en para-xileno obtenida del tercer aparato de destilación (104), en el que

el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos está configurado para usar el vapor de cabeza del cuarto

aparato de destilación (106a, 106b) como una fuente de calor de un rehervidor proporcionado para el quinto aparato de destilación (105).

4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que

5 el cuarto aparato de destilación comprende una columna de destilación de baja presión (106a) configurada para ser operada a una presión relativamente baja y una columna de destilación de alta presión (106b) configurada para ser operada a una presión relativamente alta, que están dispuestas en paralelo,
10 la columna de destilación de baja presión del cuarto aparato de destilación (106a) es una columna de destilación configurada para obtener, a partir de una parte del refinado, una fracción enriquecida en el isómero del xileno distinto del para-xileno y una fracción enriquecida en el desorbente,
15 la columna de destilación de alta presión del cuarto aparato de destilación (106b) es una columna de destilación configurada para obtener, a partir de otra parte del refinado, una fracción enriquecida en el isómero del xileno distinto del para-xileno y una fracción enriquecida en el desorbente y
el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación es un vapor de cabeza de la columna de destilación de alta presión (106b) del cuarto aparato de destilación.

5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la columna de destilación de alta presión del cuarto aparato de destilación comprende un rehervidor que está equipado con un horno de calentamiento.

6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en el que

20 el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos está configurado para usar el vapor de cabeza de la columna de destilación de alta presión del cuarto aparato de destilación (106b) como una fuente de calor de un rehervidor proporcionado para la columna de destilación de baja presión del cuarto aparato de destilación (106a).

7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, que comprende además:

30 un aparato de extracción de compuestos aromáticos (108) configurado para obtener, mediante extracción con disolvente, a partir de la fracción enriquecida en un hidrocarburo que tiene de 6 a 7 átomos de carbono obtenida de la columna de destilación de alta presión del primer aparato de destilación, una corriente enriquecida en un hidrocarburo aromático que tiene de 6 a 7 átomos de carbono y una corriente enriquecida en un hidrocarburo no aromático que tiene de 6 a 7 átomos de carbono;
35 un sexto aparato de destilación (109) configurado para obtener, mediante destilación, a partir de la corriente enriquecida en un hidrocarburo aromático que tiene de 6 a 7 átomos de carbono obtenida del aparato de extracción de compuestos aromáticos, una fracción enriquecida en benceno y una fracción enriquecida en un componente más pesado que el benceno; y
un séptimo aparato de destilación (110) configurado para obtener, mediante destilación, a partir de la fracción enriquecida en un componente más pesado que el benceno obtenida a partir del sexto aparato de destilación,
40 una fracción enriquecida en tolueno y una fracción enriquecida en un componente más pesado que el tolueno,
en el que el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos está configurado para usar el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación (106a) como una fuente de calor de un rehervidor proporcionado para el séptimo aparato de destilación (110).

45 8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 7,

en el que el cuarto aparato de destilación consiste en una única columna de destilación (106b) y el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación es un vapor de cabeza de esta única columna de destilación.

9. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que un octavo aparato de destilación (107) configurado para retirar, mediante destilación, una impureza contenida en el refinado se dispone entre el aparato de separación por adsorción (103) y el cuarto aparato de destilación.

10. Un método para operar un aparato de producción de hidrocarburos aromáticos,

55 en el que el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos comprende:

60 un primer aparato de destilación (101a, 101b) que comprende una columna de destilación de baja presión (101a) operada a una presión relativamente baja y una columna de destilación de alta presión (101b) operada a una presión relativamente alta, que están dispuestas en serie,
la columna de destilación de baja presión (101a) del primer aparato de destilación es una columna de destilación configurada para obtener, a partir de la materia prima, la fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono y la fracción enriquecida en un componente más ligero que los hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono, y
65 la columna de destilación de alta presión (101b) del primer aparato de destilación es una columna de destilación configurada para obtener, a partir de la fracción enriquecida en un componente más ligero que los hidrocarburos

aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono obtenida de la columna de destilación de baja presión del primer aparato de destilación, una fracción enriquecida en un hidrocarburo que tiene de 6 a 7 átomos de carbono y una fracción enriquecida en un componente más ligero que el hidrocarburo que tiene de 6 a 7 átomos de carbono;

