

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 912 133**

51 Int. Cl.:

C10G 67/00 (2006.01)

C10G 69/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.01.2017 PCT/US2017/015733**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.08.2017 WO17146876**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2017 E 17704915 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2022 EP 3420051**

54 Título: **Proceso integrado para aumentar la producción de olefinas mediante el reciclaje y el tratamiento de residuos de craqueo pesado**

30 Prioridad:

25.02.2016 US 201662299714 P

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

24.05.2022

73 Titular/es:

**SABIC GLOBAL TECHNOLOGIES B.V. (100.0%)
Plasticslaan 1
4612 PX Bergen op Zoom, NL**

72 Inventor/es:

**SALAZAR-GUILLEN, JOSE, ARMANDO;
HUCKMAN, MICHAEL y
STEVENSON, SCOTT**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 912 133 T3

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

DESCRIPCIÓN

Proceso integrado para aumentar la producción de olefinas mediante el reciclaje y el tratamiento de residuos de craqueo pesado

Antecedentes de la invención

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un proceso integrado para aumentar la producción de olefinas mediante el procesamiento de los residuos de fondo de una o más unidades de craqueo para preparar una materia prima adecuada para el craqueo a vapor y el aumento de la producción de olefinas.

Descripción de la técnica relacionada

10 La descripción de los "antecedentes" que se ofrece en el presente documento tiene por objeto presentar de forma general el contexto de la divulgación. El trabajo de los inventores nombrados en el presente documento, en la medida en que se describe en la presente sección de antecedentes, así como los aspectos de la descripción que pueden no calificarse como estado de la técnica en el momento de la presentación, no se admiten expresa o implícitamente como estado de la técnica contra la presente invención.

15 El craqueo con vapor y el craqueo catalítico con fluidos residuales se utilizan ampliamente para craquear diferentes fracciones de petróleo crudo en olefinas, preferentemente etileno, propileno, butileno y nafta. Sin embargo, en estos procesos también se pueden producir subproductos como el aceite de pirólisis, coque y lodos aceitosos clarificados. En consecuencia, se han propuesto varios métodos en la técnica anterior para mejorar estas corrientes de bajo valor. Por ejemplo, la patente US no. US20130233768A1 describe un proceso integrado de desasfaltado con disolventes, hidrot ratamiento y pirólisis con vapor para el procesamiento directo de un petróleo crudo para producir productos

20 hidroquímicos, en el que el aceite de pirólisis se recupera como fuel. la patente US no. US20080083649A1 describe un método por el cual una corriente de aceite de pirólisis se suministra a un destilador de vacío para obtener un corte desasfaltado de alquitrán y una corriente asfáltica. La corriente asfáltica se suministraba además a una unidad de coquización o de oxidación parcial para producir productos ligeros como la nafta de coquización, el gasóleo de coquización o el gas de síntesis. El material desasfaltado se utilizó además como aceite combustible o se mezcló con

25 materiales de combustión local para reducir la producción de hollín. La patente US no. US200901944S8A1 describe un proceso y un aparato para mejorar el alquitrán del craqueador de vapor. En consecuencia, se propuso un proceso de calentamiento que redujera el rendimiento del alquitrán o del aceite de pirólisis en el proceso de craqueo al vapor. Se describió además que el alquitrán tratado térmicamente resultante puede separarse en flujos de gasóleo, fuel y alquitrán. La patente US no. US20140061100A1 describe un procedimiento para reducir el contenido de asfaltenos en la corriente de aceite de pirólisis y para recuperar parcialmente la energía térmica consumida en el proceso de pirólisis mediante el enfriamiento de la corriente de aceite de pirólisis. La patente US no. US20070163921A1 divulga un método para mejorar la solubilidad del alquitrán craqueado al vapor, seguido de la adición de alquitrán craqueado al vapor mejorado al fuel-oil La patente US no. US20140061094A1 se refiere a un proceso de hidrot ratamiento y a un producto

35 hidrot ratado que puede ser producido por el proceso de hidrot ratamiento de una corriente de aceite de pirólisis, o alquitrán de pirólisis. Este producto hidrot ratado se utiliza además como diluyente de las fracciones pesadas del fuel oil. Sin embargo, el proceso de hidrot ratamiento del aceite de pirólisis o del alquitrán de pirólisis utilizando unidades convencionales de hidrot ratamiento catalítico sin eliminar los asfaltenos y los precursores del coque reduce el ciclo de vida del catalizador debido a su rápida desactivación. La patente US no. US20130267745A1 describe un proceso integrado para convertir más del 60% del petróleo crudo de alimentación en materia prima adecuada para los

40 craqueadores de vapor y el aceite de pirólisis producido se utiliza como alimentación de una unidad de coque. El documento US no. 2015/021234 A1 divulga un proceso para refinar una materia prima de hidrocarburo pesado del tipo de residuo de vacío que permite el hidrot ratamiento y la conversión de materias primas con contenidos muy elevados de azufre, asfaltenos y metales y para maximizar la producción de gasolina y/o olefinas ligeras.

45 En vista de lo anterior, uno de los objetivos de la presente divulgación es proporcionar un proceso integrado para aumentar la producción de olefinas mediante la combinación de los residuos de fondo de una o más unidades de craqueo, y el procesamiento de los residuos de fondo para preparar una materia prima adecuada para el craqueo al vapor y formar olefinas ligeras.

Breve resumen de la invención

50 De acuerdo con un primer aspecto, la presente divulgación se refiere a un proceso integrado para aumentar la producción de olefinas mediante el reciclaje y el procesamiento de residuos de craqueo pesado, que comprende i) el hidrot ratamiento de una corriente de residuos de hidrocarburos pesados, como los fondos de la torre atmosférica, suministrados por una columna de destilación atmosférica aguas arriba, con un primer hidrot ratador para formar una primera corriente de residuos hidrot ratados, ii) el craqueo catalítico de la primera corriente de residuos hidrot ratados

55 en una unidad de craqueo catalítico fluido para formar una corriente de gas licuado de petróleo, una corriente de nafta, una corriente de gas seco, una corriente de lodos aceitosos clarificados y una corriente de aceite de ciclo ligero, iii) hidrot ratamiento de la corriente de nafta en un segundo hidrot ratador para formar una corriente de nafta tratada con

5 hidrógeno, iv) hidrocraqueo de la corriente de aceite de ciclo ligero en un hidrocraqueador para formar una corriente de hidrocarburos craqueados, v) mezcla de la corriente de nafta tratada con hidrógeno, o hidrotratada, y la corriente de hidrocarburos craqueados para formar una corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados, vi) saturar la corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados en una unidad de saturación de aromáticos para formar una corriente de hidrocarburos saturados, vii) craquear al vapor la corriente de hidrocarburos saturados en una unidad de craqueo al vapor para formar una primera corriente de olefinas, una corriente de aceite de pirólisis y una corriente de gasolina de pirólisis, viii) mezclar la corriente de lodos aceitosos clarificados y la corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente de aceite reciclado ix) desasfaltar la corriente de aceite reciclado en una unidad de desasfaltado con disolventes para formar una corriente de aceite desasfaltada y una corriente rica en asfaltenos, x) hidrotratar la corriente de aceite desasfaltada y la corriente de residuos de hidrocarburos pesados, como los residuos de la torre atmosférica, con el primer hidrotratador para formar una segunda corriente de residuos hidrotratados, xi) suministrar la segunda corriente de residuos hidrotratados a la unidad de craqueo catalítico fluido y repetir el proceso integrado para formar una segunda corriente de olefinas.

15 En una realización, el proceso integrado comprende además la combinación de la primera corriente de olefinas y la segunda corriente de olefinas para obtener un rendimiento final de olefinas superior al de un proceso sustancialmente similar sin la mezcla, el desasfaltado, el hidrotratamiento de la corriente de aceite desasfaltada y los fondos de la torre atmosférica, y el suministro.

En una realización, el proceso integrado comprende además la mezcla de la corriente de residuos de hidrocarburos pesados, como los fondos de la torre atmosférica, con la corriente de aceite reciclado antes del desasfaltado.

20 En una realización, el proceso integrado comprende además la recogida de al menos una parte del flujo rico en asfaltenos para su transformación en asfalto.

En una realización, el craqueo al vapor forma gas hidrógeno además de la primera corriente de olefinas, la corriente de aceite de pirólisis y la corriente de gasolina de pirólisis.

25 En una realización, el proceso integrado comprende además el suministro de al menos una porción del gas hidrógeno al primer hidrotratador, al segundo hidrotratador o a ambos.

En una realización, la corriente de aceite de ciclo ligero se satura antes del hidrocraqueo.

En una realización, la corriente de aceite de ciclo ligero es hidrotratada antes del hidrocraqueo.

En una realización, el proceso integrado comprende además la eliminación de partículas de la corriente de lodos aceitosos clarificados, de la corriente de aceite reciclado, o de ambas.

30 En una realización, la corriente de lodos aceitosos clarificados y la corriente de aceite de pirólisis se mezclan en presencia de un disolvente orgánico miscible.

En una realización, la unidad de craqueo catalítico fluido es una unidad de craqueo catalítico fluido de residuos.

