(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 792 855**

(51) Int. CI.:

C10G 47/26 (2006.01)
C10G 65/12 (2006.01)
C10G 67/02 (2006.01)
C10G 65/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.11.2015 PCT/IB2015/002443**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **12.05.2016 WO16071776**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2015 E 15823761 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 3215589**

(54) Título: **Procedimiento y equipamiento para hidroconversión de hidrocarburos**

(30) Prioridad:

06.11.2014 EP 14192098

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.11.2020

(73) Titular/es:

BP EUROPA SE (100.0%)
Überseeallee 1
20457 Hamburg, DE

(72) Inventor/es:

SCHLEIFFER, ANDREAS y
ZIEGELAAR, PAUL

(74) Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

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

Procedimiento y equipamiento para hidroconversión de hidrocarburos

CAMPO TÉCNICO

[0001] La descripción se refiere a un procedimiento para la conversión por hidrogenación térmica de materias primas de hidrocarburos pesados.

ANTECEDENTES

[0002] Como el suministro mundial de crudo petrolífero se hace cada vez más pesado y contiene niveles de azufre superiores, hay un reto para satisfacer la demanda creciente de carburantes ligeros, de alta calidad y con bajo contenido de azufre para el transporte. La mejora de las materias primas de hidrocarburos pesados puede ayudar a satisfacer esta demanda. Varios procedimientos son útiles para mejorar las materias primas de hidrocarburos pesados. Uno de tales procedimientos se conoce como hidrocraqueo en fase de suspensión. El hidrocraqueo en fase de suspensión convierte cualquier materia prima que contienen hidrógeno y carbono derivada de aceites minerales, aceites sintéticos, carbón, procesos biológicos y similares, residuos de hidrocarburos, tales como residuo de vacío (RV), residuo atmosférico (RA), fondos desasfaltados, alquitrán de hulla y similares, en presencia de hidrógeno a temperaturas altas y presiones altas, por ejemplo, de aproximadamente 400 ºC (750 ºF) a aproximadamente 500 ºC (930 ºF), y de aproximadamente 10 000 kPa (1450 psig) a aproximadamente 27 500 kPa (4000 psig), o superiores. Para impedir la coquización excesiva durante la reacción, se pueden añadir partículas de aditivo en polvo finamente dividido hechas de carbón, sales de hierro u otros materiales a la alimentación de líquido. Dentro del reactor, la mezcla de líquido/polvo se comporta idealmente como una única fase homogénea debido al pequeño tamaño de las partículas de aditivo. En la práctica, el reactor se puede hacer funcionar como un reactor de columna de burbujas de flujo ascendente o como un reactor de lecho de ebullición circulante y similares con tres fases debido a que la composición de hidrógeno y productos de reacción ligeros contribuye a una fase gaseosa, las partículas de aditivo más grandes contribuyen a una fase sólida y las partículas de aditivo más pequeñas, la materia prima y los productos de reacción más pesados contribuyen a la fase líquida, comprendiendo la combinación de aditivo y líquido la suspensión. En el hidrocraqueo en fase de suspensión, la conversión de la materia prima puede superar 90 % en productos convertidos valiosos, e incluso más de 95 % cuando la materia prima es un residuo de vacío.

[0003] Un ejemplo de hidrocraqueo en fase de suspensión se conoce como tecnología Veba Combi-Cracking™ (VCC™). Esta tecnología funciona típicamente en un modo directo en el que un aditivo particulado con derecho de propiedad registrado se añade a una materia prima pesada, tal como residuo de vacío (RV), para formar una alimentación de suspensión. La alimentación de suspensión se carga con hidrógeno y se calienta a temperaturas reactivas para craquear el residuo de vacío en productos más ligeros. Los productos de conversión vaporizados se pueden o no hidrotratar y/o hidrocraquear adicionalmente en un reactor de catalizador en lecho fijo secundario. Esto produce una amplia gama de productos de destilado que incluyen gasóleo de vacío, destilado medio (tal como gasoil y queroseno), nafta y gas ligero.

[0004] A pesar de que el hidrocraqueo en fase de suspensión se conoce para el tratamiento de fracciones pesadas obtenidas a partir de crudo petrolífero destilado, muchas refinerías utilizan otras unidades de procesamiento autónomas para convertir las fracciones medias de crudo petrolífero en productos de gasoil y gasolina más valiosos. Por ejemplo, el gasóleo de vacío pesado se puede enviar a una unidad de hidrocraqueo autónoma para producir gasoil, queroseno y gasolina hidrocraqueados. El gasóleo de vacío y el destilado atmosférico pesado se pueden enviar a una unidad de craqueo catalítico fluido (FCC) autónoma para producir gasolina FCC. Los destilados medios (gasoil y queroseno) obtenidos a partir de una unidad de destilación atmosférica pueden recibir un tratamiento final con una unidad de hidrotratamiento para obtener gasoil o combustible para turbinas a reacción finales. Las fracciones de nafta se pueden introducir en una unidad de hidrotratamiento antes de ser enviadas a una unidad de reformado catalítico o unidad de isomerización para obtener reformado o isomerado útiles para su combinación en una mezcla de gasolinas.

[0005] A pesar de los diversos procedimientos y alternativas disponibles para mejorar las fracciones de hidrocarburos pesados y crudo petrolífero más ligero, todavía hay una necesidad de mejorar los procedimientos existentes para obtener beneficio en términos de coste económico, eficacia y efectividad de las operaciones de las unidades. Asimismo, en el diseño de refinerías totalmente nuevas, hay oportunidades para desarrollar esquemas de flujo más sencillos, con menos unidades de proceso autónomas, a la vez que mantener una gama de productos totalmente modernizada, reduciendo significativamente de ese modo la complejidad operacional y los requisitos de capital.

[0006] El documento US 2013/0240406 describe un procedimiento para convertir una corriente de hidrocarburo. El documento US 2010/0122934 describe métodos de hidrocraqueo en fase de suspensión (SHC) y coquización integrados para fabricar destilados de hidrocraqueo en fase de suspensión (SHC).

RESUMEN

[0007] Según la invención, se proporcionan procedimientos y equipamientos según las reivindicaciones adjuntas.

[0008] En esta memoria se describe un procedimiento y equipamiento para el procesamiento de materias primas de hidrocarburos diseñado en torno a una unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión que proporciona un esquema de flujo de una refinería sencillo, con menos unidades de procesamiento autónomas.

[0009] El procedimiento según la invención incluye, entre otras etapas: introducir una materia prima de hidrocarburo en una unidad de destilación atmosférica para formar productos que incluyen destilado ligero de destilación directa, destilado medio de destilación directa y fondos atmosféricos; introducir los fondos atmosféricos en una unidad de destilación al vacío para formar productos que incluyen gasóleo de vacío de destilación directa y residuo de vacío; introducir el residuo de vacío en uno o más reactores de suspensión de hidroconversión primarios de una unidad de hidrocraqueo en suspensión para formar productos de reacción primarios; introducir los productos de reacción primarios y el gasóleo de vacío de destilación directa en una sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria de la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión para formar productos de reacción secundarios; introducir los productos de reacción secundarios en una unidad de fraccionamiento para formar productos recuperados, que incluyen gas combustible, nafta recuperada, destilado medio recuperado y gasóleo de vacío no convertido recuperado; e introducir al menos una porción del gasóleo de vacío no convertido recuperado como una corriente de recirculación en la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria de la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión, donde la unidad de destilación atmosférica y la unidad de destilación al vacío no producen productos que se introducen en una unidad de craqueo catalítico fluido (FCC). Preferentemente, no se introducen tales productos en una unidad de coquización o una unidad de hidrocraqueo autónoma.

[0010] El equipamiento según la invención incluye las unidades según la reivindicación 7.

[0011] Estos y otros aspectos y realizaciones de la descripción y las ventajas correspondientes se ilustran más pormenorizadamente con referencia a los dibujos y la descripción detallada siguientes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0012]

La FIG. 1 es un diagrama de flujo de proceso simplificado representativo de las unidades de procesamiento y el equipamiento principales de una refinería. La FIG. 2 es un diagrama de flujo de proceso simplificado representativo de la unidad de proceso de hidrocraqueo en fase de suspensión.

La FIG. 3 es otro diagrama de flujo de proceso simplificado representativo de la unidad de proceso de hidrocraqueo en fase de suspensión.

La FIG. 4 es un esquema de flujo de proceso simplificado para la simulación de una refinería que incluye una unidad de proceso de hidrocraqueo en fase de suspensión.

La FIG. 5 es un esquema de flujo de proceso simplificado para la simulación de un ejemplo comparativo de una refinería que incluye una unidad de proceso de hidrocraqueo en fase de suspensión y una unidad de craqueo catalítico fluido.

La FIG. 6 es un esquema de flujo de proceso simplificado para la simulación de un ejemplo comparativo de una refinería que incluye una unidad de coquización retardada y una unidad de craqueo catalítico fluido.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0013] Una configuración sencilla para un esquema de flujo de una refinería, un procedimiento petroquímico y/o un equipamiento de refinado se puede implementar con un procedimiento de hidrocraqueo en fase de suspensión, tal como la tecnología Veba Combi-Cracking™ (VCC™). El esquema de flujo de la refinería se beneficia de los reactores de hidrocraqueo e hidroprocesamiento integrados de la unidad VCC (es decir, unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión) para eliminar las unidades de hidrocraqueo autónomas, la unidad de craqueo catalítico fluido (FCC), la unidad de coquización y las unidades de hidrotratamiento autónomas presentes en los esquemas de flujo de las refinerías convencionales. Una característica de la tecnología de hidrocraqueo en fase de suspensión usada en diversas realizaciones de la descripción es el potencial para combinar gasóleo virgen con el producto del reactor de suspensión de hidrocraqueo primario (p. ej., reactor de hidroconversión en fase líquida) como alimentación a la sección de reacción de hidroprocesamiento catalítico secundaria integrada (p. ej., reactores de hidroprocesamiento en fase gaseosa o fase mixta) de la unidad de hidrocraqueo en suspensión.