5 un segundo aparato de destilación (102) configurado para obtener, mediante destilación, a partir de la fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 o más átomos de carbono obtenida a partir del primer aparato de destilación, una fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono y una fracción enriquecida en un hidrocarburo aromático que tiene 9 o más átomos de carbono;

10 un aparato de separación por adsorción (103) configurado para separar para-xileno, mediante separación por adsorción, a partir de la fracción enriquecida en hidrocarburos aromáticos que tienen 8 átomos de carbono obtenida a partir del segundo aparato de destilación (102) y para obtener un extracto y un refinado, siendo el extracto una corriente que contiene un desorbente y para-xileno y siendo el refinado una corriente que contiene el desorbente y un isómero de xileno distinto del para-xileno;

15 un tercer aparato de destilación (104) configurado para obtener, mediante destilación, a partir del extracto, una fracción enriquecida en para-xileno y una fracción enriquecida en el desorbente; y

un cuarto aparato de destilación (106a, 106b) configurado para obtener, mediante destilación, a partir del refinado, una fracción enriquecida en el isómero de xileno distinto del para-xileno y una fracción enriquecida en el desorbente,

20 en el que el método comprende realizar la destilación del segundo aparato de destilación (102) que usa una columna de destilación con integración de calor que comprende:

una parte de alta presión (1) que comprende la totalidad o una parte de una sección de rectificación y configurada para realizar contacto de gas-líquido a una presión relativamente alta;

25 una parte de baja presión (2) que comprende la totalidad o una parte de una sección de agotamiento y configurada para realizar contacto de gas-líquido a una presión relativamente baja;

una tubería (23), que comprende un medio de presurización (4), para dirigir un vapor de cabeza de la parte de baja presión a un fondo de la columna de la parte de alta presión;

una tubería (26) para dirigir un líquido del fondo de la columna de la parte de alta presión a una parte superior de la columna de la parte de baja presión; y

30 una estructura de intercambio de calor (2d, 8, 24, 25) configurada para transferir calor de la sección de rectificación a la sección de agotamiento, en donde

35 la parte de alta presión incluye la totalidad de la sección de rectificación y la parte de baja presión incluye la totalidad de la sección de agotamiento; o

la parte de baja presión incluye la totalidad de la sección de agotamiento y también una parte de la sección de rectificación, mientras que el resto de la sección de rectificación está incluida en la parte de alta presión; o

la parte de alta presión incluye la totalidad de la sección de rectificación y también una parte de la sección de agotamiento, mientras que el resto de la sección de agotamiento está incluida en la parte de baja presión

40 y en donde

el método comprende usar un vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación (106a, 106b) como una fuente de calor de uno o más rehedidores seleccionados del grupo que consiste en un rehedidor proporcionado para la columna de destilación de baja presión del primer aparato de destilación (101a) y un rehedidor proporcionado para el tercer aparato de destilación (104).

45 11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que

el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos comprende un quinto aparato de destilación (105) configurado para purificar, mediante destilación, el para-xileno contenido en la fracción enriquecida en para-xileno obtenida del tercer aparato de destilación (104) y

50 en donde el método comprende usar el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación (106a, 106b) como una fuente de calor de un rehedidor proporcionado para el quinto aparato de destilación.

12. El método de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que

55 el cuarto aparato de destilación comprende una columna de destilación de baja presión (106a) operada a una presión relativamente baja y una columna de destilación de alta presión (106b) operada a una presión relativamente alta, que están dispuestas en paralelo,

la columna de destilación de baja presión del cuarto aparato de destilación (106a) es una columna de destilación configurada para obtener, a partir de una parte del refinado, una fracción enriquecida en el isómero del xileno distinto del para-xileno y una fracción enriquecida en el desorbente,

60 la columna de destilación de alta presión (106b) del cuarto aparato de destilación es una columna de destilación configurada para obtener, a partir de otra parte del refinado, una fracción enriquecida en el isómero del xileno distinto del para-xileno y una fracción enriquecida en el desorbente y

65 en donde el método comprende usar un vapor de cabeza de la columna de destilación de alta presión del cuarto aparato de destilación (106b) como el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación.

13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en donde

5 el método comprende usar el vapor de cabeza de la columna de destilación de alta presión del cuarto aparato de destilación (106b) como una fuente de calor de un rehedidor proporcionado para la columna de destilación de baja presión del cuarto aparato de destilación (106a).