35 Según un segundo aspecto, la presente divulgación se refiere a un proceso integrado para aumentar la producción de olefinas mediante el reciclaje y el procesamiento de residuos de craqueo pesado, que comprende i) el hidrotratamiento de una corriente de residuos de hidrocarburos pesados, como los fondos de la torre atmosférica, con un primer hidrotratador para formar una primera corriente de residuos hidrotratados, ii) el craqueo catalítico de la primera corriente de residuos hidrotratados en una unidad de craqueo catalítico fluido para formar una corriente de gas de petróleo licuado, una corriente de nafta, una corriente de gas seco una corriente de lodos aceitosos clarificados y una corriente de aceite de ciclo ligero, iii) hidrotratamiento de la corriente de nafta en un segundo hidrotratador para formar una corriente de nafta tratada con hidrógeno, iv) hidrocraqueo de la corriente de aceite de ciclo ligero en un hidrocraqueador para formar una corriente de hidrocarburos craqueados, v) mezcla de la corriente de nafta tratada con hidrógeno y la corriente de hidrocarburos craqueados para formar una corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados, vi) saturación de la corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados en una unidad de saturación de aromáticos para formar una corriente de hidrocarburos saturados, vii) craqueo al vapor de la corriente de hidrocarburos saturados en una unidad de craqueo al vapor para formar una primera corriente de olefinas, una corriente de aceite de pirólisis y una corriente de gasolina de pirólisis, viii) mezcla de la corriente de lodos aceitosos clarificados y de la corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente de aceite de reciclaje ix) desasfaltar la corriente de aceite de reciclaje en una unidad de desasfaltado con disolventes para formar una corriente de aceite desasfaltada y una corriente rica en asfaltenos, x) coquizar al menos una parte de la corriente rica en asfaltenos para formar una corriente de hidrocarburos ligeros xi) craqueo al vapor de la corriente de hidrocarburos ligeros para formar una tercera corriente de olefinas, xii) hidrotratamiento de la corriente de petróleo desasfaltada y de la corriente de residuos de hidrocarburos pesados, como los fondos de la torre atmosférica, con el primer hidrotratador para formar una segunda corriente de residuos hidrotratados, xiii) suministro de la segunda corriente de residuos hidrotratados a la unidad de craqueo catalítico fluido y repetición del proceso integrado para formar una segunda corriente de olefinas.

55 En una realización, el proceso integrado comprende además la combinación de la primera corriente de olefinas, la segunda corriente de olefinas y la tercera corriente de olefinas para obtener un rendimiento final de olefinas superior

al de un proceso sustancialmente similar sin la mezcla, el desasfaltado, la coquización, el craqueo al vapor de la corriente de hidrocarburos ligeros, el hidrot ratamiento de la corriente de petróleo desasfaltada y los fondos de la torre atmosférica, y el suministro.

5 En una realización, el proceso integrado comprende además la mezcla de la corriente de residuos de hidrocarburos pesados, como los fondos de la torre atmosférica, con la corriente de aceite reciclado antes del desasfaltado.

En una realización, el proceso integrado comprende además la eliminación de partículas de la corriente de lodos aceitosos clarificados, de la corriente de aceite reciclado, o de ambas.

10 Según un tercer aspecto, la presente divulgación se refiere a un proceso integrado para aumentar la producción de olefinas mediante el reciclaje y el procesamiento de residuos de craqueo pesado, que implica i) el hidrot ratamiento de una corriente de residuos de hidrocarburos pesados, como los fondos de la torre atmosférica,

15 con un primer hidrot ratador para formar una primera corriente de residuos tratados con hidrógeno, ii) craqueo catalítico de la primera corriente de residuos tratados con hidrógeno en una unidad de craqueo catalítico de fluidos para formar una corriente de gas licuado de petróleo, una corriente de nafta, una corriente de gas seco, una corriente de lodos aceitosos clarificados y una corriente de aceite de ciclo ligero iii) hidrot ratamiento de la corriente de nafta en un segundo hidrot ratador para formar una corriente de nafta tratada con hidrógeno, iv) hidro craqueo de la corriente de aceite de ciclo ligero en un hidro craqueador para formar una corriente de hidrocarburos craqueados, v) mezcla de la corriente de nafta tratada con hidrógeno y la corriente de hidrocarburos craqueados para formar una corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados vi) saturar la corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados en una unidad de saturación de aromáticos para formar una corriente de hidrocarburos saturados, vii) craquear al vapor la corriente de hidrocarburos saturados en una unidad de craqueo al vapor para formar una primera corriente de olefinas, una corriente de aceite de pirólisis y una corriente de gasolina de pirólisis, viii) mezclar la corriente de lodos aceitosos clarificados y la corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente de aceite reciclado ix) desasfaltar la corriente de aceite reciclado en una unidad de desasfaltado con disolventes para formar una corriente de aceite desasfaltada y una corriente rica en asfaltenos, x) oxidar parcialmente al menos una parte de la corriente rica en asfaltenos para producir una corriente de gas de síntesis, xi) hidrot ratar la corriente de aceite desasfaltada y la corriente de residuos de hidrocarburos pesados atmosféricos, como los fondos de la torre,

20 con el primer hidrot ratador para formar una segunda corriente de residuos tratados con hidrógeno, xii) suministrar la segunda corriente de residuos tratados con hidrógeno a la unidad de craqueo catalítico fluido y repetir el proceso integrado para formar una segunda corriente de olefinas.

25 En una realización, la corriente de gas de síntesis comprende gas hidrógeno y el proceso comprende además la separación de al menos una parte del gas hidrógeno de la corriente de gas de síntesis y su suministro al primer hidrot ratador, al segundo hidrot ratador o a ambos.

35 En una realización, el proceso integrado comprende además el suministro de al menos una parte de la corriente de gas de síntesis a una unidad de reformado para la fabricación de oxoaldehídos, u oxoalcoholes.

En una realización, el proceso integrado comprende además la mezcla de la corriente de residuos de hidrocarburos pesados, como los fondos de la torre atmosférica, con la corriente de aceite reciclado antes del desasfaltado.

En una realización, el proceso integrado comprende además la eliminación de partículas de la corriente de lodos aceitosos clarificados, de la corriente de aceite reciclado, o de ambas.

40 Una realización no conforme a la invención actualmente reivindicada, se refiere a un proceso integrado para formar una corriente de olefinas a partir de residuos de craqueo pesado, que comprende i) craquear catalíticamente una primera mezcla de hidrocarburos para formar una primera corriente de lodos aceitosos clarificados, ii) craquear con vapor una segunda mezcla de hidrocarburos para formar una primera corriente de aceite de pirólisis iii) desasfaltado con disolvente de una corriente de petróleo combinada que comprende al menos una parte de la primera corriente de aceite de lodos clarificado y al menos una parte de la primera corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente desasfaltada y una corriente rica en asfaltenos, iv) hidrot ratamiento de la corriente de aceite desasfaltada para formar una corriente tratada con hidrógeno, v) craqueo catalítico de la corriente tratada con hidrógeno para formar una corriente de gas licuado de petróleo (GLP) rica en propileno, una corriente de nafta, una corriente de gas seco, una segunda corriente de lodos aceitosos clarificados y una corriente de aceite de ciclo ligero, vi) hidrot ratamiento de la corriente de nafta para formar una corriente de nafta tratada con hidrógeno, vii) hidro craqueo de la corriente de aceite de ciclo ligero para formar una corriente de aceite de ciclo ligero hidro craqueado, viii) mezcla de la corriente de aceite de ciclo ligero hidro craqueado y la corriente de nafta tratada con hidrógeno para formar una corriente de aceite mezclado rico en aromáticos, ix) saturar la corriente de aceite mezclado rico en aromáticos para formar una corriente de aceite rico en saturados, x) craquear al vapor la corriente de aceite rico en saturados para formar una segunda corriente de aceite de pirólisis, una corriente de olefinas y una corriente de gasolina de pirólisis, xi) combinar la segunda corriente de lodos aceitosos clarificados y la segunda corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente de aceite reciclado.

Una realización no conforme a la invención actualmente reivindicada, se refiere a un proceso integrado para formar una corriente de olefinas a partir de residuos de craqueo pesado, que comprende i) craquear catalíticamente una primera mezcla de hidrocarburos para formar una primera corriente de lodos aceitosos clarificados, ii) craquear con vapor una segunda mezcla de hidrocarburos para formar una primera corriente de aceite de pirólisis iii) desasfaltado con disolvente de una corriente de aceite combinada que comprende al menos una parte de la primera corriente de lodos aceitosos clarificados y al menos una parte de la primera corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente desasfaltada y una corriente rica en asfaltenos, iv) hidrot ratamiento de la corriente de aceite desasfaltada para formar una corriente tratada con hidrógeno, v) coquización de al menos una parte de la corriente rica en asfaltenos para formar una corriente de materiales ligeros, vi) craqueo al vapor de la corriente de materiales ligeros para formar una primera corriente de olefinas, vii) craqueo catalítico de la corriente tratada con hidrógeno para formar una corriente de gas licuado de petróleo (GLP) rico en propileno, una corriente de nafta, una corriente de gas seco, una segunda corriente de lodos aceitosos clarificados y una corriente de aceite de ciclo ligero, viii) hidrot ratamiento de la corriente de nafta para formar una corriente de nafta tratada con hidrógeno, ix) hidrocraqueo de la corriente de aceite de ciclo ligero para formar una corriente de aceite de ciclo ligero hidrocraqueado, x) mezclar la corriente de aceite de ciclo ligero hidrocraqueado y la corriente de nafta tratada con hidrógeno para formar una corriente de aceite mezclado rico en aromáticos, xi) saturar la corriente de aceite mezclado rico en aromáticos para formar una corriente de aceite rico en saturados, xii) craquear con vapor la corriente de aceite rico en saturados para formar una segunda corriente de aceite de pirólisis, una segunda corriente de olefinas y una corriente de gasolina de pirólisis, xiii) combinar la segunda corriente de lodos aceitosos clarificados y la segunda corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente de aceite reciclado.

Una realización no conforme a la invención actualmente reivindicada, se refiere a un proceso integrado para formar una corriente de olefinas a partir de residuos de craqueo pesado, que comprende i) craquear catalíticamente una primera mezcla de hidrocarburos para formar una primera corriente de lodos aceitosos clarificados, ii) craquear con vapor una segunda mezcla de hidrocarburos para formar una primera corriente de aceite de pirólisis iii) desasfaltado con disolvente de una corriente de aceite combinada que comprende al menos una parte de la primera corriente de lodos aceitosos clarificados y al menos una parte de la primera corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente desasfaltada y una corriente rica en asfaltenos, iv) hidrot ratamiento de la corriente de aceite desasfaltada para formar una corriente tratada con hidrógeno, v) oxidación parcial de al menos una parte de la corriente rica en asfaltenos para producir una corriente de gas de síntesis, vi) craqueo catalítico de la corriente tratada con hidrógeno para formar una corriente de gas licuado de petróleo (GLP) rico en propileno, una corriente de nafta, un gas seco, una segunda corriente de lodos aceitosos clarificados y una corriente de aceite de ciclo ligero, vii) hidrot ratamiento de la corriente de nafta para formar una corriente de nafta tratada con hidrógeno, viii) hidrocraqueo de la corriente de aceite de ciclo ligero para formar una corriente de aceite de ciclo ligero hidrocraqueado, ix) mezclar la corriente de aceite de ciclo ligero hidrocraqueado y la corriente de nafta tratada con hidrógeno para formar una corriente de aceite mezclado rico en aromáticos, x) saturar la corriente de aceite mezclado rico en aromáticos para formar una corriente de aceite rico en saturados, xi) craquear con vapor la corriente saturada de aromáticos para formar una segunda corriente de aceite de pirólisis, una segunda corriente de olefinas y una corriente de gasolina de pirólisis, xii) combinar la segunda corriente de lodos aceitosos clarificados y la segunda corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente de aceite de reciclaje.