[0014] Otra característica de la tecnología de hidrocraqueo en fase de suspensión usada en diversas realizaciones de la descripción es la capacidad para hidrocraquear gasóleo en la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria integrada de la unidad VCC. Esto se puede hacer convencionalmente en una o más vasijas de reactor para hidrotratar a niveles de nitrógeno bajos, seguido de hidrocraqueo sobre catalizador bifuncional de hidrocraqueo, seguido de postratamiento para minimizar la recombinación de azufre. Asimismo, la hidroconversión en la segunda etapa actúa como una etapa de postratamiento para el tratamiento final del producto hidrocraqueado

del reactor de hidrocraqueo en suspensión primario. El postratamiento se puede realizar en un reactor independiente que está integrado en la sección de alta presión de la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión después de la etapa de hidrocraqueo para procesar todos los efluentes del hidrocraqueo. Además, el gasoil de destilación directa y/o la nafta de destilación directa de la columna de destilación atmosférica de la unidad de crudo se pueden alimentar a la sección de postratamiento. La sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria integrada también se puede denominar sistema multirreactor de hidroprocesamiento secundario. Como tal, el sistema multirreactor puede consistir en de uno a cinco reactores, cada uno ellos con uno o más lechos de catalizador, con una configuración preferida de tres reactores, tal como se ilustra de manera ejemplar más adelante.

[0015] Beneficiándose de la temperatura alta y las presiones altas a las que funciona la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión, es posible incorporar la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión en el corazón de la sección de reacción en la configuración de una refinería para proporcionar un esquema de flujo más sencillo que los diseños de refinerías del estado de la técnica actual y al mismo tiempo proporcionar una retención de carbón y, por lo tanto, rendimientos de productos líquidos, superiores. Esto resulta particularmente ventajoso para procesar crudos petrolíferos pesados que contienen volúmenes altos de residuo de vacío, pero también resulta ventajoso para una amplia gama de crudos petrolíferos ácidos medios y pesados, por ejemplo, crudos petrolíferos que tienen un API inferior a 32°, o preferentemente inferior a 30° o, en otros términos, una densidad relativa (DR) superior a 0,86, o preferentemente 0,88 o superior. Los crudos petrolíferos ventajosos de procesar incluyen, por ejemplo, pero no se limitan a, Arabian Heavy (API 27,7°, DR 0,89) (donde DR es la abreviatura de densidad relativa), Kuwait Blend (API 30,2°, DR 0,88), Maya (API 21,8°, DR 0,92), Merey (API 16°, DR 0,96) y North Slope Alaska (API 31,9°, DR 0,87). Otras materias primas de hidrocarburos que se pueden procesar incluyen Canadian Heavy, Russian Heavy, arenas petrolíferas, lodos de carbón y otros hidrocarburos con un API tan bajo como 8,6°, por ejemplo, o inferior, o una DE tan alta como 1,01, por ejemplo, o superior.

[0016] Una unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión convencionalmente procesa residuo de vacío como materia prima principal, y se considera una tecnología superior a la coquización. Una unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión, en particular una unidad VCC, puede obtener más de 95 % de conversión del residuo de vacío con rendimientos de líquido superiores a la coquización y otras tecnologías de mejora de fondos. Como la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión mejora ventajosamente el residuo de vacío en destilados más ligeros de valor superior, la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión puede integrar una amplia gama de materias primas más ligeras de otras corrientes de la unidad de crudo. Por ejemplo, en una realización del esquema de flujo de la refinería, la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión puede estar configurada para procesar gasóleos vírgenes, tales como gasóleo de vacío de una columna de destilación al vacío de la unidad de crudo, en su sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria integrada. Además, la presión de funcionamiento de la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria integrada es suficiente para soportar operaciones de hidrotratamiento y/o hidrocraqueo completas. Como resultado, la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión puede incorporar varias etapas de procesamiento de la refinería incluidas anteriormente en los esquemas de flujo de las refinerías convencionales.

[0017] Por consiguiente, las realizaciones del esquema de flujo de la refinería proporcionan varias ventajas. La unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión en el corazón del esquema de flujo de la refinería tiene capacidad para coprocesar gasóleo virgen de la unidad de crudo de la refinería. La unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión tiene capacidad para hidrocraquear gasóleo en la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria, eliminando así la necesidad de unidades de procesamiento de gasóleo independientes en la refinería, tales como una unidad de hidrocraqueo de gasóleo o una unidad de hidrocraqueo catalítico fluido (FCC) autónomas. Una unidad FCC típicamente quema 5-10 % del contenido de carbón en su alimentación en el regenerador de catalizador. Por tanto, resulta ventajoso no incluir una unidad FCC para obtener una retención de carbón superior en los productos de carburante líquido y reducir la producción de gasolina, así como para permitir un ahorro significativo de capital de la estructura de refinería simplificada.

[0018] La unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión también se puede configurar para proporcionar una desulfuración profunda de los productos, tal como que incluye, pero no se limite a, tratamiento de gasoil a especificaciones de ULSD y tratamiento de nafta a especificaciones de alimentación de reformado típicas, eliminando así la necesidad de unidades de hidrotratamiento independientes en la refinería tales como unidades de hidrotratamiento de gasoil y unidades de hidrotratamiento de nafta autónomas. Como resultado de estas ventajas, las realizaciones del esquema de flujo de la refinería pueden producir más productos de carburantes para el transporte (gasolina, combustible para turbinas a reacción y gasoil) por barril de crudo petrolífero en comparación con los diseños de las refinerías convencionales, que incluyen unidades de hidrocraqueo de gasóleo. Las realizaciones del esquema de flujo de la refinería pueden ser especialmente adecuadas para mercados en los que el gasoil es el producto preferido para el transporte, y las operaciones de la refinería se pueden ajustar para proporcionar una amplia gama de relaciones de producción de gasolina-gasoil en función de las demandas temporales y estacionales.

[0019] Un esquema de flujo de la refinería que utiliza las ventajas antes mencionadas incluye un procedimiento para la conversión de materias primas de hidrocarburos. El procedimiento incluye: introducir una materia prima de hidrocarburo, tal como un crudo petrolífero, en una unidad de destilación de crudo atmosférico para formar productos

que incluyen destilado ligero de destilación directa, tal como nafta de destilación directa, destilado medio de destilación directa y fondos atmosféricos; introducir los fondos atmosféricos en una unidad de destilación al vacío para formar productos que incluyen gasóleo de vacío de destilación directa y residuo de vacío; introducir el residuo de vacío en un reactor de hidroconversión primario en fase de suspensión de una unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión para formar productos de reacción primarios; introducir los productos de reacción primarios y el gasóleo de vacío de destilación directa en una sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria de la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión para formar productos de reacción secundarios; introducir los productos de reacción secundarios en una unidad de fraccionamiento para formar productos recuperados, que incluyen gas combustible, nafta recuperada, destilado medio recuperado y gasóleo de vacío recuperado; e introducir el gasóleo de vacío recuperado como una corriente de recirculación en la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria de la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión. Preferentemente, de forma sustancial todo el gasóleo de vacío recuperado se introduce en la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria de la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión. Preferentemente, no se introduce ningún producto de la unidad de destilación de crudo atmosférico o la unidad de destilación al vacío en una unidad de craqueo catalítico fluido.

[0020] El destilado medio de destilación directa se introduce con el gasóleo de vacío de destilación directa en la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria de la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión.

[0021] En otro aspecto, el procedimiento obtiene productos recuperados de la unidad de fraccionamiento de hidrocraqueo en suspensión que representan un rendimiento de líquido superior a 80 %, preferentemente superior a 85 %, con respecto a la cantidad de fondos atmosféricos. El procedimiento también puede obtener productos recuperados de la unidad de fraccionamiento de hidrocraqueo en suspensión que incluyen una retención de carbón superior a 85 %, preferentemente superior a 90 %, con respecto a la cantidad de carbón en los fondos atmosféricos. En otro aspecto, los rendimientos de líquido y/o la retención de carbón mencionados se pueden obtener usando como materia prima de hidrocarburo un crudo petrolífero pesado que comprende un API inferior a 32º, o preferentemente inferior a 30º, o un crudo petrolífero pesado que comprende una densidad relativa de 0,86 o superior, o preferentemente 0,88 o superior.

[0022] Una ventaja del esquema de flujo de la refinería es que ciertas unidades de procesamiento presentes en las refinerías convencionales se pueden eliminar. Como tal, en una realización preferida del esquema de flujo de la refinería, la unidad de destilación atmosférica y la unidad de destilación al vacío no producen productos que son introducidos en una unidad de craqueo catalítico fluido (FCC). También se prefiere opcionalmente que la nafta de destilación directa no se introduzca en una unidad de hidrotratamiento de nafta, y opcionalmente se prefiere que el destilado medio de destilación directa no se introduzca en una unidad de hidrotratamiento de gasoil, eliminando así la necesidad de ambas unidades de hidrotratamiento autónomas. Asimismo, en ciertas configuraciones, las unidades de hidrocraqueo de gasoil y/o coquización autónomas se pueden eliminar.