14. El método de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que

10 el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos comprende además:
un aparato de extracción de compuestos aromáticos (108) configurado para obtener, mediante extracción con disolvente, a partir de la fracción enriquecida en un hidrocarburo que tiene de 6 a 7 átomos de carbono obtenida de la columna de destilación de alta presión del primer aparato de destilación (101b), una corriente enriquecida en un hidrocarburo aromático que tiene de 6 a 7 átomos de carbono y una corriente enriquecida en un hidrocarburo no aromático que tiene de 6 a 7 átomos de carbono;
15 un sexto aparato de destilación (109) configurado para obtener, mediante destilación, a partir de la corriente enriquecida en un hidrocarburo aromático que tiene de 6 a 7 átomos de carbono obtenida del aparato de extracción de compuestos aromáticos (108), una fracción enriquecida en benceno y una fracción enriquecida en un componente más pesado que el benceno; y
20 un séptimo aparato de destilación (110) configurado para obtener, mediante destilación, a partir de la fracción enriquecida en un componente más pesado que el benceno obtenida a partir del sexto aparato de destilación (109), una fracción enriquecida en tolueno y una fracción enriquecida en un componente más pesado que el tolueno, y
en donde el método comprende usar el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación (106a) como una fuente de calor de un rehedidor proporcionado para el séptimo aparato de destilación (110).

25

15. El método de acuerdo con la reivindicación 14, en el que

30 el cuarto aparato de destilación consiste en una única columna de destilación (106b) y en donde el método comprende usar un vapor de cabeza de esta única columna de destilación como el vapor de cabeza del cuarto aparato de destilación.

16. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, en el que

35 el aparato de producción de hidrocarburos aromáticos comprende, entre el aparato de separación por adsorción y el cuarto aparato de destilación (106a, 106b), un octavo aparato de destilación (107) configurado para retirar, mediante destilación, una impureza contenida en el refinado.

