



DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE TECNOLOGIA

Bogotá D.C., 8 de noviembre de 2016

Doctor
JOSÉ LUIS SALAZAR LÓPEZ
Director de Nuevas creaciones
Superintendencia de Industria y Comercio
E. S. D.

Superintendencia de Industria y Comercio
Radicado: NC2016/0000689 Folios: 10
Dependencia: 2020 Fecha: 2016-11-09 12:21:36
Tipo aplicación: Respuesta a requerimiento

Referencia: Expediente No. **NC2016-0000689**

Asunto: Respuesta al requerimiento de forma expedido dentro de la solicitud de patente titulada: **"PROCESO PARA MEJORAR LA CONVERSIÓN A DESTILADOS MEDIOS Y GASOLINAS POR CO-PROCESAMIENTO DE ACEITE DE PIRÓLISIS CRUDO EN UNIDADES DE HIDROTRATAMIENTO Y CRAQUEO CATALÍTICO."**

Oficio: **9381**
Solicitante: **ECOPETROL S.A**
Fecha Solicitud: **05 de agosto de 2016**

RESPUESTA OFICIO No. 9381

ILBA LUCIA GONZALEZ ZABALA en mi condición de apoderada de la sociedad **ECOPETROL S.A.**, solicitante de la patente de la referencia, encontrándome dentro del término legalmente previsto doy respuesta al requerimiento de forma emitido mediante oficio **No. 9381** como resultado del examen de forma realizado por la entidad:

Reivindicaciones (Art. 30 D486)

a) El Despacho considera que la... *"reivindicación 1 tiene por objeto un proceso, sin embargo muestra la secuencia de etapas técnicas de manera general, sin reivindicar sus condiciones técnicas...."*

Plantilla 035 - V. 1 - 21/05/2014

Todos los derechos reservados para Ecopetrol S.A. Ninguna reproducción externa copia o transmisión digital de esta publicación puede ser hecha sin permiso escrito. Ningún párrafo de esta publicación puede ser reproducido, copiado o transmitido digitalmente sin un consentimiento escrito o de acuerdo con las leyes que regulan los derechos de autor y con base en la regulación vigente.

DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE TECNOLOGIA

Respuesta

Se ajustó la reivindicación 1, en la que en cada una de las etapas se incluyó las condiciones técnicas. Se adjunta reivindicación 1 ajustada. Adicionalmente consideramos que las características esenciales se encuentran a lo largo de todo el capítulo reivindicatorio y debidamente sustentado en la descripción.

Ver capítulo reivindicatorio ajustado, que se anexa al presente memorando.

b) El Despacho llama la atención a que la reivindicación 1 la expresión "...el aceite de pirolisis obtenido en (...)", no es claro dado que en la etapa a), no se menciona las particularidades para generar un aceite de pirolisis...."

Respuesta

En la reivindicación 1, se realizó el ajuste en el que incluyó la etapa de producción del aceite de pirolisis obtenido, etapa a). y por consiguiente se menciona en la etapa b), como parte del proceso a reivindicar.

c) El Despacho llama la atención a que las reivindicaciones ... "presentan como características técnicas esenciales términos generales, tales como: "Producir un intermedio líquido" (reiv. 1), "Mezclar" (reiv. 1), "Contactar" (reiv. 1), "catalizador" (reiv. 1), "unidades de refinación" (reiv. 1), "condiciones industriales de proceso de hidrotratamiento" (reiv. 1), "Pirolisis rápida" (reiv. 2), "se separan" (reiv. 2), "se condensan" (reiv. 2), "una microemulsión estable" (reiv. 3), "dispersiones estables" (reiv. 3), "catalizadores sulfurados" (reiv. 7), "catalizadores convencionales" (reiv. 8)...."

Respuesta

Se retiraron de las reivindicaciones los términos señalados por el Despacho. Se adjunta las nuevas reivindicaciones 7 y 8, con los ajustes.

De otra parte, respetuosamente consideramos que los términos encontrados en las reivindicaciones tales como "mezclar", "contactar", "catalizador", "unidades de refinación", "pirolisis rápida", "se condensan", "se separan", son ampliamente conocidos por una persona versada en la materia y a este momento del trámite administrativo, consideramos que no deben ser restringidos, más aún, teniendo en cuenta que no se ha realizado un examen de patentabilidad, en donde sea necesario entonces hacer restricciones en el alcance de la invención. Sin embargo, se retiraron para dar cumplimiento a lo solicitado por el Despacho.