Los párrafos anteriores se han proporcionado a modo de introducción general, y no pretenden limitar el alcance de las siguientes reivindicaciones. Las realizaciones descritas, junto con otras ventajas, se entenderán mejor haciendo referencia a la siguiente descripción detallada, tomada en conjunto con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

Una apreciación más completa de la divulgación y de muchas de las ventajas que la acompañan se obtendrá fácilmente a medida que la misma se comprenda mejor haciendo referencia a la siguiente descripción detallada cuando se considere en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 es un diagrama de flujo de bloques (BFD) que muestra una visión general del proceso integrado para producir olefinas mediante el procesamiento de residuos de craqueo pesado. (Las líneas discontinuas son flujos suplementarios que no se reivindican como parte del proceso integrado como en la reivindicación 1)

La Fig. 2 es un diagrama de flujo de bloques (BFD) que muestra las etapas de procesamiento convencionales para producir olefinas ligeras a partir de los fondos de la torre atmosférica.

La Fig. 3 es un diagrama de flujo de bloques (BFD) que muestra el procesamiento del residuo del craqueo pesado para producir una materia prima para la unidad de craqueo al vapor para aumentar la producción de olefinas.

Descripción detallada de las realizaciones

Con referencia ahora a los dibujos, en los que números de referencia similares designan partes idénticas o correspondientes a lo largo de las distintas vistas.

Con referencia ahora a la Fig. 1 y a la Fig. 2. De acuerdo con un primer aspecto, la presente divulgación se refiere a un proceso integrado para aumentar la producción de olefinas a partir de residuos de craqueo pesado, que implica el hidrot ratamiento de una corriente de residuos de hidrocarburos pesados 111 (por ejemplo, un fondo de la torre atmosférica (ATB)), que es suministrado por una columna de destilación atmosférica 101 aguas arriba, con un primer hidrot ratador 102 para formar una primera corriente de residuos hidrot ratados 202.

Como se utiliza en el presente documento, la "corriente de residuos de hidrocarburos pesados" también se refiere a los "fondos de la torre atmosférica (ATB)" y, por tanto, estos términos pueden utilizarse indistintamente.

Los fondos de la torre atmosférica (ATB) son mezclas de fracciones pesadas de petróleo crudo que salen del fondo de las columnas de destilación atmosférica, por ejemplo. Los ATB pueden contener al menos una porción de queroseno/gasóleo ($C_8 - C_{18}$), al menos una porción de combustible de aviación ($C_8 - C_{16}$), al menos una porción de fuel oil (C_{20+}), al menos una porción de cera y otros aceites lubricantes (C_{20+}), al menos una porción de coque (C_{50+}), y una cantidad sustancial de estructuras poliaromáticas de alto peso molecular como asfaltenos y otras resinas de hidrocarburos complejos en un intervalo de $C_5 - C_{100+}$, preferentemente $C_{15} - C_{80}$, y más preferentemente $C_{25} - C_{45}$. Estas estructuras poliaromáticas de alto peso molecular tienen puntos de ebullición en el intervalo de 100 - 700 °C, preferentemente 250 - 650 °C, y más preferentemente 400 - 550 °C.

En una realización, los fondos de la torre atmosférica 111 pueden dividirse en al menos dos corrientes sustancialmente similares: 1) una primera porción de los fondos de la torre atmosférica 111, 2) una segunda porción de los fondos de la torre atmosférica 111, utilizando un divisor de flujo de líquido (por ejemplo, una válvula de tres vías) que se encuentra aguas arriba del proceso integrado y aguas abajo de la columna de destilación atmosférica 101.

El residuo de craqueo pesado es una mezcla de hidrocarburos pesados que salen de las unidades de craqueo (es decir, craqueo catalítico fluido, craqueo a vapor y/o unidad de hidro craqueo). La composición del residuo del craqueo pesado varía en función de las reacciones químicas en las unidades de craqueo. En una realización, el residuo de craqueo pesado puede contener una cantidad sustancial de estructuras poliaromáticas de alto peso molecular, como asfaltenos y otras resinas de hidrocarburos complejos en un intervalo de $C_{30} - C_{100+}$, preferentemente $C_{30} - C_{50}$. En una realización, el residuo del craqueador pesado puede contener también una cantidad sustancial de impurezas sólidas (es decir, partículas) como finos de catalizador, microcarbones (es decir, residuos carbonosos formados tras la pirólisis de hidrocarburos), y/o partículas de coque.

El hidrot ratamiento, o tratamiento con hidrógeno, se refiere a un proceso de refinado en el que una corriente de alimentación se hace reaccionar con gas hidrógeno en presencia de un catalizador para eliminar impurezas como el azufre, el nitrógeno, el oxígeno y/o los metales (por ejemplo, níquel o vanadio) de la corriente de alimentación (por ejemplo, los fondos de la torre atmosférica) mediante procesos reductores. Los procesos de hidrot ratamiento pueden variar sustancialmente en función del tipo de alimentación de un hidrot ratador. Por ejemplo, los productos de alimentación ligeros (por ejemplo, la nafta) contienen muy pocas impurezas y de pocos tipos, mientras que los productos de alimentación pesados (por ejemplo, los ATB) suelen poseer muchos compuestos pesados diferentes presentes en un crudo. Además de tener compuestos pesados, las impurezas de los productos de alimentación pesados son más complejas y difíciles de tratar que las presentes en los productos de alimentación ligeros. Por lo tanto, el hidrot ratamiento de los productos de alimentación ligeros se realiza generalmente a una severidad de reacción más baja, mientras que los productos de alimentación pesados requieren presiones y temperaturas de reacción más altas.

Un hidrot ratador se refiere a un recipiente del reactor en el que se realizan las reacciones de hidrot ratamiento en presencia de un catalizador. Los hidrot ratadores pueden variar sustancialmente en función del tipo de alimentación, por ejemplo, un hidrot ratador de nafta es un hidrot ratador con alimentación ligera como materia prima, mientras que un hidrot ratador de residuos es un hidrot ratador con alimentación pesada como materia prima. Las reacciones de hidrot ratamiento pueden clasificarse en dos tipos: 1) hidrogenólisis, donde se escinde un enlace simple carbono-heteroátomo en presencia de hidrógeno y catalizador. 2) hidrogenación, donde se añade hidrógeno a las moléculas escindidas. El heteroátomo puede ser cualquier átomo que no sea hidrógeno o carbono, por ejemplo, azufre, nitrógeno, oxígeno y/o metales.

En una realización, el primer hidrot ratador 102 del proceso integrado puede ser un hidrot ratador de residuos, en el que los fondos de la torre atmosférica 111 se tratan con hidrógeno y se reducen las impurezas como el azufre, los metales y/o los microcarburos (es decir, el residuo carbonoso formado tras la pirólisis de los hidrocarburos). Por consiguiente, la concentración de azufre en la primera corriente de residuos tratados con hidrógeno 202 puede reducirse a un máximo de 5.000 ppm, o a un máximo de 3.000 ppm, la concentración de metales en la primera corriente de residuos tratados con hidrógeno 202 puede reducirse a un máximo de 10 ppm, o a un máximo de 3 ppm, y la concentración de microcarburos en la primera corriente de residuos tratados con hidrógeno 202 puede reducirse a un máximo de 50.000 ppm, o a un máximo de 40.000 ppm. Los compuestos más ligeros, como la nafta y/o el gasóleo, pueden producirse en el primer hidrot ratador. Una corriente ligera tratada con hidrógeno 201 puede separarse y suministrarse a una unidad de saturación de aromáticos y/o a una unidad de craqueo al vapor, dependiendo de la composición de la corriente ligera tratada con hidrógeno 201.

El proceso integrado implica el craqueo catalítico de la primera corriente de residuos tratados con hidrógeno en una unidad de craqueo catalítico fluido 103 para formar una corriente de gas licuado de petróleo (GLP) 113, una corriente de gas seco 131, una corriente de nafta 114, una corriente de lodos aceitosos clarificados (CSO) 116 y una corriente de aceite de ciclo ligero (LCO) 115.

5 El craqueo catalítico se refiere a un proceso de refinado por el que las moléculas de hidrocarburos de cadena larga se rompen en moléculas más cortas en presencia de un catalizador a una temperatura relativamente alta, preferentemente superior a 500 °C, y a presiones moderadas, por ejemplo, alrededor de 170 kPa anm. Las unidades de craqueo catalítico pueden variar en función de los productos deseados. Por ejemplo, el craqueo catalítico fluido se utiliza cuando la demanda de gasóleo es mayor, mientras que las unidades de hidrocrqueo son más comunes cuando se desean productos más ligeros como la gasolina y el queroseno. Las unidades de craqueo catalítico fluido son el tipo de unidades de craqueo catalítico en las que el catalizador es un polvo fluidizado.

10 En una realización, la unidad de craqueo catalítico fluido (FCC) 103 en el proceso integrado puede ser una unidad de craqueo catalítico fluido residual que puede funcionar a alta temperatura, preferentemente 500 - 800°C, más preferentemente 500 - 750°C y a una presión relativamente alta, preferentemente 100 y 400 kPa anm, más preferentemente 100 y 250 kPa anm para maximizar la producción de propileno en la corriente de gas licuado de petróleo 113.