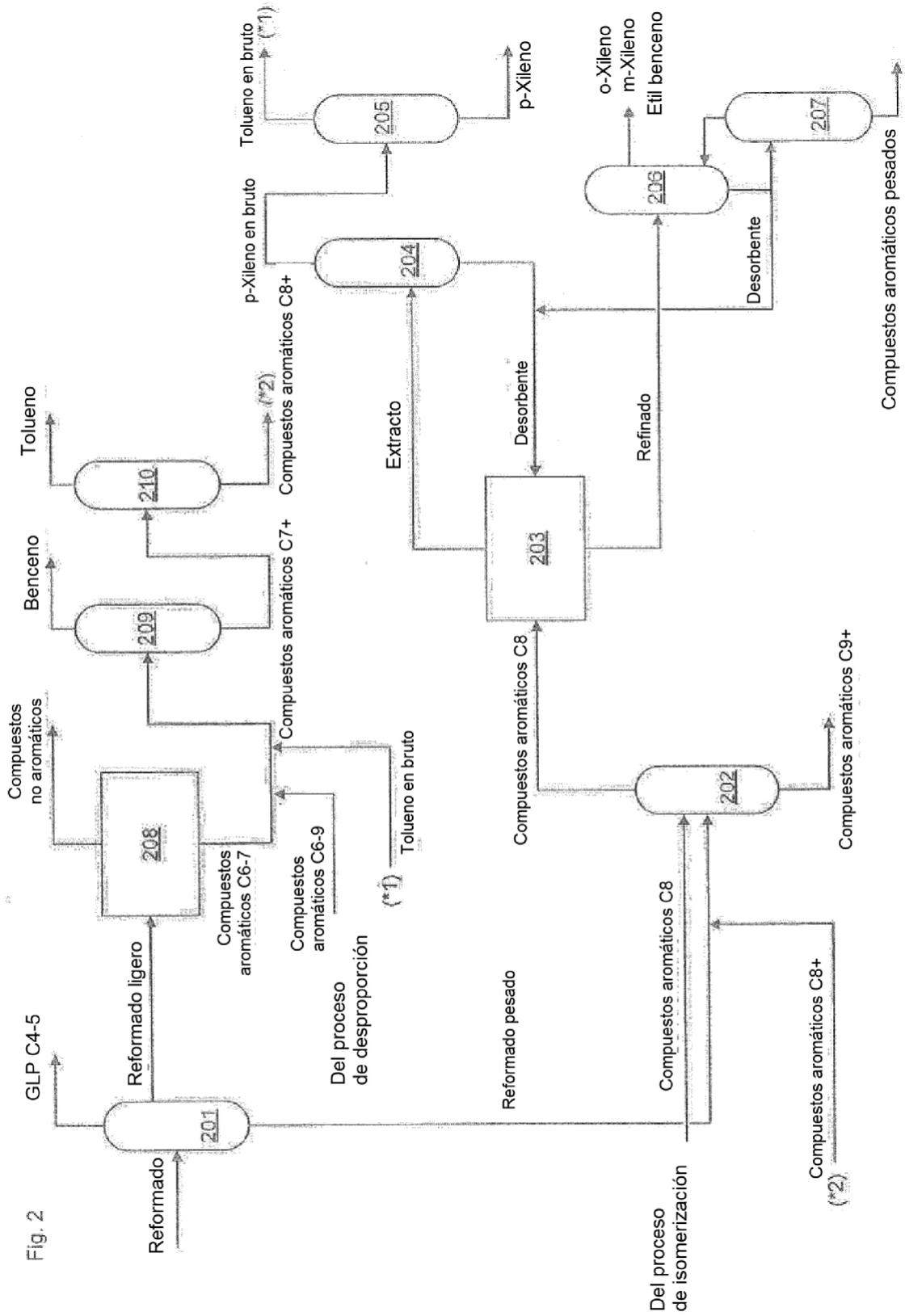


Fig. 2

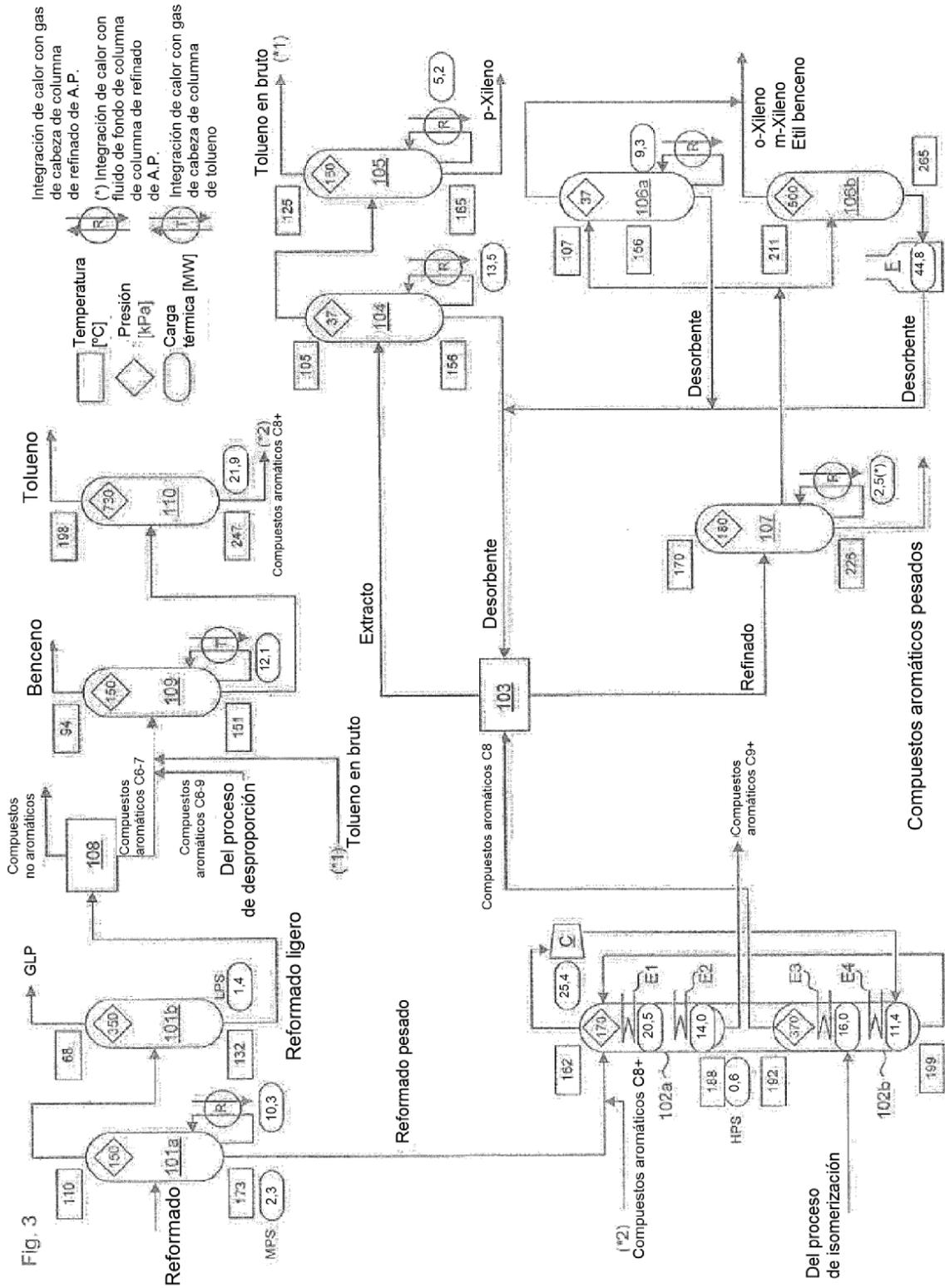