Plantilla 035 – V. 1 - 21/05/2014

Todos los derechos reservados para Ecopetrol S.A. Ninguna reproducción externa copia o transmisión digital de esta publicación puede ser hecha sin permiso escrito. Ningún párrafo de esta publicación puede ser reproducido, copiado o transmitido digitalmente sin un consentimiento escrito o de acuerdo con las leyes que regulan los derechos de autor y con base en la regulación vigente.



DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE TECNOLOGIA

Ver capitulo reivindicatorio ajustado, que se anexas al presente memorando.

d) El Despacho indica que... *"la reivindicación 3 la expresión "alta acidez" es impreciso..."*

Respuesta

Se retiró el término "alta acidez" de la reivindicación 3. Se adjunta la reivindicación 3 ajustada.

Ver capitulo reivindicatorio ajustado, que se anexas al presente memorando.

e) Se requiere igualmente porque en las reivindicaciones, las expresiones: *"para formar una dispersión aceite de pirólisis crudo-corriente hidrocarbonada" (reiv. 1), "para promover las reacciones de desoxigenación y retrasar la polimerización" (reiv. 1), "para obtener el respectivo aceite de Pirolisis" (reiv. 2...."*

Respuesta

En la reivindicación 1, etapa c) se retiró los términos *"para promover las reacciones de desoxigenación y retrasar la polimerización" (reiv. 1),*

Ver capitulo reivindicatorio ajustado, que se anexas al presente memorando.

Con respecto a las reivindicaciones, las expresiones: *"para formar una dispersión aceite de pirolisis crudo-corriente hidrocarbonada" (reiv.1), "para obtener el respectivo aceite de Pirolisis" (reiv.2...."* Corresponde a productos a obtener en cada una de las etapas del proceso a reivindicar así como explicar y bridar claridad a la materia objeto de dichas reivindicaciones, por lo que se mantiene estas expresiones en estas reivindicaciones.

f) El Despacho llama la atención porque *" las reivindicaciones 3 y 4 refieren a "el aceite de pirólisis en el paso b) es una microemulsion estable con un contenido de agua entre el 10% y el 50% y una alta acidez, correspondiente a un pH entre 1 y 3" y "las corrientes hidrocarbonadas tienen una gravedad API entre 12° y 16° y forman con el aceite de pirolisis dispersiones estables...."*

Plantilla 035 - V. 1 - 21/05/2014

Todos los derechos reservados para Ecopetrol S.A. Ninguna reproducción externa copia o transmisión digital de esta publicación puede ser hecha sin permiso escrito. Ningún párrafo de esta publicación puede ser reproducido, copiado o transmitido digitalmente sin un consentimiento escrito o de acuerdo con las leyes que regulan los derechos de autor y con base en la regulación vigente.



DEPARTAMENTO DE GESTIÓN DE TECNOLOGIA

Respuesta

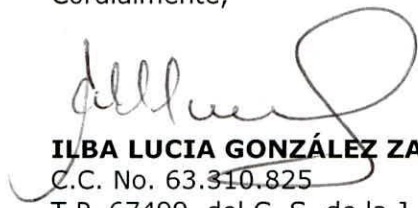
Con respecto a las reivindicaciones, las expresiones *las reivindicaciones 3 y 4 refieren a "el aceite de pirólisis en el paso b) es una microemulsion estable con un contenido de agua entre el 10% y el 50% y una alta acidez, correspondiente a un pH entre 1 y 3" y "las corrientes hidrocarbonadas tienen una gravedad API entre 12° y 16°*, Corresponde a productos a obtener en cada una de las etapas del proceso a reivindicar, y se mencionan las características de estos productos; por lo que se mantiene estas expresiones en estas reivindicaciones. Por lo que no estamos de acuerdo con la opinión del señor examinador.

Con base en lo anteriormente expuesto, la nueva descripción y reivindicaciones con las modificaciones arriba indicadas se ajustan a las disposiciones del artículo 30 de la Decisión 486/00. En consecuencia, dado que se encuentran cumplidos en su totalidad los requisitos formales contenidos en los artículos 26 y 27 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, de conformidad con lo previsto en el artículo 38 de la misma Decisión, solicito se continúe con el trámite de la presente solicitud.

ANEXOS

- Memoria descriptiva ajustada.
- Capitulo Reivindicatorio modificado.