[0023] Otra ventaja del esquema de flujo de la refinería es que ciertos productos pesados de bajo valor se pueden eliminar beneficiándose de la capacidad de la unidad VCC para mejorar alimentaciones más pesadas. Como tal, en las realizaciones preferidas del esquema de flujo de la refinería no se produce gasóleo pesado ni asfalto como producto. Además, sin una unidad de coquización, no se produce coque de petróleo como producto.

[0024] Para implementar las realizaciones del esquema de flujo de la refinería, se pueden proporcionar diversas realizaciones del equipamiento de la refinería. En una realización, un equipamiento integral de una refinería de hidrocarburos para producir un producto de destilado ligero, tal como nafta, y un producto de destilado medio, tal como gasoil, incluye una unidad de destilación atmosférica; una unidad de destilación al vacío que recibe una primera corriente de alimentación de la unidad de destilación atmosférica; una unidad de hidrocraqueo en suspensión que recibe una segunda corriente de alimentación de la unidad de destilación al vacío y una tercera corriente de alimentación de la unidad de destilación atmosférica; y una unidad de fraccionamiento que recibe una cuarta corriente de alimentación que comprende un producto de la unidad de hidrocraqueo en suspensión y que produce productos que incluyen un producto de nafta, un producto de destilado medio; con la condición de que el equipamiento de la refinería no incluye una unidad de craqueo catalítico fluido. Preferentemente, el equipamiento de la refinería no incluye ninguna unidad de hidrocraqueo de gasóleo autónoma. En realizaciones preferidas, el equipamiento de la refinería no incluye una unidad de hidrotratamiento de nafta y/o no incluye una unidad de hidrotratamiento de gasoil.

[0025] La unidad de hidrocraqueo en suspensión incluye un reactor de suspensión de hidroconversión primario en comunicación con una sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria que incluye un reactor de hidrocraqueo, donde el reactor de suspensión de hidroconversión primario recibe la segunda corriente de alimentación y la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria recibe la tercera corriente de alimentación. La unidad de fraccionamiento incluye una corriente de producto en comunicación de recirculación con un segundo reactor de hidroprocesamiento secundario, mediante el cual el gasóleo de vacío se puede recircular con la corriente de alimentación al reactor de hidroprocesamiento.

[0026] La unidad de hidrocraqueo en suspensión puede incluir además un reactor de hidrotratamiento en comunicación con la unidad de fraccionamiento, donde el reactor de hidrotratamiento recibe corrientes de alimentación

de la unidad de destilación atmosférica, tales como nafta de destilación directa y/o gasoil de destilación directa. Otro equipamiento útil para el esquema de flujo de la refinería resultará evidente para un experto en la materia en base a las descripciones y los ejemplos de los procedimientos llevados a cabo mediante este esquema de flujo de la refinería siguientes.

[0027] Remitiéndonos a la Figura 1, se muestra un diagrama de un flujo de proceso simplificado que no incluye todas las unidades según la invención que ilustra un esquema de flujo de la refinería que incorpora una unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión según las enseñanzas de esta memoria. La refinería 10 incluye una corriente de alimentación de crudo petrolífero 12 que se introduce en una unidad de destilación de crudo (CDU) 14. Los productos importantes de relevancia de la unidad de destilación de crudo son la corriente de nafta de destilación directa 16, la corriente de destilado medio de destilación directa 18 y los fondos 20 de la columna de destilación atmosférica de la unidad de destilación de crudo. La corriente de producto gaseoso 22 de la unidad de destilación de crudo se procesa con técnicas de procesamiento en unidades de procesamiento de hidrocarburos ligeros y unidades de recuperación de azufre 23. Se pueden obtener más productos de la unidad de destilación de crudo, pero en esta realización se puede obtener una configuración de la refinería simplificada usando fracciones de intervalos de puntos de ebullición amplios en la corriente de producto de nafta de destilación directa 16 y la corriente de producto de destilado medio 18.

[0028] Los fondos atmosféricos 20 se introducen como corriente de alimentación a la unidad de destilación al vacío 24. La unidad de destilación al vacío produce una corriente de producto de gasóleo de vacío (VGO) 26 y una corriente de producto de residuo de vacío 28. El residuo de vacío 28 se introduce a la sección de reacción primaria en fase de suspensión 32 de la unidad de hidrocraqueo en suspensión 30. Preferentemente, la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión 30 es una unidad Veba Combi-Cracking™ (VCC). Sin embargo, otras unidades de hidrocraqueo en fase de suspensión autorizadas por otros se pueden configurar para que funcionen en configuraciones de la refinería similares como se describe en esta memoria. La corriente de VGO 26 se introduce a la sección de reacción secundaria 34 de la VCC. La corriente de producto de destilado medio 18 se puede introducir en secciones de corriente media de la sección de reacciones secundaria 34, como se describe más pormenorizadamente más adelante. Opcionalmente, la corriente de producto de VGO 26 se puede combinar con la corriente de producto de destilado medio 18 antes de ser introducida a la segunda etapa 34 de la unidad VCC.

[0029] La corriente de residuo de vacío 28 se introduce en la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión como una corriente de alimentación para la sección de reacción de hidroconversión en suspensión secundaria 32. El producto de reacción primario 36 se introduce como corriente de alimentación a la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria 34. Un producto de residuo de la VCC pesado 38 de la sección de reactor primaria se puede recircular a la materia prima de esta unidad (no mostrada), o se puede usar para otros productos, tales como brea o asfalto. Los productos de reacción combinados 40 de la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria 34 se introducen a la unidad de fraccionamiento de productos 42.

[0030] La unidad de fraccionamiento de productos 42 incluye una columna de fraccionamiento de productos y otro equipamiento para separar los productos de reacción de la unidad de hidrocraqueo en suspensión en una gama de diversos destilados y otros productos, que pueden estar esencialmente exentos de azufre. Los productos incluyen una corriente de gas ligero (p. ej., GLP) 44, una corriente de producto de nafta 46, una corriente de producto de queroseno de destilado medio 48, una corriente de producto de gasoil 50 y una corriente de producto de gasóleo de vacío recuperado 52. Preferentemente, la corriente de producto de gasoil 50 tendrá un índice de cetanos suficiente para ser usada para producir un producto de gasoil Euro-5. La corriente de producto de nafta 46 puede ser una materia prima 54 adecuada para la unidad de reformado catalítico 56 para fabricar productos petroquímicos o de gasolina. La corriente de producto de gasoil de vacío recuperado 52 se recircula a la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión 30 como una corriente de alimentación adicional 66 a la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria 34. Opcionalmente, una porción de la corriente de producto de gasóleo de vacío recuperado 68 se puede usar como un producto de fueloil.

[0031] En otras realizaciones, la corriente de producto de nafta de destilación directa 16 (o un corte de destilado ligero más amplio, en función de las operaciones de la CDU 14) se puede enviar a una unidad de hidrotratamiento de destilado ligero autónoma 58. La corriente de producto 60 se puede introducir a una unidad de reformado 56 o una unidad de isomerización (no mostrada). Cuando se corta un destilado ligero más amplio de la CDU, el destilado hidrotratado 62 se puede fraccionar con el corte de nafta más ligero introducido a la unidad de reformado y el corte de producto de queroseno más pesado 64 se puede combinar con el corte de producto de queroseno 48 de la unidad de fraccionamiento 42 de la unidad de hidrocraqueo en suspensión. Opcionalmente, una porción de la corriente de destilado medio de destilación directa 18 se puede enviar a una unidad de hidrotratamiento de gasoil autónoma (no mostrada), cuyo producto se puede combinar con el gasoil del producto 50 de la unidad de fraccionamiento 42 de la unidad de hidrocraqueo en suspensión. Opcionalmente, se puede usar una unidad de reformado de metano con vapor 25 para convertir el gas natural para proporcionar una fuente de gas de reposición de hidrógeno 27 a la unidad de hidrocraqueo en suspensión 30, o gas de reposición de hidrógeno 29 a la unidad de hidrotratamiento de destilado ligero 58.

[0032] Típicamente, la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión puede funcionar sobre una amplia gama

de productos de alimentación y finales. Típicamente, el residuo de la unidad de destilación al vacío tiene un corte de temperatura superior a 540 ºC y el gasóleo de vacío (VGO) de destilación directa tiene un corte de temperatura entre aproximadamente 320 ºC y 540 ºC. De estas alimentaciones, el fraccionador de producto de la VCC puede funcionar para proporcionar una gama de productos con los cortes de temperatura típicos siguientes, que varían entre: nafta 70-180 ºC, queroseno 160-280 ºC, gasoil 240-380 ºC y fracción pesada no convertida (UCO) 320-540 ºC. Los productos finales pueden variar de gasolina a entre 50-220 ºC, queroseno a entre 160-300 ºC y gasoil a entre 180-380 ºC.

[0033] Remitiéndonos a la Figura 2, se muestra un diagrama de flujo de proceso simplificado que ilustra una unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión y puede ser útil en un esquema de flujo de la refinería como se muestra en la Figura 1. El efluente del reactor 70 de un primer reactor de hidroconversión en fase de suspensión primario (no mostrado) se introduce en un separador caliente 72. La corriente de fondos 74 del separador caliente incluye el residuo de hidrocraqueo en suspensión y se alimenta a una unidad de destilación al vacío de suspensión 76. La corriente de producto en fase gaseosa ligero 78 del separador caliente se puede combinar con la corriente de destilados pesados 80 recuperada de la unidad de destilación al vacío de suspensión y la corriente de alimentación combinada 82 se puede combinar con la corriente de gasóleo de vacío 84 recuperada de la unidad de destilación al vacío de crudo petrolífero e introducir como alimentación a la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria, que incluye los reactores cargados con catalizador 86 y 88.