Fig. 6

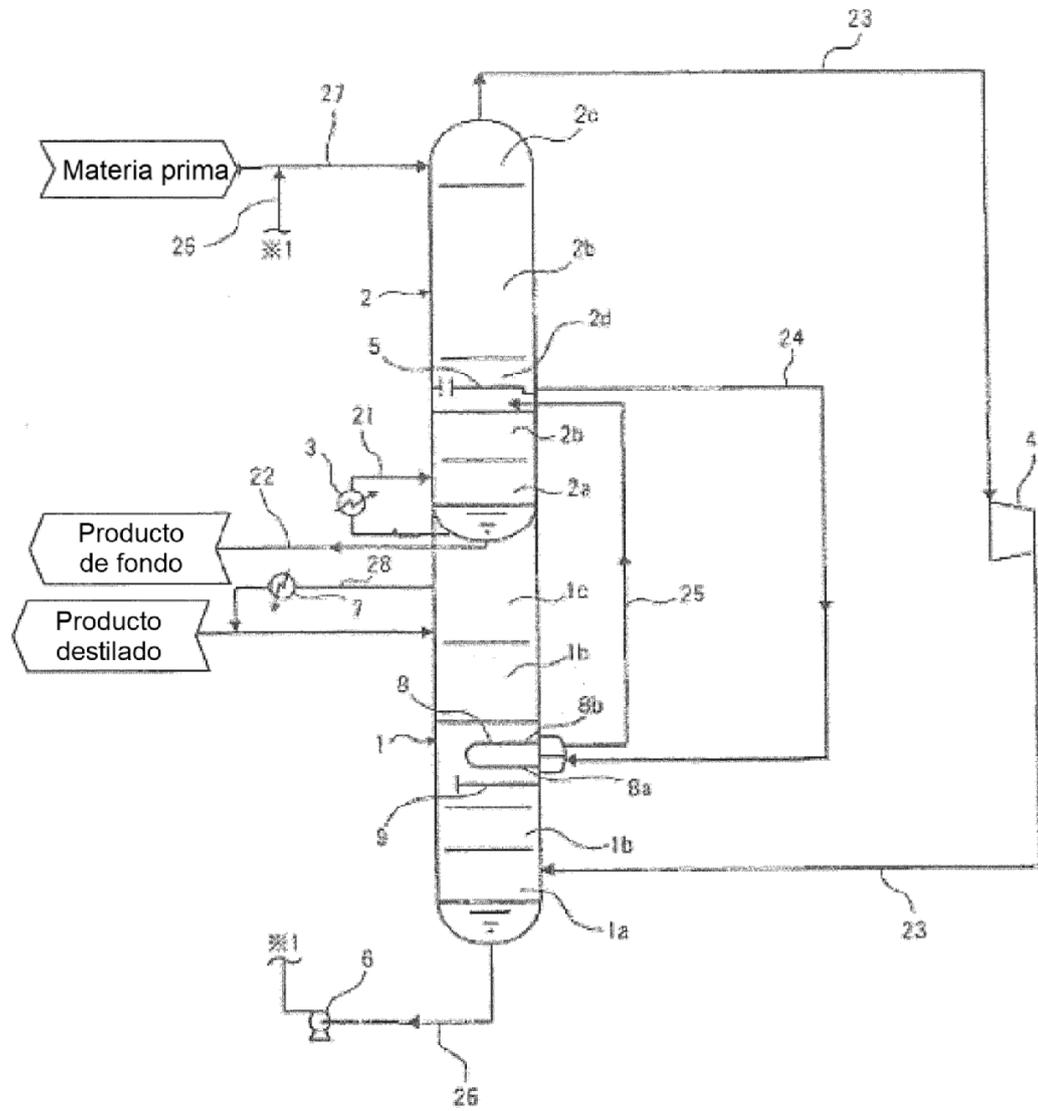


Fig. 7