15 En una realización, el proceso de craqueo catalítico produce la corriente 113 de gas licuado de petróleo (GLP). El flujo de gas licuado de petróleo (GLP) contiene uno o más de los compuestos de parafina C₁ - C₄, preferentemente C₃ - C₄ y/o olefinas como etileno, propileno, n-propanos, butileno, n-butano, i-butano, con un punto de ebullición en el intervalo de -165 - 50 °C, preferentemente -40 - 30 °C. El gas licuado de petróleo puede utilizarse como gas de cocina y como combustible para calefacción. En una realización, al menos una parte de la corriente de gas licuado de petróleo que incluye propileno y/o i-butano puede utilizarse en procesos de alquilación para la producción de gasolina.

20 En una realización, el proceso de craqueo catalítico también produce gas seco. La corriente de gas seco 131 comprende metano, etano e hidrógeno. En una realización, el metano y/o el etano pueden utilizarse como combustible en los procesos de refinería y/o petroquímicos.

25 En una realización, el gas seco puede contener gas hidrógeno y el proceso implica además la separación del gas hidrógeno del metano y el etano, y su uso en el primer hidrotatador 102, el segundo hidrotatador 104, o ambos.

30 En una realización, el proceso de craqueo catalítico genera la corriente de nafta 114. La corriente de nafta 114 puede contener al menos un 50%, o al menos un 60%, o al menos un 70%, o al menos un 80%, o al menos un 90%, o al menos un 95%, o al menos un 99% en peso de gasolina en el intervalo de C₁ - C₁₅, preferentemente C₅ - C₁₀, y más preferentemente C₇ - C₈, con un punto de ebullición en el intervalo de 100 - 220 °C, preferentemente 100 - 140 °C, y más preferentemente de aproximadamente 125 °C. Dependiendo del tipo de hidrocarburos presentes en la corriente de nafta 114, y también de la cantidad de gasolina en la corriente de nafta 114, ésta puede suministrarse a un proceso de hidrotatamiento de nafta para su posterior purificación, y/o a un proceso de reformado catalítico para aumentar el número de octano de la gasolina.

35 En una realización, el proceso de craqueo catalítico también genera la corriente de aceite de ciclo ligero 115. La corriente de aceite de ciclo ligero 115 puede contener uno o varios compuestos de hidrocarburos alifáticos, cicloalifáticos y/o aromáticos del orden de C₁ - C₁₅₊, preferentemente C₅ - C₂₅, con un punto de ebullición del orden de 50 - 400 °C, preferentemente 100 - 380°C. La corriente de aceite de ciclo ligero puede craquearse para formar compuestos de parafina y olefina, o puede saturarse para formar una corriente de compuestos de hidrocarburos alifáticos y/o cicloalifáticos.

40 En una realización, un producto de fondo formado a partir de la unidad de craqueo catalítico fluido 103 es la corriente de lodos aceitosos clarificados (CSO) 116 que puede ser rica en compuestos aromáticos pesados en el intervalo de C₃₀ - C₁₀₀₊, preferentemente C₅₀ - C₈₀ que tienen un punto de ebullición en el intervalo de 200 - 600+ °C, preferentemente 300 - 600 °C. La corriente de lodos aceitosos clarificados puede contener impurezas sólidas (es decir, partículas) como finos de catalizador y/o partículas de coque. Este producto de bajo valor puede ser parcialmente oxidado o coquificado para producir compuestos de hidrocarburos ligeros que pueden ser procesados posteriormente en productos útiles.

45 El proceso integrado implica el hidrotatamiento de la corriente de nafta 114 en un segundo hidrotatador 104 para formar una corriente de nafta tratada con hidrógeno 117. El segundo hidrotatador 104, que puede ser un hidrotatador de nafta, reduce las impurezas como el azufre, los metales y/o los microcarburos presentes en la corriente de nafta 114 para formar la corriente de nafta tratada con hidrógeno 117 que tiene un contenido de impurezas de como máximo 50 ppm, o como máximo 40 ppm, o como máximo 30 ppm, o como máximo 20 ppm, o como máximo 10 ppm, o como máximo 5 ppm. La corriente de nafta tratada con hidrógeno 117 puede tener más gasolina y gasóleo ligero que la corriente de nafta 114. Por consiguiente, la corriente de nafta tratada con hidrógeno 117 puede contener al menos el 70%, o al menos el 80%, o al menos el 90%, o al menos el 95%, o al menos el 99% en peso de gasolina en el intervalo de C₁ - C₁₅, preferentemente C₅ - C₁₅, y más preferentemente C₅ - C₁₂.

En una realización, la corriente de nafta tratada con hidrógeno 117 puede suministrarse a una unidad de reformado catalítico para aumentar el número de octano para la producción de gasolina.

El proceso integrado implica el hidrocrqueo de la corriente de aceite de ciclo ligero 115 en un hidrocrqueador 105 para formar una corriente de hidrocarburos craqueados 118.

5 El hidrocrqueo se refiere a un proceso por el que las moléculas de hidrocarburo se rompen en moléculas más cortas en presencia de un catalizador y de hidrógeno en un recipiente del reactor conocido como "hidrocrqueador". Al igual que el craqueo catalítico fluido, el hidrocrqueo es una reacción de ruptura del enlace carbono-carbono que produce compuestos de hidrocarburos de cadena más corta. A pesar de las similitudes con los procesos de craqueo catalítico fluido, los procesos de hidrocrqueo pueden utilizarse generalmente para la fabricación de gasolina y queroseno.

10 En una realización, la corriente de hidrocarburos craqueados 118 comprende uno o más de los compuestos de hidrocarburos $C_1 - C_{15}$, preferentemente $C_4 - C_{12}$, y más preferentemente $C_5 - C_{12}$ de parafina y/o olefina.

En una realización, la corriente de aceite de ciclo ligero 115 puede ser hidrotratada y puede ser saturada aún más en un hidrotratador de diésel antes del hidrocrqueo.

15 El proceso integrado implica la mezcla de la corriente de nafta tratada con hidrógeno 117 y la corriente de hidrocarburos craqueados 118 para formar una corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados 119.

En una realización, la corriente de nafta tratada con hidrógeno 117 y la corriente de hidrocarburo craqueado 118 se mezclan en un mezclador para formar la corriente de hidrocarburo aromático mezclado 119 que contiene compuestos aromáticos. En una realización, la corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados 119 comprende una o más de una fase de parafina y/o olefina, y una o más de una fase de hidrocarburos aromáticos y/o cicloalifáticos en el intervalo de $C_1 - C_{15+}$, preferentemente $C_5 - C_{12}$, con alta concentración de compuestos aromáticos como benceno, tolueno, etilbenceno, xileno, etc. Los compuestos aromáticos pueden estar presentes en ambas corrientes (es decir, la corriente de nafta tratada con hidrógeno 117 y la corriente de hidrocarburos craqueados 118).

20 El proceso integrado implica la saturación de la corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados 119 en una unidad de saturación aromática 106 para formar una corriente de hidrocarburos saturados 120.

25 La saturación aromática se refiere a un proceso por el que los compuestos aromáticos se convierten en compuestos cicloalifáticos en presencia de gas hidrógeno en un recipiente de reactor presurizado, denominado en el presente documento "unidad de saturación aromática".

En una realización, la corriente de hidrocarburos saturados 120 puede incluir uno o más de los compuestos de hidrocarburos $C_1 - C_{15}$, preferentemente $C_3 - C_{12}$, y más preferentemente $C_3 - C_{12}$ de parafina y/o olefina, así como compuestos de hidrocarburos cicloalifáticos ligeros, y puede contener menos del 5%, preferentemente menos del 1%, más preferentemente menos del 0,5% en peso de compuestos de hidrocarburos aromáticos.

30 El proceso integrado implica el craqueo al vapor de la corriente de hidrocarburos saturados 120 en una unidad de craqueo al vapor 107 para formar una primera corriente de olefinas 203, una corriente de gasolina de pirólisis 125 y una corriente de aceite de pirólisis 123.

35 El craqueo con vapor se refiere a un proceso de refinado en el que una materia prima de hidrocarburo se diluye con vapor y se calienta en presencia de vapor a una temperatura de craqueo para iniciar una reacción de pirólisis con el fin de romper los enlaces carbono-carbono, seguida de un enfriamiento rápido para detener la reacción de pirólisis. Los productos de hidrocarburos enfriados incluyen olefinas, alcanos y/o aromáticos/polaromáticos. La composición de la corriente de producto puede depender de la composición de la alimentación, de la relación de flujo entre la alimentación y el vapor, de la temperatura de craqueo y/o del tiempo de residencia de los hidrocarburos en las unidades de craqueo al vapor. Cada uno de estos factores puede optimizarse para maximizar la producción de un determinado producto (por ejemplo, las olefinas). El craqueo al vapor es uno de los principales procesos de refinado para producir olefinas (por ejemplo, etileno, propileno y similares). La temperatura de reacción de craqueo al vapor puede estar en el intervalo de 700 - 1.000 °C, preferentemente 800 - 900 °C, y aún más preferentemente alrededor de 850 °C.

40 El craqueo con vapor se refiere a un proceso de refinado en el que una materia prima de hidrocarburo se diluye con vapor y se calienta en presencia de vapor a una temperatura de craqueo para iniciar una reacción de pirólisis con el fin de romper los enlaces carbono-carbono, seguida de un enfriamiento rápido para detener la reacción de pirólisis. Los productos de hidrocarburos enfriados incluyen olefinas, alcanos y/o aromáticos/polaromáticos. La composición de la corriente de producto puede depender de la composición de la alimentación, de la relación de flujo entre la alimentación y el vapor, de la temperatura de craqueo y/o del tiempo de residencia de los hidrocarburos en las unidades de craqueo al vapor. Cada uno de estos factores puede optimizarse para maximizar la producción de un determinado producto (por ejemplo, las olefinas). El craqueo al vapor es uno de los principales procesos de refinado para producir olefinas (por ejemplo, etileno, propileno y similares). La temperatura de reacción de craqueo al vapor puede estar en el intervalo de 700 - 1.000 °C, preferentemente 800 - 900 °C, y aún más preferentemente alrededor de 850 °C.

45 En una realización, la primera corriente de olefinas 203 comprende uno o más compuestos valiosos de olefinas ligeras insaturadas, como etileno, propileno, butileno, butadieno, etc.