[0034] Los reactores catalíticos secundarios 86 y 88 pueden incluir secciones de catalizador de lecho fijo para el hidrotratamiento, hidrocraqueo y postratamiento integrados de la alimentación combinada. Alternativamente, se pueden usar reactores independientes para los diferentes catalizadores. El efluente 90 del segundo reactor secundario 88 se puede combinar con una corriente de corte de destilado medio de destilación directa 92 de la unidad de destilación atmosférica de crudo y alimentar a un tercer reactor de hidroprocesamiento secundario 94 que incluye una sección de catalizador de lecho fijo para el postratamiento final e hidrotratamiento de la corriente de destilado medio. La temperatura de funcionamiento del reactor secundario varía típicamente de 300 a 400 ºC (572 a 752 ºF). Las presiones del reactor secundario se programan típicamente en función de los requisitos de presión para la sección de reacción primaria de tal manera que el equipo de compresión de gas habitual se puede usar para ambas etapas.

[0035] Los catalizadores de hidrotratamiento adecuados para la sección de reactor de hidroprocesamiento secundaria generalmente consisten en una fase activa dispersada sobre vehículo de área superficial alta. La fase activa es generalmente una combinación de metales del Grupo VIII y VIB en forma de sulfuros. El vehículo es generalmente alúmina gamma con diversos promotores que incluyen elementos del Grupo IIA-VIIA y zeolitas. El tamaño de partícula, la forma y la estructura de los poros del catalizador se optimizan para las materias primas específicas que se van a procesar.

[0036] Los catalizadores de hidrocraqueo adecuados para los reactores de hidroprocesamiento secundarios pueden contener una función tanto de craqueo como de hidrogenación y, por lo tanto, generalmente se denominan catalizadores bifuncionales. La función de craqueo puede ser proporcionada por materiales amorfos, materiales amorfos más zeolita o simplemente zeolita. La función de hidrogenación puede ser proporcionada por materiales que son similares al catalizador de hidrotratamiento. Estos materiales con función de craqueo e hidrogenación se combinan con un aglutinante para producir partículas de catalizador con tamaño, forma y estructura de los poros optimizados para las materias primas específicas que se van a procesar. Los catalizadores adecuados incluyen los usados convencionalmente en procedimientos de refinado y catalizadores mono- o polivalentes especiales. Los catalizadores se pueden disponer en un lecho único, en múltiples lechos integrados en una única vasija de reactor, independientemente en múltiples reactores, o en cualquier combinación, en función de las necesidades de la materia y gama de productos deseadas.

[0037] Los catalizadores adecuados se pueden disponer en un abanico de configuraciones. En un ejemplo de la configuración de la Fig. 2, el primer reactor secundario 86 puede contener dos lechos de catalizador de hidrotratamiento, el segundo reactor secundario 88 puede contener dos lechos de un catalizador de hidrocraqueo y el tercer reactor secundario 94 puede contener un lecho de un catalizador de hidrotratamiento.

[0038] El efluente 90 del segundo reactor de hidroprocesamiento secundario, o el efluente 96 del tercer reactor de hidroprocesamiento secundario 94 (si se usa esa opción) se envía a un separador secundario 98. La corriente de gas 100 del separador 98 se envía para la recuperación del hidrógeno para recircularlo en la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión y el resto de gases emitidos se envían para su tratamiento. La corriente de producto líquido 102 del separador se envía a la unidad de fraccionamiento de productos. La corriente de agua de proceso 104 recuperada del separador se puede enviar a un separador de agua. Los fondos de residuo 106 de la unidad de destilación al vacío de suspensión se pueden recircular al reactor de hidroconversión primario en fase de suspensión o se pueden usar para otros productos, tales como brea o asfalto.

[0039] Remitiéndonos a la Figura 3, se muestra un diagrama de flujo de proceso simplificado que ilustra otra unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión y puede ser útil en un esquema de flujo de la refinería tal como se muestra en la Figura 1. El efluente del reactor 110 de un reactor de hidroconversión primario en fase de suspensión (no mostrado) se introduce en un separador caliente 112. La corriente de fondos 114 del separador caliente incluye el

residuo de hidrocraqueo en suspensión y se alimenta a una unidad de destilación al vacío de suspensión (no mostrada). La corriente de producto en fase gaseosa ligero 116 del separador caliente se puede combinar con la corriente de destilados pesados 120 recuperada de la unidad de destilación al vacío de suspensión y la corriente de alimentación combinada 122 se puede combinar con la corriente de gasóleo de vacío 124 recuperada de la unidad de destilación al vacío de crudo petrolífero e introducir como alimentación a un primer reactor de hidroprocesamiento secundario 126. El primer reactor de hidroprocesamiento secundario 126 puede incluir secciones de catalizador de lecho fijo para el hidrotratamiento, hidrocraqueo y postratamiento integrados de la alimentación combinada. Alternativamente, se pueden usar reactores independientes para los diferentes catalizadores. El efluente 130 del primer reactor de hidroprocesamiento secundario 126 se envía a un separador de la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria 138. La corriente de corte de destilado medio de destilación directa 132 de la unidad de destilación atmosférica de crudo se alimenta a un segundo reactor de hidroprocesamiento secundario 134 que incluye una sección de catalizador de lecho fijo para el postratamiento final e hidrotratamiento de la corriente de destilado medio. El efluente 136 del segundo reactor de hidroprocesamiento secundario 134 (si se usa esa opción) se envía al separador de la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria 138. Opcionalmente, se pueden instalar independientemente o en combinación múltiples separadores de la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria (no mostrados) para el efluente de los reactores de hidroprocesamiento secundarios individuales.

[0040] La corriente de gas 140 del separador 138 se envía para la recuperación del hidrógeno para recircularlo en la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión y el resto de gases emitidos se envían para su tratamiento. La corriente de producto líquido 142 del separador se envía a la unidad de fraccionamiento de productos. La corriente de agua 144 recuperada del separador se puede enviar a un separador de agua.

[0041] Los fondos de residuo 146 de la unidad de fraccionamiento de producto de hidrocraqueo en suspensión contiene principalmente fracciones pesadas no convertidas de la reacción de hidrocraqueo en suspensión y se puede alimentar a un tercer reactor de la sección de hidroprocesamiento secundario 148 que puede incluir secciones de catalizador de lecho fijo para hidrocraqueo y postratamiento integrados. Alternativamente, se pueden usar reactores independientes para los diferentes catalizadores. El efluente 150 del tercer reactor de la sección de reacción de hidroprocesamiento secundario 148 (si se usa esa opción) se envía al separador secundario 138.

[0042] Los catalizadores adecuados se pueden disponer en un abanico de configuraciones. En un ejemplo que usa la configuración de la Fig. 3, el primer reactor secundario 126 puede contener tres lechos secuencialmente, de catalizador de hidrotratamiento, catalizador bifuncional de hidrotratamiento/hidrocraqueo y catalizador de hidrocraqueo. El segundo reactor secundario 134 puede contener dos lechos secuencialmente, de catalizador de hidrotratamiento y catalizador bifuncional de hidrotratamiento/hidrocraqueo. El tercer reactor secundario 148 puede contener tres lechos secuencialmente, de catalizador de hidrotratamiento, catalizador de hidrocraqueo y catalizador de hidrocraqueo.

[0043] Las realizaciones ejemplares anteriores y otras realizaciones pueden entenderse y resultar más evidentes mediante los ejemplos cuantitativos y ejemplos comparativos siguientes.

EJEMPLOS

[0044] Se realiza una simulación computacional del balance de masa y rendimiento de producto de un procedimiento de refinería no según la invención y se compara con los resultados de la simulación de dos ejemplos comparativos. Para la comparación de las diferentes configuraciones de la reacción de hidrocraqueo en el esquema de flujo de la refinería, el Ejemplo 1 es un esquema de flujo de la refinería solo con una unidad VCC, el Ejemplo comparativo 2 es un esquema de flujo de la refinería con una unidad VCC y una FCC y el Ejemplo 3 es un esquema de flujo de la refinería con una unidad de coquización retardada y una FCC.

[0045] La simulación se realiza para los tres ejemplos usando las materias primas y premisas siguientes: La alimentación a la unidad de destilación de crudo (CDU) es Arabian Heavy. La unidad de destilación de crudo funciona a una capacidad de 173 834 bpd basada en una capacidad del reactor primario máxima de 50 000 bpd en la unidad (VCC) de hidrocraqueo en suspensión. El punto de corte para los fondos de residuo atmosférico es 360 ºC y tiene un contenido de carbón de 82,1 % en peso. La unidad de destilación al vacío (VDU) se hace funcionar con un punto de corte para el residuo de vacío de 550 ºC.
La unidad de craqueo catalítico fluido (FCC) se hace funcionar con una conversión de gasóleo de vacío (VGO) de 65 %, un punto final de nafta ligera de 121 ºC y un punto final de nafta pesada de 221 ºC. El coque de FCC contiene 90 % en peso de carbón, los gases de FCC contienen 57 % en peso de carbón, el GLP de FCC contiene 83 % en peso de carbón, y la nafta de FCC y el corte de destilado ligero (LCO) contienen cada uno 84,5 % de carbón.
La unidad de coquización retardada (DCU) se hace funcionar con un rendimiento de gas C1-C4 de 11 % en peso de la alimentación. La DCU produce un rendimiento de coque de 34,53 % en peso. El coque tiene un contenido de carbono de 91 % en peso. Los productos líquidos de la DCU tienen una densidad combinada de 0,900 t/m3 y un contenido de carbón de 85,9 % en peso. El contenido de carbón de los gases hidrocarbonados es 80 % en peso.