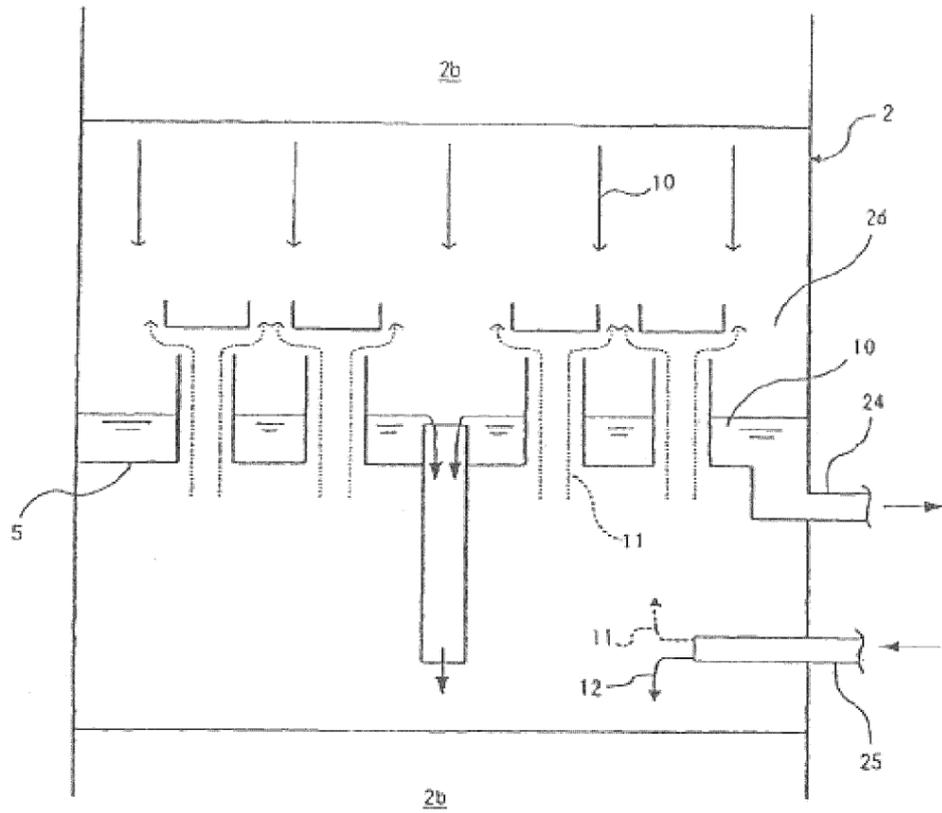


Fig. 8

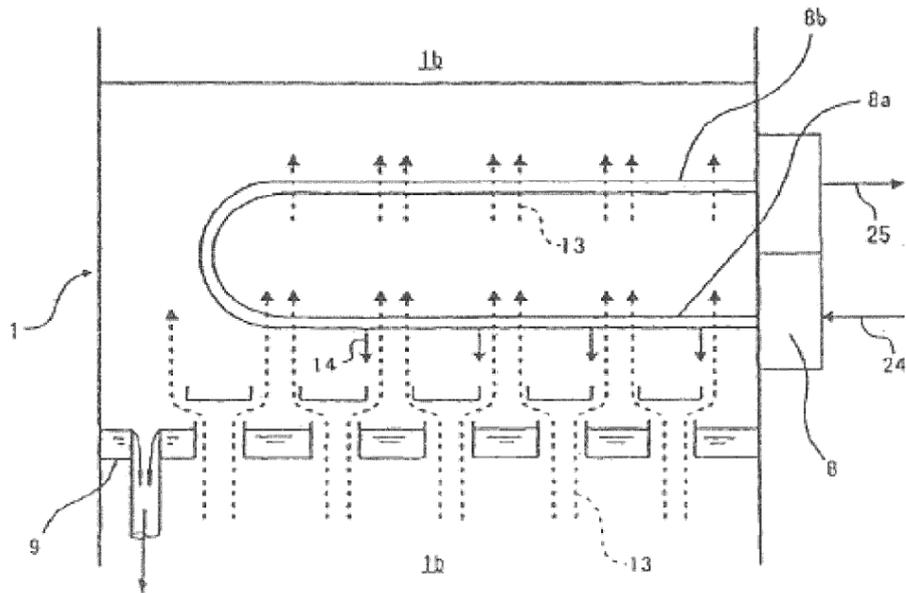