Cordialmente,



ILBA LUCIA GONZÁLEZ ZABALA
C.C. No. 63.310.825
T.P. 67499 del C. S. de la J.

Proyecto: Edgar Nicolás Ramirez C.
Revisó y aprobó: Ilba Lucia Gonzalez Z.

Plantilla 035 – V. 1 - 21/05/2014

Todos los derechos reservados para Ecopetrol S.A. Ninguna reproducción externa copia o transmisión digital de esta publicación puede ser hecha sin permiso escrito. Ningún párrafo de esta publicación puede ser reproducido, copiado o transmitido digitalmente sin un consentimiento escrito o de acuerdo con las leyes que regulan los derechos de autor y con base en la regulación vigente.

PROCESO PARA MEJORAR LA CONVERSIÓN A DESTILADOS MEDIOS Y GASOLINAS POR CO-PROCESAMIENTO DE ACEITE DE PIRÓLISIS CRUDO EN UNIDADES DE HIDROTRATAMIENTO Y CRAQUEO CATALÍTICO.

5

CAMPO DE LA INVENCION

La invención está relacionada con tecnologías amigables con el medio ambiente al incorporar biomasa como una fuente renovable de energía en un proceso convencional de producción de combustibles líquidos para motor.

RESUMEN

La presente invención hace referencia a un proceso de conversión a destilados medios y gasolinas mediante la incorporación de biomasa lignocelulósica (una fuente renovable de energía) en un proceso convencional de producción de combustibles líquidos para motor. Esta incorporación de biomasa se realiza a través de un intermedio líquido conocido como aceite de pirólisis o bioaceite, el cual es altamente oxigenado. Para su conversión a combustibles es necesario promover reacciones de desoxigenación, las cuales se logran, según lo demostrado en esta invención, a condiciones de proceso de hidrotratamiento y craqueo catalítico similares a las aplicadas en la industria de refinación de petróleo. El aceite de pirólisis se lleva a estas condiciones de reacción por co-procesamiento con corrientes internas de refinería que reúnen las condiciones reológicas necesarias para favorecer la formación de dispersiones estables.

25

ESTADO DE LA TÉCNICA

En el estado de la arte se sabe de tecnologías que han tratado de incluir materiales renovables en procesos de refinería de petróleo. La solicitud de patente **US2013145683A** se encuentra relacionada con la introducción de un combustible renovable o de un aceite renovable como alimentación a sistemas de refinería. Más específicamente, el documento se encuentra dirigido a métodos para introducir un líquido producido térmicamente a partir de biomasa a una unidad de conversión de petróleo; por ejemplo, una refinería de craqueo catalítico fluido (FCC), un coquizador, un sistema mejorador de campo, un hidrocraqueador y/o una unidad de hidrotratamiento; para co-procesar con fracciones de petróleo, reactivos de fracciones de petróleo, y/o fracciones de alimentación de petróleo y productos, como por ejemplo combustibles. Adicionalmente, este documento de patente menciona métodos para la preparación de un combustible, como por ejemplo un combustible de transporte, que comprende proporcionar materia prima de aceite combustible renovable junto con materia prima de una fracción de petróleo, opcionalmente en la presencia de un catalizador. Este método puede comprender también la etapa de ajustar la tasa de alimentación de la fracción de petróleo y del aceite renovable, o de ambos, para obtener un determinado perfil de producto combustible. El método de este documento

produce un producto combustible que tiene al menos 70% vol de gasolina. Igualmente, menciona la obtención de una composición combustible que comprende gasóleo FCC co-procesado y un producto de aceite combustible renovable.

- 5 De otra parte, el artículo titulado: "**Fuel Production with Heterogeneous Catalysis**" de Sá, Jacinto y colaboradores de septiembre 16, 2014 menciona el co-procesamiento de aceites vegetales con crudo en refinerías existentes de petróleo como una opción para la producción futura de biocombustibles, contribuyendo a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, relacionadas con el uso de energía, lo cual se puede lograr mediante la mezcla de aceites
- 10 vegetales con crudo y co-procesarlos en destilación atmosférica o mezclándolos con la fracción de destilado medio de la destilación atmosférica como alimentación para posterior procesamiento. Alternativamente, el documento citado menciona que el aceite vegetal puede ser utilizado junto con materia prima de origen fósil para el procesamiento mediante craqueo catalítico fluido (FCC). El documento adicionalmente divulga la pirólisis de componentes lignocelulósicos para la conversión
- 15 de biomasa en bio-aceites.