[0046] La unidad (VCC) de hidrocraqueo en suspensión incluye una sección de reacción de hidroconversión

primaria en fase de suspensión y una sección de hidroprocesamiento secundaria. La sección primaria tiene una conversión de masa de 83 % en peso. El producto primario experimenta una reducción de densidad de 86 % como porcentaje de la densidad de la alimentación primaria. La sección secundaria tiene un rendimiento de gas de 1,5 % en peso. El producto secundario experimenta una reducción de densidad de 80,1 % como porcentaje de la densidad de la alimentación secundaria. Los productos líquidos secundarios tienen un contenido de carbón de 85,9 %. El contenido de carbón de 50 % en peso en la corriente de gas secundaria equilibra el proceso.

[0047] Como se muestra en los ejemplos siguientes, el Ejemplo 1 muestra un rendimiento de producto líquido y una retención de carbón superiores con respecto a los ejemplos comparativos.

Ejemplo 1

[0048] Este ejemplo no según la invención simula una realización de un esquema de flujo de proceso de la refinería simplificado como se ilustra en la Figura 4. El esquema de proceso de la refinería se simplifica para la simulación computacional e incluye una corriente de crudo petrolífero 200 que alimenta una CDU 202. El residuo o fondos atmosféricos 204 de la CDU se alimenta a la VDU 206. El residuo de vacío 208 se alimenta a la sección de hidroconversión primaria en fase de suspensión 210 de la VCC. El VGO 212 y el producto primario 214 se introducen como una alimentación combinada 216 en la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria 218 de la VCC. Los productos líquidos 220 se recuperan de la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria 218. El residuo de la VCC 222 de la sección de reacción primaria 210 se considera despreciable con respecto a otras corrientes. Los gases 224 de la sección de reacción primaria 210 se recuperan con los gases 226 de la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria 218 y se consideran despreciables con respecto a otras corrientes. La Tabla 1 enumera el balance de masa, el rendimiento y la retención de carbón para el Ejemplo 1.

Tabla 1:

Número de corriente	Descripción de la corriente	Caudal (bpd)	Caudal (t métricas/d)	Densidad (t/m3)	Carbón (t métricas/d)	Carbón (% en peso)
200	Alimentación de crudo	173 834	24 492	0,886	0	0 %
204	Res. atm.	87 294	13 750	0,991	11 286	82 %
208	Res. vac.	45 613	7591	1,047		
212	VGO a la 2ª etapa	41 680	6160	0,930		
214	Productos primarios	44 133	6300	0,898		
216	Alimentación secundaria	85 813	12 460	0,913		
220	Productos de VCC	92 117	12 273	0,838	10 543	86 %

Ejemplo comparativo 2

[0049] Este ejemplo comparativo simula un esquema de flujo de proceso de la refinería simplificado como se ilustra en la Figura 5, que incluye tanto una unidad VCC como una unidad FCC. El esquema de proceso de la refinería se simplifica para la simulación computacional e incluye una corriente de crudo petrolífero 230 que alimenta una CDU 232. El residuo o fondos atmosféricos 234 de la CDU se alimenta a la VDU 236. La corriente de VGO 238 de la VDU 236 se puede dividir de tal manera que una primera porción 240 de la VGO 238 se alimenta a la unidad FCC 242. Este esquema de flujo tiene en cuenta diversos productos de la unidad FCC 242 que incluyen la combustión de coque 244, gases ligeros 246, GLP 248, nafta 250, LCO 252 y aceite decantado 254. El aceite decantado 254 se combina con el residuo de vacío 256 para entregar una alimentación combinada 258 a la sección de reacción de hidroconversión primaria 260 de la unidad VCC. El producto primario 262 se combina con una segunda porción 264 del VGO 238 y el LCO 250 como una alimentación combinada 266 a la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria 268 de la unidad VCC. Los productos líquidos 270 se recuperan de la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria 268. El residuo de la VCC 272 de la sección de reacción de hidroconversión primaria 260 se considera despreciable con respecto a otras corrientes. Los gases 274 de la sección de reacción de hidroconversión primaria 260 se recuperan con los gases 276 de la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria 268 y se consideran despreciables con respecto a otras corrientes. La Tabla 2 enumera el balance de masa, el rendimiento y la retención de carbón para el Ejemplo comparativo 2.

Tabla 2:

Número de corriente	Descripción de la corriente	Caudal (bpd)	Caudal (t métricas/d)	Densidad (t/m3)	Carbón (t métricas/d)	Carbón (% en peso)
230	Alimentación de crudo	173 834	24 492	0,880	0	0 %
234	Res. atm.	87 294	13 750	0,991	11 286	82 %
238	VGO	41 680	6160	0,930		
262	VGO a la 2ª etapa	0	0	0,930		
240	Alimentación de FCC	41 680	6160	0,930		
244	Combustión de coque		342		308	90 %
246	Gases de FCC		200		114	57 %
248	GLP de FCC		952		790	83 %
250	Nafta de FCC	20 853	2509	0,757	2120	84 %
252	LCO de FCC	1	1401	1,015		
254	Aceite decantado de FCC	4387	755	1,082		
256	Res. vac.	45 613	7591	1,047		
258	Alimentación de VCC	50 000	8345	1,050		
262	Productos primarios	48 377	6927	0,901		
266	Alimentación secundaria	57 051	8328	0,918		
270	Productos de VCC	61 387	8203	0,840	7046	86 %

Ejemplo comparativo 3

[0050] Este ejemplo comparativo simula un esquema de flujo de proceso de la refinería simplificado como se ilustra en la Figura 6, que incluye tanto una unidad de coquización retardada (DCU) como una unidad FCC. El esquema de proceso de la refinería se simplifica para la simulación computacional e incluye una corriente de crudo petrolífero 280 que alimenta una CDU 282. El residuo o fondos atmosféricos 284 de la CDU se alimenta a la VDU 286. El VGO 290 se alimenta a la unidad FCC 292. Este esquema de flujo tiene en cuenta diversos productos de la FCC que incluyen la combustión de coque 294, gases ligeros 296, GLP 298, nafta 300, LCO 302 y aceite decantado 304. El aceite decantado 304 se combina con el residuo de vacío 306 para entregar una alimentación combinada 308 a la DCU 310. Los productos de reacción de la DCU incluyen gases 312, productos líquidos 314 y coque 314. La Tabla 3 enumera el balance de masa, el rendimiento y la retención de carbón para el Ejemplo comparativo 3.

Tabla 3:

Número de corriente	Descripción de la corriente	Caudal (bpd)	Caudal (t métricas/d)	Densidad (t/m3)	Carbón (t métricas/d)	Carbón (% en peso)
280	Alimentación de crudo	173 834	24 942	0,886		
284	Res. atm.	87 294	13 750	0,991	11 286	82 %
290	VGO	41 680	6160	0,930		
294	Combustión de coque		342		308	90 %
296	Gases de FCC		200		114	57 %
298	GLP de FCC		952		792	83 %

(continuación)

Número de corriente	Descripción de la corriente	Caudal (bpd)	Caudal (t métricas/d)	Densidad (t/m3)	Carbón (t métricas/d)	Carbón (% en peso)
300	Nafta de FCC	20 853	2509	0,757	2120	84 %
302	LCO de FCC	8345	1401	1,05	1184	84 %
304	Aceite decantado de FCC	4387	755	1,082		
306	Res. vac.	45 613	7591	1,047		
308	Alimentación de DCU	50 000	8345	1,050		
312	Gases de DCU		1482		734	50 %
314	Productos líq. de la DCU	27 825	3981	0,900	3420	86 %
316	Coque		2882		2613	91 %

[0051] En base a las simulaciones computacionales del ejemplo 1 y los ejemplos comparativos 1 y 2 mostrados anteriormente, el rendimiento de productos líquidos totales como porcentaje con respecto al residuo atmosférico (es decir, fondos de la CDU) alimentado a la VDU se presenta para cada ejemplo en la Tabla 4 siguiente. La retención de carbón en los productos líquidos como porcentaje del carbón en la alimentación a la VDU se presenta para cada ejemplo en la Tabla 4 siguiente. Estos datos ilustran las mejoras conocidas obtenidas con respecto a sustituir la unidad DCU con una unidad VCC en un esquema de flujo de una refinería convencional que incluye una unidad FCC. Asimismo, los datos muestran los resultados superiores obtenidos para un esquema de flujo de una refinería que incluye solo una VCC, sin una unidad FCC. Por consiguiente, un esquema de flujo de una refinería según las enseñanzas de esta memoria puede conseguir un rendimiento de productos líquidos superior a 80 %, superior a 81 %, superior a 84 %, o preferentemente superior a 85 %, y una retención de carbón en los productos líquidos superior a 85 %, superior a 87 %, o preferentemente superior a 90 %, con respecto al residuo atmosférico producido. Estos resultados son superiores a los resultados obtenidos cuando el esquema de flujo de la refinería incluye una unidad FCC.