En una realización, la corriente de gasolina de pirólisis 125, o Pygas, es una mezcla de olefinas, parafinas y compuestos de hidrocarburos aromáticos que oscilan entre $C_5 - C_{15}$, preferentemente $C_5 - C_{12}$ con un punto de ebullición en el intervalo de 40 - 220 °C, más preferentemente 45 - 200 °C. En una realización, la corriente de gasolina de pirólisis 125 puede tener al menos el 50%, o al menos el 60%, o al menos el 70%, o al menos el 80%, o al menos el 90% en peso de compuestos aromáticos y, por tanto, puede utilizarse como mezcla de gasolina, y/o como fuente de materia prima rica en aromáticos para la fabricación de otros compuestos orgánicos valiosos como el benceno, el tolueno, y/o el xileno.

50 En una realización, la corriente de gasolina de pirólisis 125 puede reciclarse a la unidad de saturación aromática 106.

En una realización, la corriente de aceite de pirólisis 123, o gasolina de pirólisis, o alquitrán contiene una fase de asfalteno y/o una fase desasfaltada, en la que la fase de asfalteno tiene una cantidad sustancial de estructuras poliaromáticas de alto peso molecular como el asfalteno y otras resinas de hidrocarburos complejos en el intervalo de $C_5 - C_{100+}$, y más preferentemente $C_{15} - C_{60}$.

5 En una o más realizaciones, la corriente de aceite de pirólisis 123 puede utilizarse para la producción de asfalto, gas de síntesis, y/o aceite combustible. En una realización, la corriente de aceite de pirólisis 123 puede utilizarse como alimentación de una unidad de coquización para convertir una parte de las estructuras poliaromáticas de alto peso molecular en compuestos de hidrocarburos de bajo peso molecular, y para utilizar los compuestos de hidrocarburos de bajo peso molecular como materia prima para la unidad de craqueo al vapor.

10 En una o más realizaciones, el proceso de craqueo al vapor también produce gas hidrógeno 122, y al menos una parte del gas hidrógeno puede suministrarse al primer hidrotrotador 102 (es decir, el hidrotrotador de residuos), al segundo hidrotrotador 104 (es decir, el hidrotrotador de nafta), o a ambos. El gas hidrógeno puede suministrarse a otros procesos en los que se necesite gas hidrógeno.

15 El proceso integrado implica mezclar la corriente de lodos aceitosos clarificados 116 y la corriente de aceite de pirólisis 123 para formar una corriente de aceite de reciclaje 124.

Los flujos de aceite de pirólisis y los flujos de lodos aceitosos clarificados se han utilizado convencionalmente como aceites combustibles. En el proceso integrado descrito en el presente documento, el uso de residuos atmosféricos (es decir, fondos de la torre atmosférica) como materia prima para la unidad de craqueo catalítico de fluidos residuales puede producir una cantidad sustancial de lodos aceitosos clarificados. La corriente de lodos aceitosos clarificados puede contener impurezas sólidas (es decir, partículas), como finos de catalizador y/o polvos de coque, que pueden dar lugar a ensuciamiento y obstrucción, y por lo tanto pueden ser difíciles de procesar posteriormente. Además, el uso de una materia prima pesada para la unidad de craqueo al vapor puede conducir a la formación de una gran cantidad de aceite de pirólisis con un alto contenido de asfaltenos. Una alta concentración de asfaltenos puede hacer que la corriente de aceite de pirólisis sea relativamente viscosa y menos miscible con otras corrientes de fueloil, por lo que la corriente de aceite de pirólisis puede ser más difícil de eliminar. Sin embargo, tanto la corriente de aceite de pirólisis como las corrientes de lodos aceitosos clarificados pueden contener al menos una porción de compuestos de hidrocarburos ligeros en el intervalo de $C_{10} - C_{20}$. En ausencia de un procesamiento posterior, ni la corriente de aceite de pirólisis ni la corriente de lodos aceitosos clarificados pueden suministrarse a una unidad de operación posterior, como un hidrotrotador, porque tanto la corriente de aceite de pirólisis 123 como la corriente de lodos aceitosos clarificados 116 pueden provocar una rápida coquización y obstrucción. Además, el contenido de asfaltenos en la corriente de aceite de pirólisis 123 puede contaminar y desactivar los catalizadores y reducir su ciclo de vida.

En una realización, la corriente de aceite de pirólisis 123 y la corriente de lodos aceitosos clarificados 116 se mezclan en un mezclador antes de cualquier otro procesamiento para formar la corriente de aceite de reciclaje 124. La corriente de aceite de pirólisis 123 y la corriente de lodos aceitosos clarificados 116 pueden formar una mezcla homogénea porque ambas corrientes contienen una cantidad sustancial de compuestos aromáticos.

En una realización, la corriente de lodos aceitosos clarificados puede contener impurezas sólidas (es decir, coque y partículas de catalizador), y las impurezas sólidas pueden eliminarse de la corriente de lodos aceitosos clarificados 116 mediante tamizado, filtrado, aceleración centrífuga y/o sedimentación antes de mezclarse con la corriente de aceite de pirólisis 123.

40 En una realización, la corriente de aceite de pirólisis 123 y la corriente de lodos aceitosos clarificados 116 se mezclan en diferentes proporciones de flujo. En una realización, la relación de flujo entre la corriente de aceite de pirólisis 123 y la de lodos aceitosos clarificados 116 es de 0,1 : 0,9, o 0,2 : 0,8, o 0,3 : 0,7, o 0,4 : 0,6, o 0,5 : 0,5, o 0,6 : 0,4, o 0,7 : 0,3, o 0,8 : 0,2, o 0,9 : 0,1.

En una realización, la corriente de lodos aceitosos clarificados 116 y la corriente de aceite de pirólisis 123 se mezclan en presencia de un disolvente orgánico miscible. En una realización, el disolvente orgánico puede ser benceno, tolueno, xileno y/o etilbenceno para que sea compatible tanto con la corriente de lodos aceitosos clarificados 116 como con la corriente de aceite de pirólisis 123. En una realización, la presencia del disolvente orgánico reduce la viscosidad y facilita la transferencia de la corriente de aceite de reciclaje 124.

En una realización, las impurezas sólidas pueden ser eliminadas de la corriente de aceite reciclado 124 por tamizado, filtrado, aceleración centrífuga y/o sedimentación.

En una realización, las impurezas sólidas pueden eliminarse tanto de la corriente de lodos aceitosos clarificados 116 como de la corriente de aceite de reciclaje 124 mediante tamizado, filtrado, aceleración centrífuga y/o sedimentación.

El proceso integrado implica el desasfaltado de la corriente de aceite de reciclaje 124 en una unidad de desasfaltado de disolventes 108 para formar una corriente de aceite desasfaltado (DAO) 127 y una corriente rica en asfaltenos (ARS) 128.

El desasfaltado se refiere a un proceso para extraer asfaltenos y resinas de alto peso molecular del residuo atmosférico (es decir, de los fondos de la torre atmosférica), del residuo de vacío (es decir, de los fondos de la torre atmosférica), y/o del gasóleo pesado de vacío para producir un valioso aceite desasfaltado que, de otro modo, no podría recuperarse del residuo pesado mediante operaciones convencionales de separación, como la destilación.

- 5 En una realización, el desasfaltado puede incluir la puesta en contacto de la corriente de aceite reciclado 124, como materia prima, con un disolvente orgánico en la unidad de desasfaltado por disolvente 108 bajo temperaturas y presiones controladas. En una realización, la temperatura en la unidad de desasfaltado del disolvente depende del disolvente orgánico. Por lo tanto, la temperatura puede estar en el intervalo de -20 - 300 °C, preferentemente 20 - 120 °C, más preferentemente 40 - 80 °C, mientras que la presión puede estar en el intervalo de 100 a 4.000 kPa anm, preferentemente 200 a 2.500 kPa anm. En una realización, los compuestos parafínicos y olefínicos que son solubles en el disolvente orgánico pueden ser extraídos y recogidos como la corriente de aceite desasfaltado 127, dejando atrás la corriente rica en asfaltenos 128, que es rica en asfaltenos y otras resinas que son insolubles en el disolvente orgánico. En una realización, el disolvente orgánico puede ser propano, n-butano, n-pentano, n-hexano, n-heptano, etc.
- 10
- 15 En una realización, la relación de flujo disolvente/alimentación en la unidad de desasfaltado por disolvente 108 puede ajustarse para aumentar el contenido de parafinas y olefinas en la corriente de aceite desasfaltado 127 y para reducir el contenido de asfaltenos en la corriente de aceite desasfaltado 127. La relación de flujo entre el disolvente y la alimentación en la unidad de desasfaltado del disolvente 108 puede estar en el intervalo de 1 : 10, preferentemente 3 : 8, o incluso más preferentemente 5 : 8.
- 20 En una realización, el proceso integrado implica además la recogida de al menos una parte de la corriente rica en asfaltenos 128 para su transformación en asfalto.
- En una realización, la corriente rica en asfaltenos 128 puede suministrarse a una unidad de coquización para formar compuestos de hidrocarburos de bajo peso molecular, como nafta de coquización y/o gasóleo de coquización.
- 25 En una realización, la corriente de aceite reciclado 124 puede combinarse con la segunda porción de los fondos de la torre atmosférica 111 para formar una corriente combinada de hidrocarburos pesados 126 antes del desasfaltado. En una realización, los fondos de la torre atmosférica 111 y la corriente de aceite reciclado 124 pueden mezclarse en diferentes proporciones de flujo para formar la corriente combinada de hidrocarburos pesados 126. En una realización, la relación de flujo entre la corriente de aceite reciclado 124 y los fondos de la torre atmosférica 111 puede ser de 0,1 : 0,9, o 0,2 : 0,8, o 0,3 : 0,7, o 0,4 : 0,6, o 0,5 : 0,5, o 0,6 : 0,4, o 0,7 : 0,3, o 0,8 : 0,2, o 0,9 : 0,1 para proporcionar una materia prima adecuada para su procesamiento en la unidad de desasfaltado con disolvente.
- 30 El proceso integrado implica el hidrotreamiento de una corriente combinada de la corriente de aceite desasfaltado 127 y los fondos de la torre atmosférica 111 con el primer hidrotreatador 102 (es decir, el hidrotreatador de residuos) para formar una segunda corriente de residuos hidrotreatados 112.
- 35 En una realización, el disolvente orgánico presente en la corriente de aceite desasfaltado 127 puede eliminarse mediante un proceso de extracción utilizando una unidad de extracción supercrítica, una unidad de extracción líquido-líquido y/o una unidad de evaporación antes de combinarse con los fondos de la torre atmosférica.
- 40 En una realización, el disolvente orgánico presente en la corriente combinada de la corriente de aceite desasfaltado 127 y los fondos de la torre atmosférica 111 puede eliminarse mediante un proceso de extracción utilizando una unidad de extracción supercrítica, una unidad de extracción líquido-líquido y/o una unidad de evaporación antes del hidrotreamiento en el primer hidrotreatador.
- 45 En una realización, la temperatura de la corriente de aceite desasfaltado 127 se eleva a una temperatura superior al punto de ebullición del disolvente orgánico en una unidad de evaporación, en la que la corriente de aceite desasfaltado 127 se mantiene isotérmicamente en estas condiciones durante un tiempo suficiente hasta que el contenido final de disolvente en la corriente de aceite desasfaltado 127 se reduce a menos del 1% en peso, preferentemente a menos del 0,5% en peso, y más preferentemente a menos del 0,1% en peso.
- 50 En una realización, el disolvente orgánico presente en la corriente de aceite desasfaltado 127 puede eliminarse mediante un proceso de extracción utilizando una unidad de extracción supercrítica, en la que un fluido supercrítico (por ejemplo, dióxido de carbono (CO₂)) como disolvente de extracción se eleva por encima de su temperatura crítica (T_c) y presión crítica (P_c). Al manipular la temperatura y la presión del fluido supercrítico, se puede solubilizar el disolvente orgánico. En consecuencia, la corriente de aceite desasfaltado 127 se presuriza con CO₂ supercrítico en un recipiente de extracción, en el que el CO₂ supercrítico disuelve el disolvente orgánico presente en la corriente de aceite desasfaltado 127. El disolvente de extracción (es decir, el CO₂ supercrítico) se transfiere además a un recipiente colector donde se despresuriza. Como resultado, el CO₂ pierde su poder de disolución, lo que hace que el disolvente orgánico forme una fase inmiscible.
- 55 El proceso integrado implica el suministro de la segunda corriente de residuos tratados con hidrógeno 112 a la unidad de craqueo catalítico fluido 103 y la repetición del proceso integrado para formar una segunda corriente de olefinas 121.