La solicitud de patente **WO2010135734** divulga co-procesar materia prima a partir de biomasa y materia prima de una refinería, lo que puede mejorar la conversión hacia combustibles en procesos de refinería de petróleo convencionales. El documento igualmente menciona adaptar procesos

20 existentes de refinación para co-procesar la materia prima a partir de biomasa y construir nuevos reactores para dicho co-procesamiento. En una modalidad de la invención describe un método para co-procesar materia prima a partir de biomasa y materia prima de refinería en una unidad de refinación, que incluye la generación de un producto líquido mediante el craqueo catalítico de dichas materias primas en una unidad de refinación que comprenden un reactor fluidizado (FCC).

25

El documento **US2010270207** se encuentra relacionado con un proceso para el tratamiento de un aceite producido a partir de biomasa, diluido en una corriente de refinería de hidrocarburos de petróleo, que tiene una baja generación de CO, CO₂, y CH₄, el cual agrega valor al producto

30 líquido hydrogenado mediante la incorporación de n-parafinas en el rango de C₁₂-C₁₈, generadas a partir de los triglicéridos del aceite de biomasa. El método consiste en diluir un volumen de aceite de biomasa en una corriente de refinería de hidrocarburos de petróleo con un rango de destilación entre 140°C (413,18K) y 500°C (773,18K) (destilados medios) para obtener un producto que contiene entre 1% y 75% en peso del aceite de biomasa.

35

El método de acuerdo con dicha invención, adicionalmente comprende mezclar este primer producto con una corriente de hidrógeno para obtener una mezcla de reacción que posteriormente se inyecta en un lecho catalítico. Luego, inyectar aguas arriba de un segundo lecho catalítico una corriente de dilución que comprende hidrógeno para obtener una segunda mezcla de reacción que

40 es hidrotratada bajo condiciones de hidrotratamiento de hidrocarburos de petróleo. Los productos de dicho hidrotratamiento pasan por un proceso de separación para obtener productos líquidos y gaseosos. El aceite de biomasa de acuerdo con la invención US201070207 puede ser aceites vegetales, aceites de alga y grasas lipídicas animales. El aceite vegetal se selecciona entre el grupo que consiste en aceite de soya, aceite de nuez de Barbados, aceite de ricino, aceite de

semilla de algodón, aceite de árbol de palma brasileña, aceite de pino, aceite de girasol, aceite de nuez de Barbados, aceite de palma, aceite de coco, aceite de colza, aceite de cacahuete y una mezcla de los mismos en cualquier proporción.

- 5 Por otra parte, el documento titulado **"Mejoramiento de aceite de pirólisis para producir combustibles líquidos para el transporte"** reporta un estudio del efecto de estabilizar aceite de pirólisis rápida mediante el pre-tratamiento catalítico con alcohol sobre el mejoramiento por hidro-desoxigenación o tratamiento térmico, comparando aceites mejorados estabilizados con aceites mejorados no estabilizados (paretos). El principal efecto esperado fue la reducción de la masa molar de los aceites mejorados, ya que se esperaba que la estabilización redujera la reactividad del aceite de pirólisis rápida, reduciendo así la polimerización.

- Adicionalmente, se conoce el documento **Producción de gasolina y Diesel a partir de biomasa mediante pirólisis rápida, hidrotratamiento e hidrocraqueado** que se relaciona con un estudio de las diferentes tecnologías que existían al momento de la publicación, relacionadas con la producción de combustibles a partir de biomasa (madera) ya sea por tratamiento del aceite de pirólisis solo o por combinación del mismo con crudo.

- De otra parte, la patente **EP 2,325,281** se relaciona con un proceso para el craqueo catalítico de aceite de pirólisis derivado de material que comprende lignocelulosa, que comprende los pasos de a) someter una alimentación que comprende el aceite de pirólisis a un paso de hidrogenación para obtener una corriente de producto que comprende aceite de pirólisis parcialmente desoxigenado; b) separar el aceite de pirólisis parcialmente desoxigenado que tiene un contenido de oxígeno de 5% a 30% de la corriente de producto obtenida en a); c) poner en contacto el aceite de pirólisis parcialmente desoxigenado obtenido en b) en presencia de una corriente de alimentación de hidrocarburos obtenidos de petróleo crudo con un catalizador de craqueo bajo condiciones de craqueo catalítico hasta obtener una corriente de producto desoxigenada y craqueada; y d) separar al menos una fracción de producto de la corriente de producto obtenida en c).