Tabla 4:

	Ejemplo 1 (Fig. 4)	Ejemplo comp. 2 (Fig. 5)	Ejemplo comp. 3 (Fig. 6)
Configuración	Solo VCC	FCC + VCC	FCC + DCU
Productos líquidos totales (% en peso)	89,3 %	77,9 %	57,4 %
Retención de carbón (% en peso)	93,4 %	81,2 %	59,6 %

[0052] Un experto en la materia comprenderá otras ventajas y modificaciones de las realizaciones de la descripción descritas anteriormente en base a las enseñanzas de esta memoria. Sin embargo, las realizaciones anteriores son únicamente para fines ilustrativos. La invención no se define por la descripción anterior, sino por las reivindicaciones adjuntas a la misma.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la conversión de hidrocarburos que comprende:

introducir una materia prima de hidrocarburo en una unidad de destilación atmosférica para formar productos que incluyen destilado ligero de destilación directa, destilado medio de destilación directa y fondos atmosféricos; introducir los fondos atmosféricos en una unidad de destilación al vacío para formar productos que incluyen gasóleo de vacío de destilación directa y residuo de vacío;
introducir el residuo de vacío en un reactor de hidroconversión primario en fase de suspensión de una unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión para formar productos de reacción primarios, donde la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión comprende la sección de reacción en suspensión de hidroconversión primaria en comunicación con una sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria que incluye una sección de reactor de hidrocraqueo secundaria y una sección de reactor de hidrotratamiento secundaria,
donde la sección de reacción en suspensión de hidroconversión primaria recibe el residuo de vacío de la unidad de destilación al vacío, y la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria recibe una corriente de alimentación de destilado medio de destilación directa de la unidad de destilación atmosférica;
introducir los productos de reacción primarios y el gasóleo de vacío de destilación directa en la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria de la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión para formar productos de reacción secundarios; introducir los productos de reacción secundarios en una unidad de fraccionamiento para formar productos recuperados que incluyen gas combustible, nafta recuperada, destilados medios recuperados y gasóleo de vacío no convertido recuperado; e
introducir al menos una porción del gasóleo de vacío no convertido recuperado como una corriente de recirculación en la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria de la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión, donde la unidad de destilación atmosférica y la unidad de destilación al vacío no producen productos que son introducidos en una unidad de craqueo catalítico (FCC).

2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde sustancialmente todo el gasóleo de vacío no convertido recuperado se introduce en la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria de la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión.

3. El procedimiento de la reivindicación 1 a reivindicación 2, que comprende además introducir el gasóleo de vacío no convertido recuperado en un reactor de hidroconversión y combinar el efluente del reactor de hidroconversión con los productos de reacción secundarios.

4. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde el procedimiento no incluye una unidad de coquización.

5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el procedimiento no incluye una unidad de hidrocraqueo de gasóleo autónoma.

6. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde la materia prima de hidrocarburo comprende un crudo petrolífero pesado que comprende una densidad relativa de 0,86 o superior, o preferentemente una densidad relativa de 0,88 o superior.

7. Un equipamiento integral de refinería de hidrocarburos para producir un producto de destilado ligero, tal como nafta, y un producto de destilado medio, tal como gasoil, comprendiendo el equipamiento:

una unidad de destilación atmosférica para producir productos que incluyen destilado ligero de destilación directa, destilado medio de destilación directa y fondos atmosféricos;
una unidad de destilación al vacío que recibe los fondos atmosféricos de la unidad de destilación atmosférica y forma productos que incluyen gasóleo de vacío de destilación directa y residuo de vacío;
una unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión para:

recibir el residuo de vacío de la unidad de destilación al vacío en un reactor de hidroconversión primario en fase de suspensión y formar productos de reacción primarios; y
recibir los productos de reacción primarios y el gasóleo de vacío de destilación directa en una sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria y formar productos de reacción secundarios; y

una unidad de fraccionamiento que recibe los productos de reacción secundarios y produce productos que incluyen un producto de nafta, un producto de gasoil y gasóleo de vacío no convertido, donde la unidad de fraccionamiento incluye la corriente de producto de gasóleo de vacío no convertido en comunicación de recirculación con la sección de reactor de hidrocraqueo secundaria;
con la condición de que el equipamiento de la refinería no incluye una unidad de craqueo catalítico fluido;
donde la unidad de hidrocraqueo en fase de suspensión comprende una sección de reacción en suspensión de hidroconversión primaria en comunicación con la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria;

donde la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria incluye una sección de reactor de hidrocraqueo secundaria y una sección de reactor de hidrotratamiento secundaria, donde la sección de reacción en suspensión de hidroconversión primaria recibe el residuo de vacío de la unidad de destilación, y donde la sección de reacción de hidroprocesamiento secundaria recibe una corriente de alimentación de destilados medios de destilación directa de la unidad de destilación atmosférica.

8. El equipamiento integral de refinería de hidrocarburos de la reivindicación 7, con la condición de que el equipamiento de la refinería no incluye una unidad de hidrocraqueo de gasóleo autónoma.

9. El equipamiento integral de refinería de hidrocarburos de la reivindicación 7 u 8, con la condición de que el equipamiento de la refinería no incluye una unidad de hidrotratamiento de nafta autónoma.

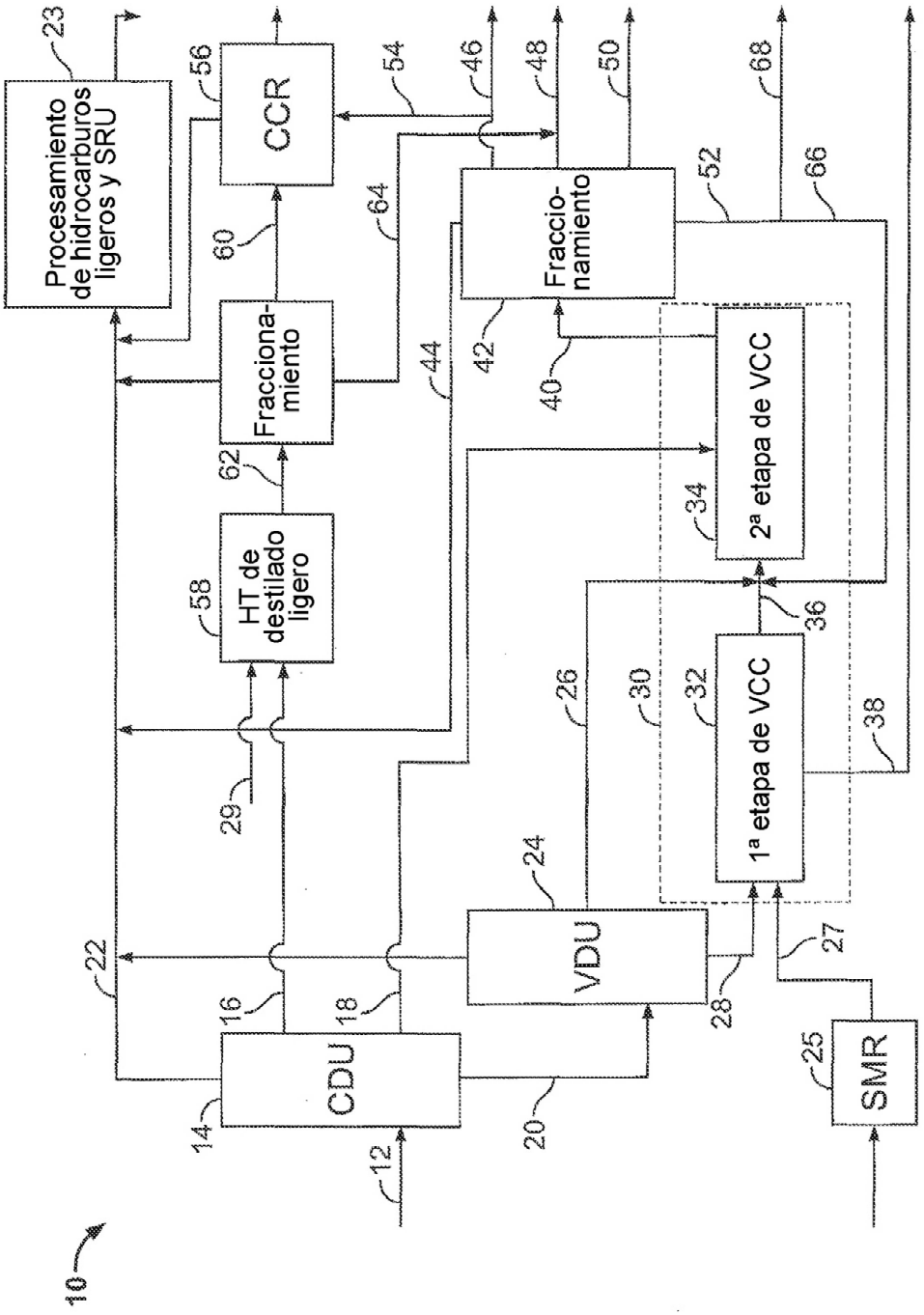
Procesamiento de hidrocarburos ligeros y SRU
CCR
Fraccionamiento
Fraccionamiento
HT de destilado ligero
2ª etapa de VCC
1ª etapa de VCC
VDU
CDU
SMR
10
12
14
16
18
20
22
23
24
25
26
27
28
29
30
32
34
36
38
40
42
44
46
48
50
52
54
56
58
60
62
64
66
68