En una realización, el proceso integrado comprende además la combinación de la primera corriente de olefinas 203 y la segunda corriente de olefinas 121 para obtener un rendimiento final de olefinas superior al de un proceso sustancialmente similar sin mezclar la corriente de lodos aceitosos clarificados 116 y la corriente de aceite de pirólisis 123, desasfaltando la corriente de aceite de reciclaje 124 y los fondos de la torre atmosférica 111, hidrottratando la corriente de aceite desasfaltada 127 y los fondos de la torre atmosférica 111, suministrando la segunda corriente de residuos hidrottratados 112 a la unidad de craqueo catalítico fluido, y repitiendo el proceso integrado. Por ejemplo, la producción final de olefinas para el proceso integrado es de al menos el 5%, o al menos el 6%, o al menos el 7%, o al menos el 8%, o al menos el 9%, o al menos el 10%, o al menos el 11%, o al menos el 12%, o al menos el 13%, o al menos el 14%, o al menos el 15%, o al menos el 16%, o al menos el 17%, o al menos el 18%, o al menos el 19%, o al menos el 20%, o al menos el 25%, o al menos el 30%, o al menos el 35%, o al menos el 40% en peso que un proceso sustancialmente similar sin procesar el residuo de craqueo pesado.

En una realización, se producen hasta 180 toneladas/hora (T/h), o hasta 190 T/h, o hasta 200 T/h, o hasta 220 T/h, o hasta 250 T/h de olefina para el proceso integrado en el que el caudal de los fondos de la torre atmosférica 111 es de hasta 300 T/h, o hasta 400 T/h, o hasta 500 T/h, o hasta 600 T/h, o hasta 700 T/h. Sin embargo, se producen hasta 100 toneladas/hora (T/h), o hasta 110 T/h, o hasta 120 T/h, o hasta 130 T/h, o hasta 140 T/h, o hasta 150 T/h, o hasta 160 T/h, o hasta 170 T/h, o hasta 180 T/h, o hasta 190 T/h, o hasta 200 T/h se produce olefina para un proceso que no recicla y utiliza el residuo pesado del craqueador, en el que el caudal de los fondos de la torre atmosférica es de hasta 300 T/h, o de hasta 400 T/h, o de hasta 500 T/h, o de hasta 600 T/h, o de hasta 700 T/h.

Según un segundo aspecto, la presente divulgación se refiere a un proceso integrado para aumentar la producción de olefinas mediante el reciclaje y el procesamiento de residuos de craqueo pesado, que comprende i) el hidrottratamiento de los fondos de la torre atmosférica con un primer hidrottratador para formar una primera corriente de residuos hidrottratados, ii) el craqueo catalítico de la primera corriente de residuos hidrottratados en una unidad de craqueo catalítico fluido para formar una corriente de gas licuado de petróleo, una corriente de nafta, una corriente de gas seco una corriente de lodos aceitosos clarificados y una corriente de aceite de ciclo ligero, iii) hidrottratamiento de la corriente de nafta en un segundo hidrottratador para formar una corriente de nafta tratada con hidrógeno, iv) hidrocraqueo de la corriente de aceite de ciclo ligero en un hidrocraqueador para formar una corriente de hidrocarburos craqueados, v) mezcla de la corriente de nafta tratada con hidrógeno y la corriente de hidrocarburos craqueados para formar una corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados, vi) saturación de la corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados en una unidad de saturación de aromáticos para formar una corriente de hidrocarburos saturados, vii) craqueo al vapor de la corriente de hidrocarburos saturados en una unidad de craqueo al vapor para formar una primera corriente de olefinas, una corriente de aceite de pirólisis y una corriente de gasolina de pirólisis, viii) mezcla de la corriente de lodos aceitosos clarificados y de la corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente de aceite de reciclaje, ix) desasfaltado de la corriente de aceite de reciclaje en una unidad de desasfaltado con disolventes para formar una corriente de aceite desasfaltada y una corriente rica en asfaltenos, x) coquización de al menos una parte de la corriente rica en asfaltenos para formar una corriente de hidrocarburos ligeros, xi) craqueo al vapor de la corriente de hidrocarburos ligeros para formar una segunda corriente de olefinas, xii) hidrottratamiento de la corriente de petróleo desasfaltada y de los fondos de la torre atmosférica con el primer hidrottratador para formar una segunda corriente de residuos hidrottratados, xiii) suministro de la segunda corriente de residuos hidrottratados a la unidad de craqueo catalítico fluido y repetición del proceso integrado para formar una tercera corriente de olefinas.

La coquización, como se utiliza en el presente documento, se refiere a un proceso de craqueo térmico en el que una corriente de residuos de hidrocarburos pesados (por ejemplo, la corriente rica en asfaltenos, los fondos de la torre atmosférica y/o los fondos de la torre de vacío) se convierte en gases de hidrocarburos de bajo peso molecular, como nafta (C₅ - C₁₇), gasóleos ligeros y pesados (C₁₀ - C₂₅) y coque (C₅₀₊). El proceso de coquización se realiza en un horno que también se denomina "horno de coque".

En una realización, la corriente de hidrocarburos ligeros puede contener nafta (C₅ - C₁₇) y/o gasóleos (C₁₀ - C₂₅) y por lo tanto puede ser enviada a la unidad de craqueo al vapor para producir olefinas ligeras.

En una realización, el proceso integrado comprende además la combinación de la primera corriente de olefinas, la segunda corriente de olefinas y la tercera corriente de olefinas para obtener un rendimiento final de olefinas superior al de un proceso sustancialmente similar sin mezclar la corriente de lodos aceitosos clarificados y la corriente de aceite de pirólisis, desasfaltando la corriente de aceite reciclado y los fondos de la torre atmosférica, coquizando la corriente rica en asfaltenos, craqueando con vapor la corriente de hidrocarburos ligeros, hidrottratando la corriente de aceite desasfaltada y los fondos de la torre atmosférica, suministrando la segunda corriente de residuos hidrottratados a la unidad de craqueo catalítico fluido, y repitiendo el proceso integrado. Por ejemplo, la producción final de olefinas para el proceso integrado es de al menos el 5%, o al menos el 6%, o al menos el 7%, o al menos el 8%, o al menos el 9%, o al menos el 10%, o al menos el 11%, o al menos el 12%, o al menos el 13%, o al menos el 14%, o al menos el 15%, o al menos el 16%, o al menos el 17%, o al menos el 18%, o al menos el 19%, o al menos el 20%, o al menos el 25%, o al menos el 30%, o al menos el 35%, o al menos el 40% en peso, que un proceso sustancialmente similar sin procesar la coquización y sin craquear con vapor la corriente de hidrocarburos ligeros.

En una realización, la corriente de aceite reciclado puede mezclarse con los fondos de la torre atmosférica antes del desasfaltado. En una realización, los fondos de la torre atmosférica y la corriente de aceite reciclado pueden mezclarse en diferentes proporciones de flujo. En una realización, la relación de flujo entre la corriente de aceite reciclado y los

fondos de la torre atmosférica puede ser de 0,1 : 0,9, o 0,2 : 0,8, o 0,3 : 0,7, o 0,4 : 0,6, o 0,5 : 0,5, o 0,6 : 0,4, o 0,7 : 0,3, o 0,8 : 0,2, o 0,9 : 0,1 para proporcionar una materia prima adecuada para su procesamiento en la unidad de desasfaltado con disolvente.

5 En una realización, la corriente de lodos aceitosos clarificados puede contener impurezas sólidas (es decir, partículas), y las impurezas sólidas pueden eliminarse por tamizado, filtrado, aceleración centrífuga y/o sedimentación de la corriente de lodos aceitosos clarificados, la corriente de aceite de reciclaje, o ambas.