30 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

- La tecnología incorpora una fuente renovable de energía (biomasa lignocelulósica) en un proceso convencional de producción de combustibles líquidos para motor. La incorporación de la biomasa lignocelulósica se da a través de un intermedio líquido denominado aceite de pirólisis ó bioaceite. Este líquido es altamente oxigenado, lo que hace que sea insoluble en los productos del petróleo. La tecnología permite la incorporación del bioaceite crudo sin ningún tipo de mejoramiento o pretratamiento. El bioaceite se introduce dentro de un proceso de refinación convencional mediante la obtención de una dispersión mecánica, sin ayuda de agentes dispersantes externos, con hidrocarburos correspondientes a corrientes internas de un proceso de refinación convencional de petróleo, los cuales deben tener la gravedad API requerida para lograr esta dispersión. La dispersión obtenida permite el coprocesamiento del aceite de pirólisis con aceites desasfaltados en unidades de hidrotratamiento, en las que sus condiciones de reacción, utilizando catalizadores convencionales de hidrodesulfurización, permiten la hidrodesoxigenación del aceite de pirólisis presente en la dispersión. De esta manera el aceite desoxigenado hace parte del hidrocarburo

obtenido del proceso catalítico hidrogenante, el cual tiene características favorables respecto al que se produce a partir del aceite desasfaltado puro. Esta mejora se ve representada en un incremento en su gravedad API, lo que se traduce en un mayor rendimiento de hidrocarburos en el rango de los destilados medios y gasolina. El coprocesamiento también es posible realizarlo con gasóleo de vacío en unidades de craqueo catalítico, en las cuales sus condiciones de reacción, utilizando catalizadores convencionales –zeolitas-, también permiten una hidrodesoxigenación del aceite de pirólisis presente en la dispersión. De esta manera el aceite desoxigenado hace parte de la mezcla de hidrocarburos obtenida del proceso catalítico, proceso en el cual su conversión a productos de valor es mayor debido a la presencia del aceite de pirólisis.

DESCRIPCION DETALLADA DE LAS FIGURAS

La **figura 1** presenta dos formas posibles de incorporar a un esquema de refinación de petróleo el aceite de pirólisis crudo. Esta corriente renovable, proveniente de un proceso de pirólisis rápida de biomasa lignocelulósica, se dispersa por acción mecánica con dos corrientes de hidrocarburos identificadas en la presente invención: Primera. Un aceite desasfaltado (DMO), procedente de una unidad de extracción líquido-líquido en la que una mezcla de hidrocarburos C3-C4 disuelve la fracción liviana de los fondos obtenidos en la destilación al vacío. Segunda: Un gasóleo de vacío proveniente del proceso de destilación atmosférica del petróleo crudo. La dispersión lograda en la opción 1 pasa a una unidad de hidrotratamiento en la cual se produce la desoxigenación del aceite de pirólisis y por ende su transformación en un hidrocarburo. Esta corriente hidrotratada (DMOH) puede procesarse en una unidad de craqueo catalítico para la producción de combustibles. La dispersión lograda en la opción 2, puede hacer parte de la carga a una unidad de craqueo catalítico, donde las condiciones de reacción también favorecen la desoxigenación del aceite de pirólisis.

La **figura 2** representa los rangos de destilación de las cargas a la planta de hidrotratamiento: DMO base y las dispersiones al 10% con aceite de pirólisis crudo (DMO/BioCr) y esterificado (DMO/BioEstr). De igual forma se incluyen los productos del hidrotratamiento: DOMH, DMOH/BioCr y DMOH/Estr.

En las cargas de hidrotratamiento se observa que la presencia del aceite de pirólisis (crudo o esterificado) no afectan la curva de destilación del hidrocarburo base DMO.

En los productos de hidrotratamiento, se observa que la curva de destilación del DMOH es muy similar a su respectiva carga de reacción pues este proceso se centra en remover azufre más no en modificar la estructura de los hidrocarburos presentes. Efecto similar se presenta en el producto de la dispersión DMO/BioEstr. En el caso de la dispersión DMO/BioCr, su producto de reacción, además de mantener las características de hidrocarburo y de remoción de azufre, presentó un resultado de gran impacto. Se obtiene un hidrocarburo de menor gravedad API lo que incrementaría los rendimientos en el rango de hidrocarburos más livianos, que corresponderían principalmente a los cortes de combustibles líquidos para motores.