FIG. 1

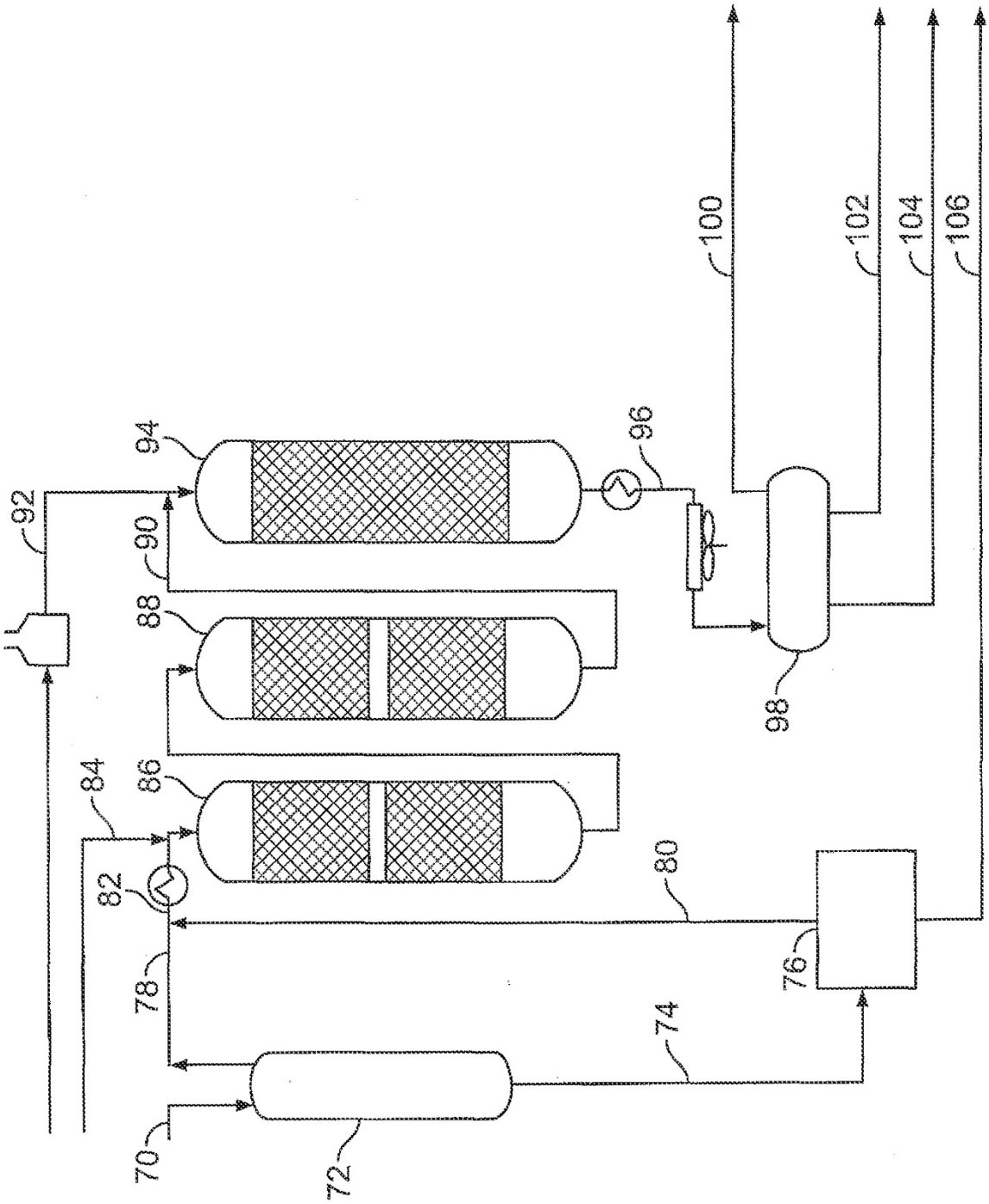

FIG. 2

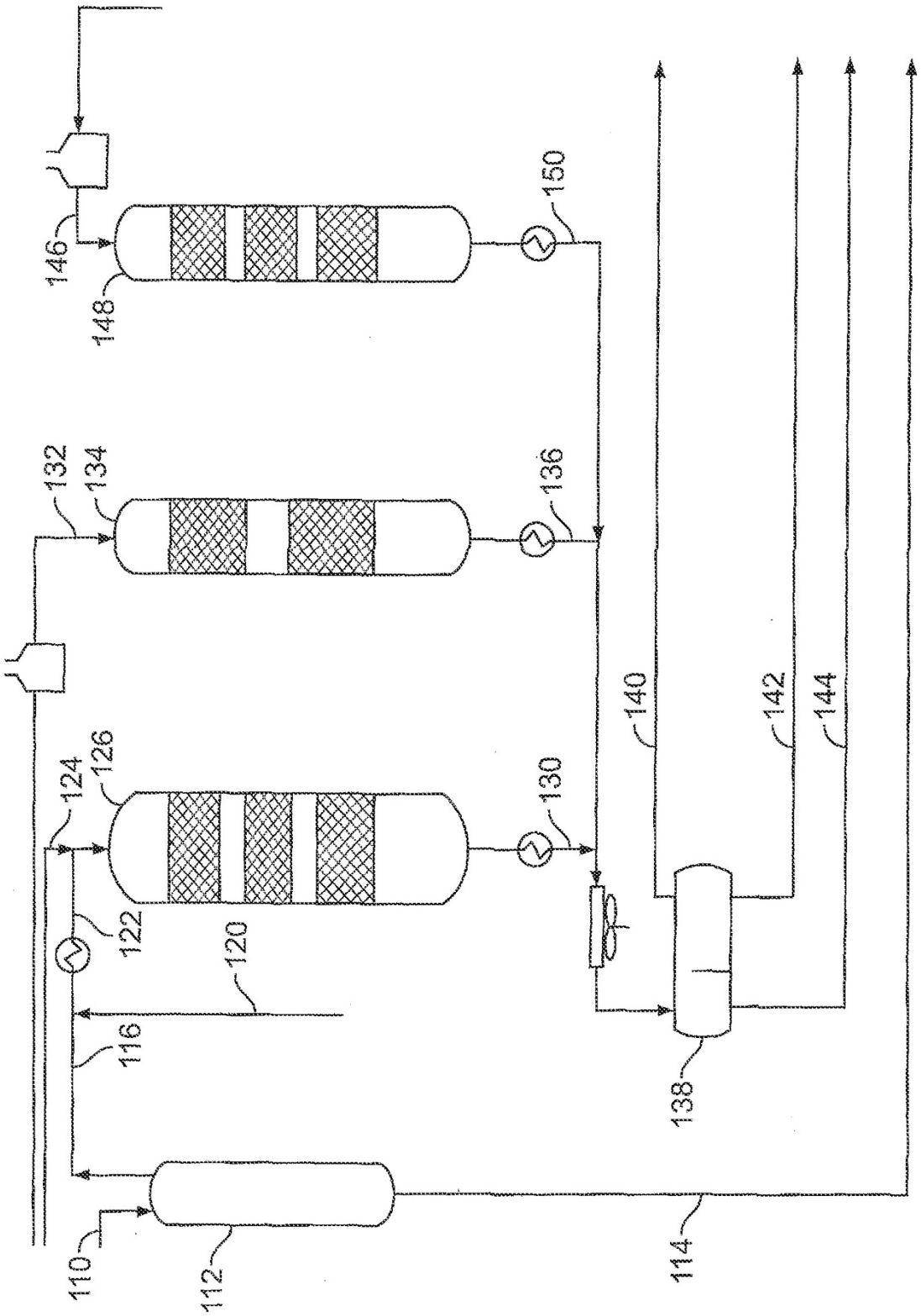
110
112
114
116
120
122
124
126
130
132
134
136
138
140
142
144
146
148
150

FIG. 3

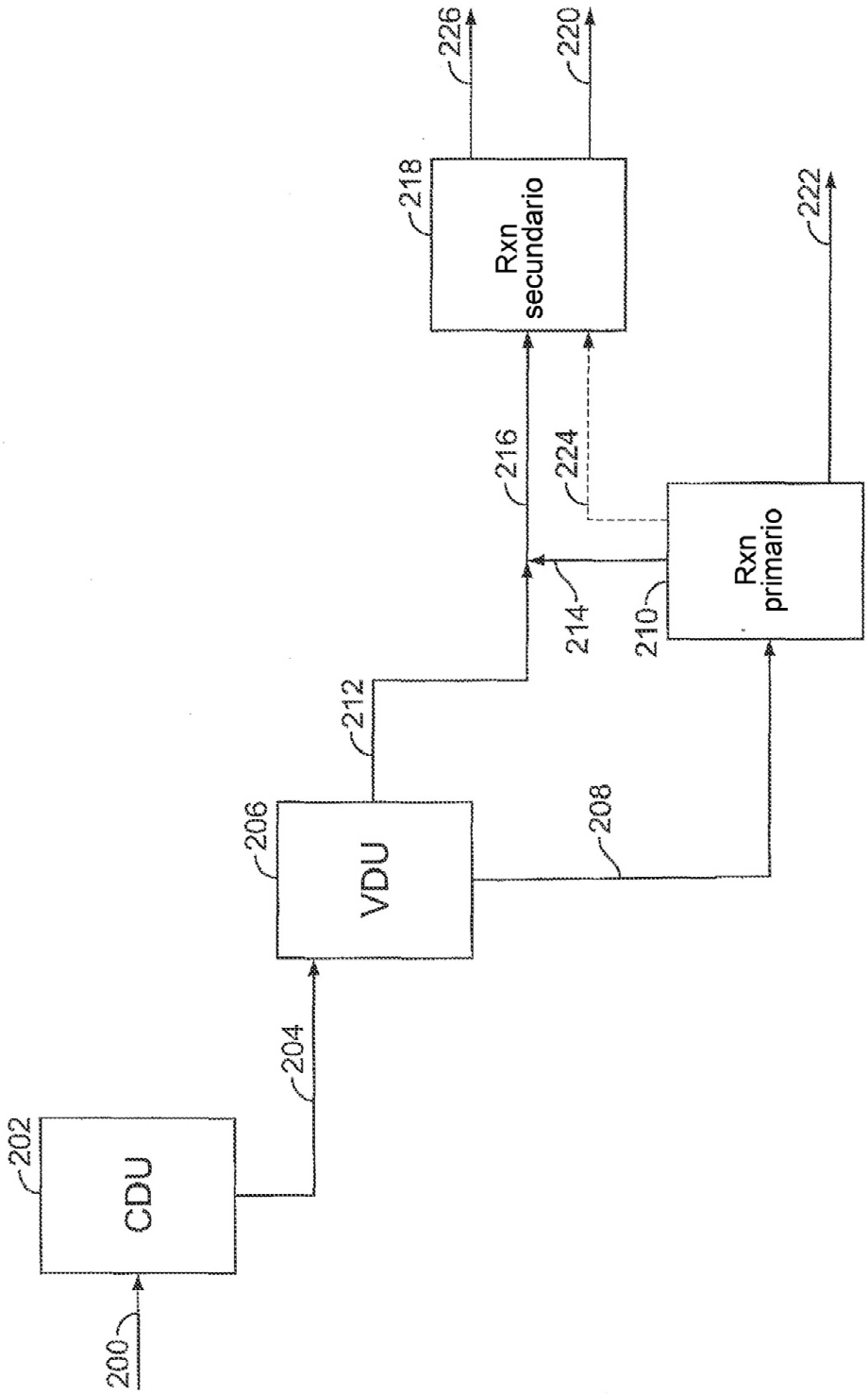
200
CDU
202
204
VDU
206
208
212
214
Rxn primario
210
216
224
Rxn secundario
218
222
226
220