Según un tercer aspecto, la presente divulgación se refiere a un proceso integrado para aumentar la producción de olefinas mediante el reciclaje y el procesamiento de residuos de craqueo pesado, que comprende i) el hidrotratamiento de los fondos de la torre atmosférica con un primer hidrotratador para formar una primera corriente de residuos hidrotratados, ii) el craqueo catalítico de la primera corriente de residuos hidrotratados en una unidad de craqueo catalítico fluido para formar una corriente de gas licuado de petróleo una corriente de nafta, una corriente de gas seco, una corriente de lodos aceitosos clarificados y una corriente de aceite de ciclo ligero, iii) hidrotratamiento de la corriente de nafta en un segundo hidrotratador para formar una corriente de nafta tratada con hidrógeno, iv) hidrocrqueo de la corriente de aceite de ciclo ligero en un hidrocrqueador para formar una corriente de hidrocarburos craqueados, v) mezcla de la corriente de nafta tratada con hidrógeno y la corriente de hidrocarburos craqueados para formar una corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados, vi) saturar la corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados en una unidad de saturación de aromáticos para formar una corriente de hidrocarburos saturados, vii) craquear al vapor la corriente de hidrocarburos saturados en una unidad de craqueo al vapor para formar una primera corriente de olefinas, una corriente de aceite de pirólisis y una corriente de gasolina de pirólisis, viii) mezclar la corriente de lodos aceitosos clarificados y la corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente de aceite de reciclaje, ix) desasfaltar la corriente de aceite de reciclaje en una unidad de desasfaltado con disolvente para formar una corriente de aceite desasfaltado y una corriente rica en asfaltenos, x) oxidación parcial de al menos una parte de la corriente rica en asfaltenos en una unidad de oxidación 109 para producir una corriente de gas de síntesis 129, xi) hidrotratamiento de la corriente de petróleo desasfaltada y de los fondos de la torre atmosférica con el primer hidrotratador para formar una segunda corriente de residuos hidrotratados, xii) suministro de la segunda corriente de residuos hidrotratados a la unidad de craqueo catalítico fluido y repetición del proceso integrado para formar una segunda corriente de olefinas.

La oxidación parcial se refiere a una reacción química en la que una mezcla subestequiométrica de combustible y aire (el combustible y el aire se mezclan en una relación de flujo no estequiométrica) se quema parcialmente en un reformador creando una corriente de gas de síntesis, que contiene uno o más de hidrógeno, monóxido de carbono y/o dióxido de carbono.

En una realización, la corriente de gas de síntesis 129 puede contener gas hidrógeno y el proceso implica además la separación de al menos una parte del gas hidrógeno de la corriente de gas de síntesis 129 y el suministro de la corriente de gas hidrógeno 130 al primer hidrotratador 102, al segundo hidrotratador 104, o a ambos. (El camino hacia el segundo hidrotratador 104 no se muestra en la Fig. 1.) Además, la corriente de gas hidrógeno 130 recogida en la unidad de oxidación (es decir, la corriente de gas de síntesis) es sustancialmente la misma que la corriente de gas hidrógeno 122 recogida en la unidad de craqueo al vapor, y los números sólo designan los diferentes orígenes (uno de una unidad de oxidación y otro de una unidad de craqueo al vapor)

En una realización, una porción de la corriente de gas de síntesis 129 puede ser utilizada para fabricar uno o más oxoaldehídos y/o oxo-alcoholes en un oxo-proceso.

40 El oxo-proceso se refiere a un proceso en el que el monóxido de carbono y el hidrógeno reaccionan en presencia de un sustrato olefínico para formar aldehídos isoméricos, u oxo-aldehídos. Los productos oxoaldehídos varían de C₃ a C₁₅ y pueden utilizarse como intermedios para producir oxo-productos (por ejemplo, oxo-alcoholes) mediante el uso de la química adecuada.

45 Los oxoalcoholes se forman por hidrogenación de oxoaldehídos. El butanol, el 2-etil hexanol, el 2-metil-2-butanol, el alcohol isononílico y el alcohol isodecílico son ejemplos de oxoalcoholes. En general, pueden utilizarse como plastificantes y/o como productos intermedios para producir ésteres acrílicos, formular lubricantes y/o aditivos para el gasóleo.

50 Los ejemplos que se presentan a continuación pretenden ilustrar los beneficios sustanciales de la presente invención para aumentar la producción de olefinas mediante el reciclaje y el procesamiento de residuos de craqueo pesado, y no pretenden limitar el alcance de las reivindicaciones.

Ejemplo 1

Con referencia a la Fig. 2. El siguiente ejemplo pretende mostrar algunos de los beneficios de la presente invención, sin representar un ejemplo limitante. La Fig. 2 es un diagrama de flujo de bloques (BFD) que muestra las etapas de procesamiento para producir una materia prima para el craqueador de vapor a partir de los fondos de la torre atmosférica (ATB) 111. Los fondos de una torre de destilación atmosférica se procesan a través de un hidrotratador de residuos 102 para reducir el microcarbono, el azufre y los metales. Durante esta etapa de procesamiento, se producen materiales más ligeros 201, como la nafta y el gasóleo, que se separan mediante dispositivos de separación

convencionales conocidos por los expertos en la materia, y se suministran a una etapa adicional de saturación de aromáticos o directamente a la unidad de craqueo al vapor. Los fondos de la torre atmosférica 202 tratados con hidrógeno se procesan en una unidad de craqueo catalítico de fluidos residuales 103 que opera a alta severidad para maximizar la producción de propileno.

5 Ejemplo 2

Con referencia a la Fig. 3. La Fig. 3 es un diagrama de flujo de bloques que muestra el beneficio de la presente invención relacionado con el reciclaje y la utilización de flujos de bajo valor como los lodos aceitosos clarificados (CSO) 116 y la gasolina de pirólisis 123 para producir una materia prima adecuada para un craqueador de vapor. En consecuencia, una corriente de lodos aceitosos clarificados 116 procedente de la unidad catalítica de fluido residual 103 se recicla y se combina con una corriente de lodos aceitosos 123 procedente de un craqueador de vapor para ser procesada en una unidad de desasfaltado 108. En la unidad de desasfaltado, el asfalteno se separa y se suministra a una unidad de oxidación parcial o a un proceso de producción de asfalto, y la corriente de aceite desasfaltado (DAO) 127 se combina con los fondos de la torre atmosférica 111 y se procesa en el hidrotratador para reducir el microcarbón, el azufre y los metales. Durante esta etapa de procesamiento, se producen materiales más ligeros 201, como la nafta y el gasóleo, que se separan mediante dispositivos de separación convencionales conocidos por los expertos en la materia, y se suministran a una etapa adicional de saturación de aromáticos o directamente a la unidad de craqueo al vapor. Los fondos de la torre atmosférica 112 tratados con hidrógeno se procesan en una unidad de craqueo catalítico de fluidos residuales 103 que opera a alta severidad para maximizar la producción de propileno. Se observará claramente que existe un aumento de aproximadamente el 16% de la materia prima adecuada para el craqueo al vapor, lo que indica los beneficios sustanciales de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso integrado para aumentar la producción de olefinas a partir de residuos de craqueo pesado, que comprende:

5 hidrotratamiento de una corriente de residuos de hidrocarburos pesados con un primer hidrotratador para formar una primera corriente de residuos hidrotratados;
 craquear catalíticamente la primera corriente de residuos tratados con hidrógeno en una unidad de craqueo catalítico de fluidos para formar una corriente de gas licuado de petróleo, una corriente de nafta, una corriente de gas seco, una corriente de lodos aceitosos clarificados y una corriente de aceite de ciclo ligero;
 10 hidrotratamiento de la corriente de nafta en un segundo hidrotratador para formar una corriente de nafta tratada con hidrógeno;
 hidrocraqueo de la corriente de aceite de ciclo ligero en un hidrocraqueador para formar una corriente de hidrocarburos craqueados;
 mezclar la corriente de nafta tratada con hidrógeno y la corriente de hidrocarburos craqueados para formar una corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados;
 15 saturar la corriente de hidrocarburos aromáticos mezclados en una unidad de saturación de aromáticos para formar una corriente de hidrocarburos saturados;
 craqueo al vapor de la corriente de hidrocarburos saturados en una unidad de craqueo al vapor para formar una primera corriente de olefinas, una corriente de aceite de pirólisis y una corriente de gasolina de pirólisis;
 20 mezclar la corriente de lodos aceitosos clarificados y la corriente de aceite de pirólisis para formar una corriente de aceite de reciclaje;
 desasfaltar la corriente de aceite reciclado en una unidad de desasfaltado con disolvente para formar una corriente de aceite desasfaltada y una corriente rica en asfaltenos;
 hidrotratamiento de la corriente de aceite desasfaltado y de la corriente de residuos de hidrocarburos pesados con el primer hidrotratador para formar una segunda corriente de residuos hidrotratados; y
 25 suministrar la segunda corriente de residuos tratados con hidrógeno a la unidad de craqueo catalítico fluido y repetir el proceso integrado para formar una segunda corriente de olefinas.

2. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además: combinar la primera corriente de olefinas y la segunda corriente de olefinas para obtener un rendimiento final de olefinas superior al de un proceso sustancialmente similar sin el desasfaltado, y sin el hidrotratamiento de la corriente de aceite desasfaltado y de la corriente de residuos de hidrocarburos pesados.

3. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además: mezclar la corriente de residuos de hidrocarburos pesados con la corriente de aceite reciclado antes del desasfaltado.

4. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además: recoger al menos una parte de la corriente rica en asfaltenos para su procesamiento en asfalto.

35 5. El proceso de la reivindicación 1, en el que el craqueo al vapor forma gas hidrógeno además de la primera corriente de olefinas, la corriente de aceite de pirólisis y la corriente de gasolina de pirólisis, opcionalmente en el que se suministra al menos una parte del gas hidrógeno al primer hidrotratador, al segundo hidrotratador o a ambos.

6. El proceso de la reivindicación 1, en el que la corriente de aceite de ciclo ligero se satura antes del hidrocraqueo.

40 7. El proceso de la reivindicación 1, en el que la corriente de aceite de ciclo ligero es hidrotratada antes del hidrocraqueo.

8. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además: eliminar las partículas de la corriente de lodos aceitosos clarificados, la corriente de aceite reciclado, o ambas.