Fig. 9

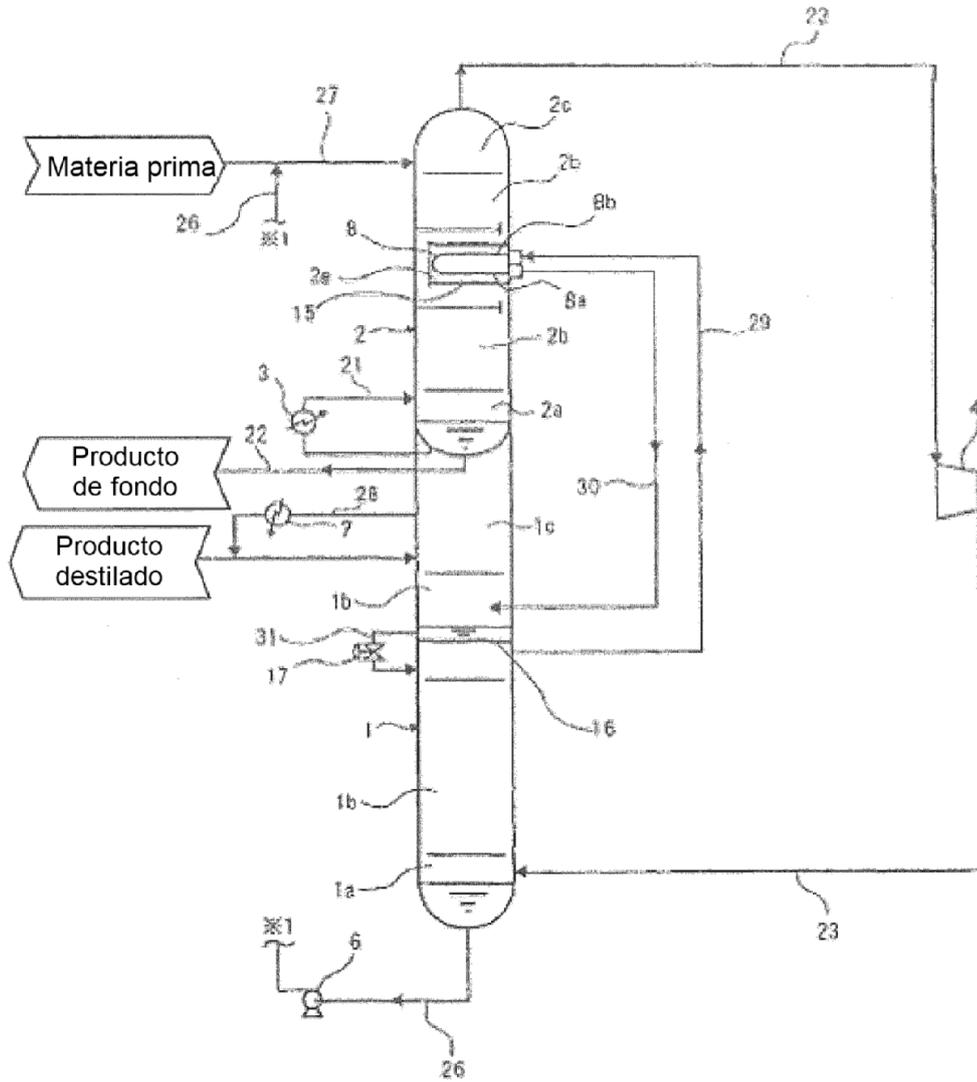


Fig. 10