FIG. 4

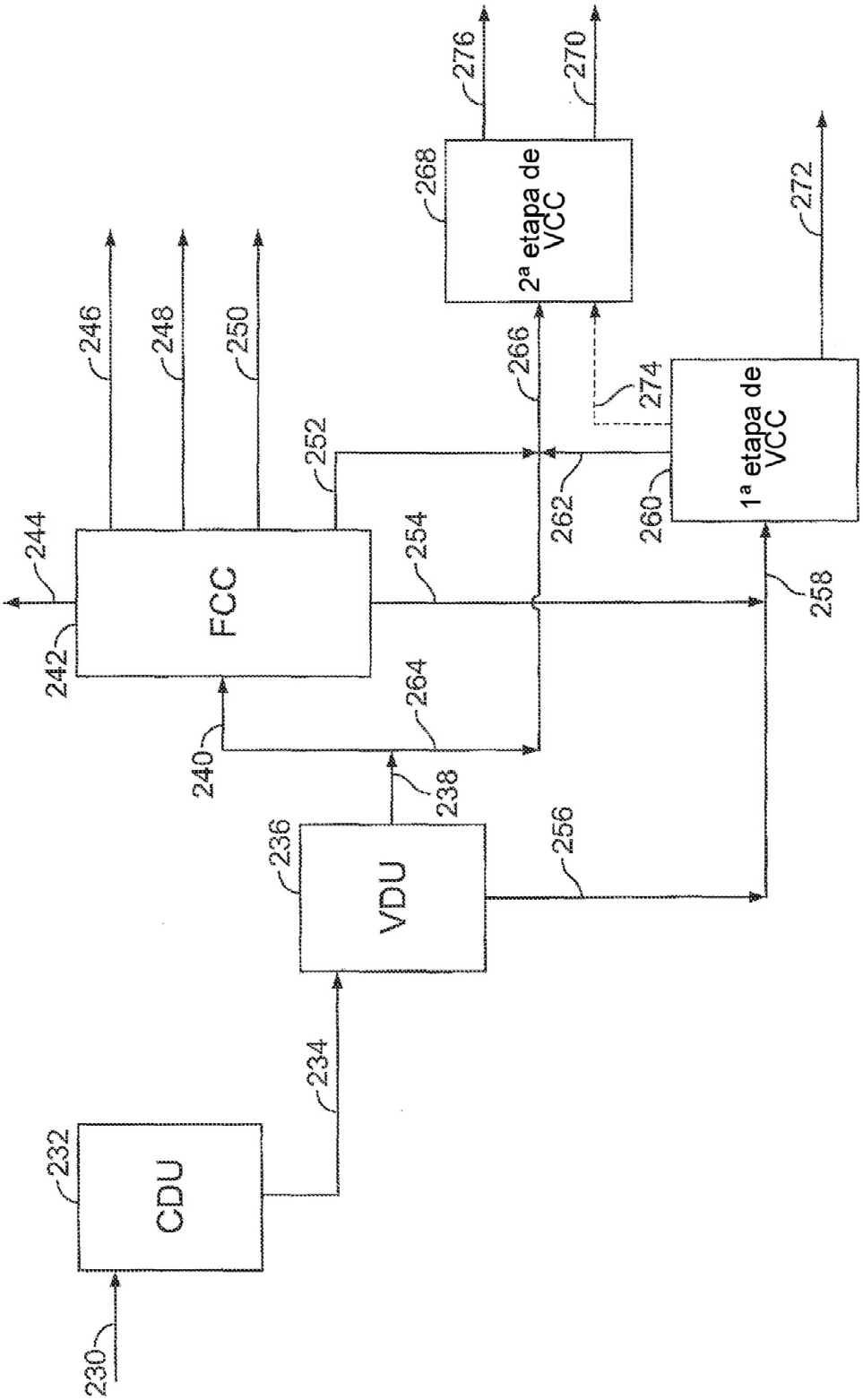
230
CDU
232
234
VDU
236
238
240
FCC
242
244
246
248
250
252
254
256
258
1ª etapa de VCC
260
262
264
266
2ª etapa de VCC
268
270
272
274
276

FIG. 5

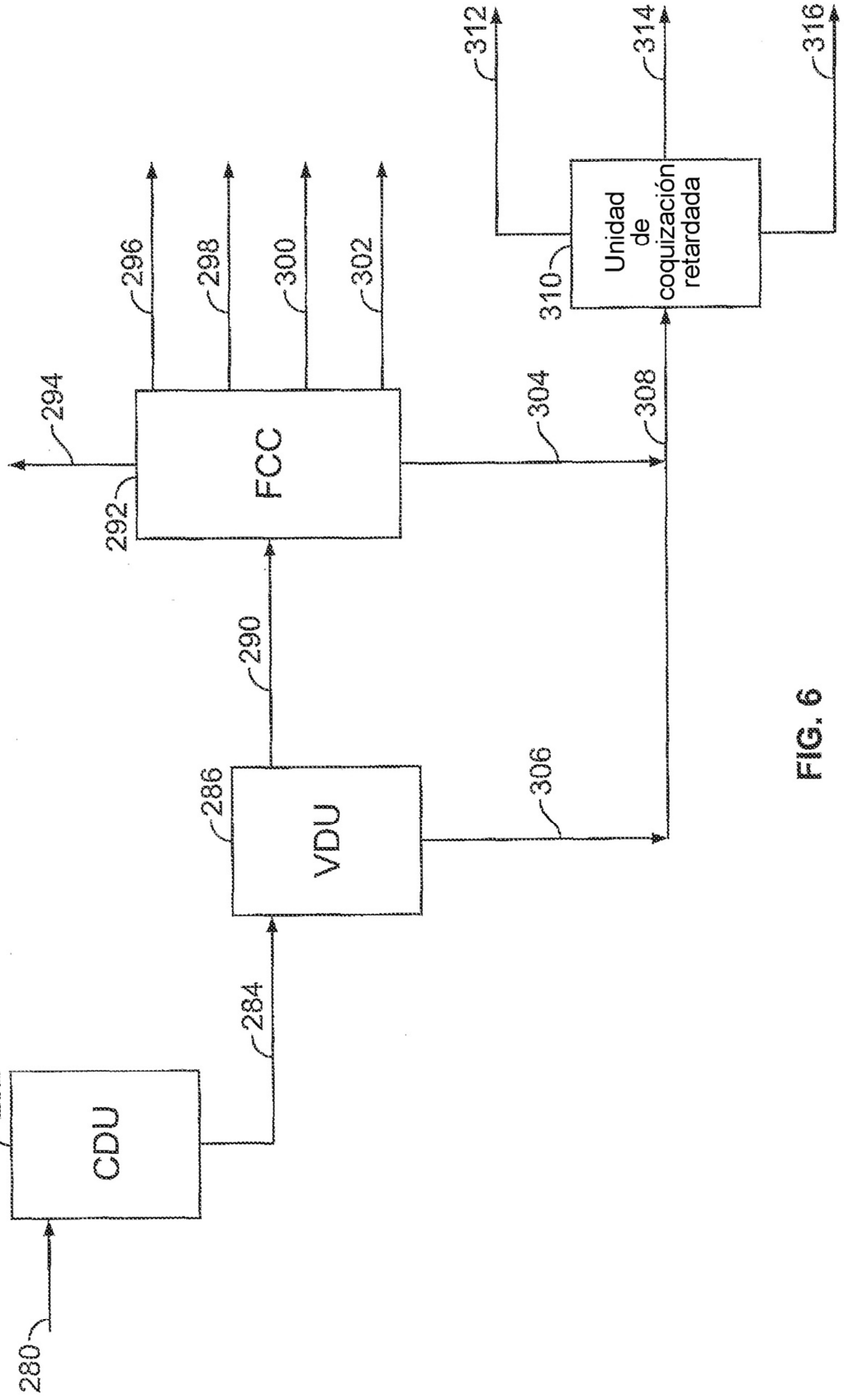
280
CDU
282
284
VDU
286
290
FCC
292
294
296
298
300
302
304
306
308
Unidad de coquización retardada
310
312
314
316

FIG. 6