9. El proceso de la reivindicación 1, en el que la corriente de lodos aceitosos clarificados y la corriente de aceite de pirólisis se mezclan en presencia de un disolvente orgánico miscible.

45 10. El proceso de la reivindicación 1, en el que la unidad de craqueo catalítico fluido es una unidad de craqueo catalítico fluido de residuos.

11. El proceso de la reivindicación 1, que comprende además:

50 coquizar al menos una parte de la corriente rica en asfaltenos para formar una corriente de hidrocarburos ligeros; y
 craqueo al vapor de la corriente de hidrocarburos ligeros para formar una tercera corriente de olefinas.

12. El proceso de la reivindicación 11, que comprende además cualquiera de los siguientes:

i) combinar la primera corriente de olefinas, la segunda corriente de olefinas y la tercera corriente de olefinas para obtener un rendimiento final de olefinas superior al de un proceso sustancialmente similar sin el

desasfaltado, la coquización, el craqueo al vapor de la corriente de hidrocarburos ligeros y el hidrotratamiento de la corriente de petróleo desasfaltada y de la corriente de residuos de hidrocarburos pesados;

- 5 ii) mezclar la corriente de residuos de hidrocarburos pesados con la corriente de aceite reciclado antes del desasfaltado; o
 iii) eliminar las partículas de la corriente de lodos aceitosos clarificados, de la corriente de aceite reciclado, o de ambas.

13. El proceso de la reivindicación 1, comprende además oxidar parcialmente al menos una parte de la corriente rica en asfaltenos para producir una corriente de gas de síntesis.

14. El proceso de la reivindicación 13, que comprende además cualquiera de los siguientes:

- 10 i) en el que la corriente de gas de síntesis comprende gas hidrógeno y el proceso comprende además la separación de al menos una parte del gas hidrógeno de la corriente de gas de síntesis y su suministro al primer hidrotratador, al segundo hidrotratador o a ambos;
- ii) suministrar al menos una parte del flujo de gas de síntesis a una unidad de procesamiento para la fabricación de oxoaldehídos u oxoalcoholes;
- 15 iii) mezclar la corriente de residuos de hidrocarburos pesados con la corriente de aceite reciclado antes del desasfaltado; o
 iv) eliminar las partículas de la corriente de lodos aceitosos clarificados, de la corriente de aceite reciclado, o de ambas.

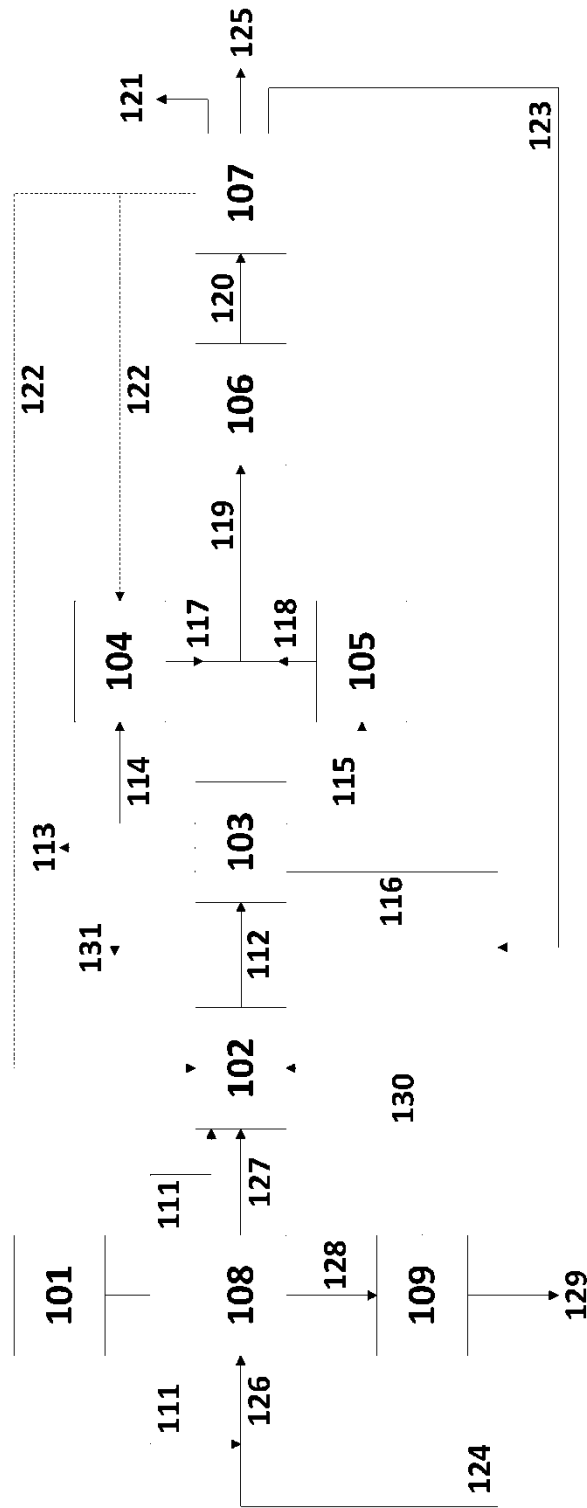


Fig. 1

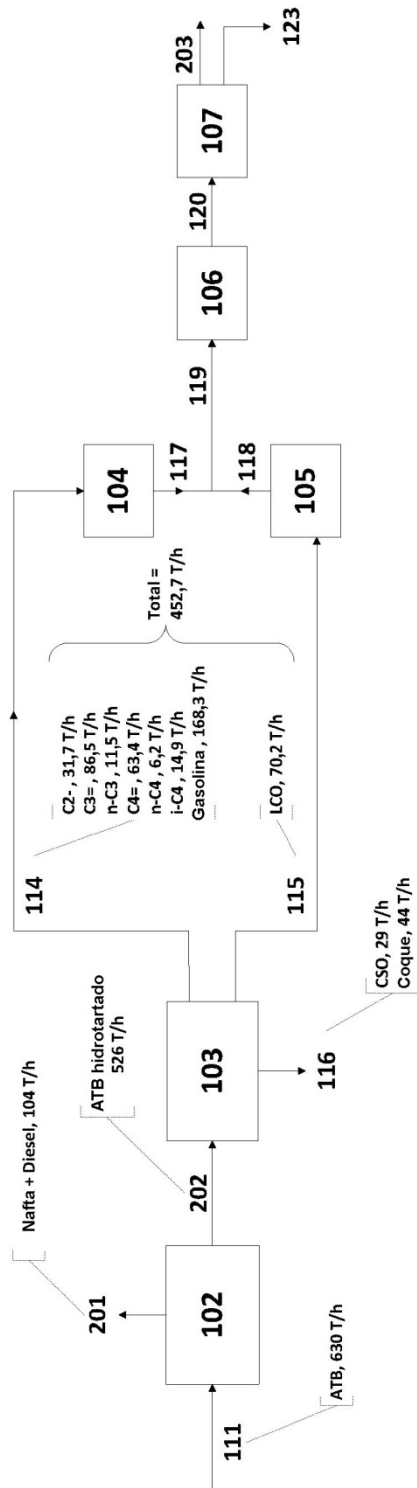


Fig. 2

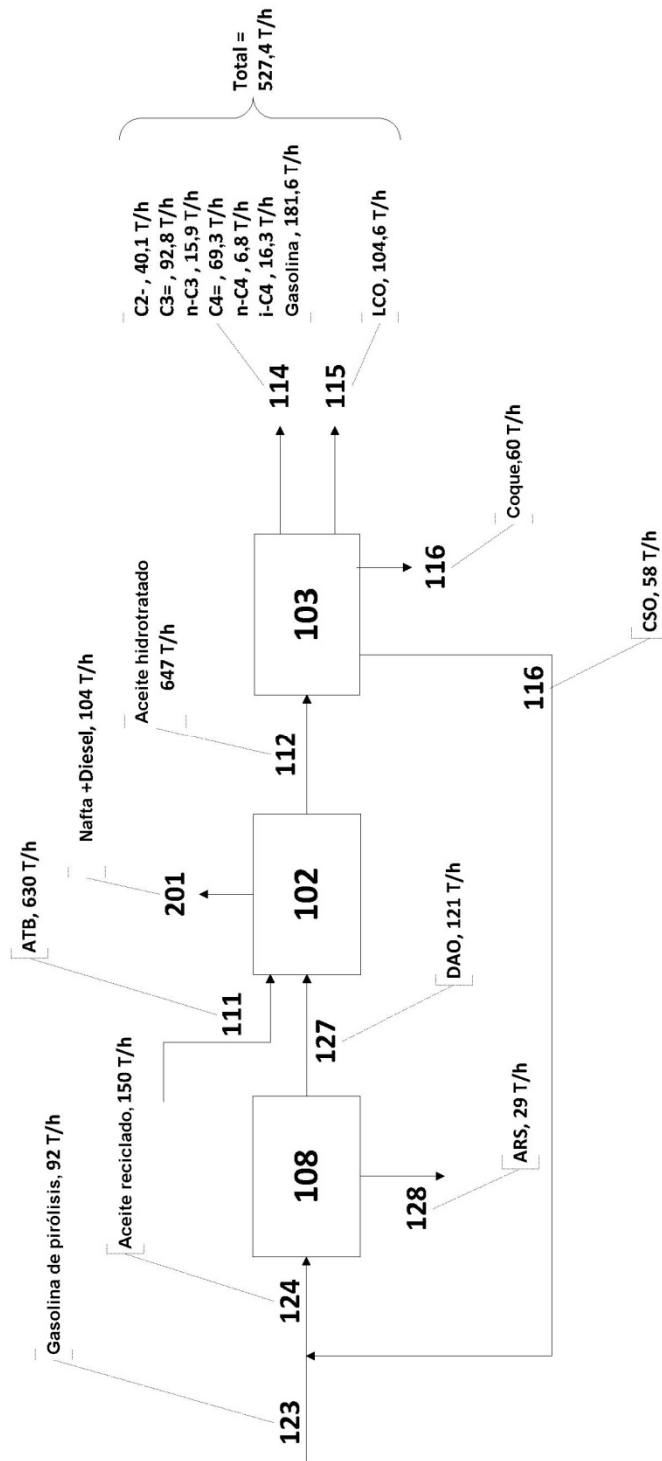


Fig. 3