La **figura 3** representa los rendimientos en productos valiosos (gasolina, aceite liviano de ciclo LCO y gas licuado de petróleo GLP) del gasóleo de vacío base – VGO- y de las dispersiones al 10% y 20% con aceite de pirólisis crudo y esterificado.

- 5 Los resultados evidencian que la conversión del proceso, en todos los casos de mezcla con aceite de pirólisis crudo o esterificado, no se ve afectada respecto al gasóleo de referencia, incluso se presenta un incremento de esta conversión, aproximadamente 3% p/p más en las mezclas con aceite de pirólisis crudo y 4% p/p más en las mezclas con el bioaceite esterificado. La no afectación de los rendimientos del proceso por la presencia del aceite de pirólisis hace pensar que este
- 10 componente experimentó reacciones de conversión a hidrocarburos, aprovechando el hidrógeno liberado en el craqueo del gasóleo con el que se coprocesa.

La **figura 4** muestra el espectro IR del bioaceite crudo y los productos de hidrotratamiento.

15 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

- El proceso de invención inicia con el tratamiento térmico de la biomasa lignocelulósica. La biomasa lignocelulósica sólida incluye pero no se limita a residuos de la palma de aceite, residuos de la caña de azúcar y otros materiales lignocelulósicos tales como maderas, pastos, etc y
- 20 mezclas de los mismos.

- Para el proceso de la invención, la biomasa lignocelulósica debe ajustarse a un contenido de humedad inferior al 10 %p/p, de preferencia entre 0 a 10%, preferiblemente entre 5% y 10% y un tamaño de partícula promedio entre 2-3 mm. La temperatura del proceso térmico comprende un
- 25 rango entre 400°C (673,18 K) y 600°C (873,18K), de preferencia entre 500°C (773,18 K) - 550°C (823,18 K) y un tiempo promedio de residencia de 2 segundos en un reactor de lecho fluidizado. El líquido obtenido del proceso térmico –aceite de pirólisis- corresponde a una microemulsión estable con un contenido promedio de agua entre el 10% y el 50%, de preferencia del 25 % y una acidez correspondiente a un pH entre 1 y 3. Estas características hacen que este líquido sea
- 30 completamente inmiscible con corrientes hidrocarbonadas de origen petroquímico.

- El aceite de pirólisis que participa en el proceso de la presente invención, preferiblemente se encuentra en la forma de microemulsión oxigenada, que se define como una emulsión con partículas de tamaño micrométrico y con un contenido de agua del 25% m y una acidez alta,
- 35 mediada como NAT –número de ácido total- sobre 200 mgKOH/g.

- El procesamiento directo del aceite de pirólisis en unidades de refinación convencionales, tales como procesos catalíticos hidrogenantes y de craqueo, induce una rápida descomposición térmica del aceite de pirólisis debido a que la sinergia de los compuestos oxigenados le confiere a este
- 40 líquido una alta reactividad que favorecen las rápidas reacciones de polimerización sobre las reacciones de hidrogenación.

Sin embargo, en el proceso de la presente invención, para evitar estas rápidas reacciones de polimerización, luego de un estrés térmico, se incluye la formación de una dispersión estable, con

una corriente más resistente a procesos térmicos como son los hidrocarburos. Esta dispersión se logra empleando una corriente hidrocarbonada procedente de un proceso de desasfaltado de fondos de vacío o de un proceso de destilación al vacío de las fracciones pesadas de la destilación atmosférica del petróleo crudo. Estas corrientes hidrocarbonadas deben tener una
5 gravedad API entre 12 y 16 °API. La dispersión se produce mediante un proceso de mezcla mecánica sin ayuda de solventes o agentes dispersantes externos, a una temperatura entre 30°C (303,18K) y 80°C (353,18K), preferiblemente entre 50°C (323,18K) y 70 °C (343,18K), un tiempo de agitación de 10 minutos a 40 minutos, de preferencia 20 minutos y a una velocidad angular entre 800 rpm hasta 2000 rpm, de preferencia 1000 rpm. La proporción del aceite de pirólisis
10 corresponde entre 5% hasta 30% en peso, de preferencia como máximo al 20% p/p respecto al hidrocarburo utilizado en la dispersión.

La etapa posterior a la formación de la dispersión consiste en el co-procesamiento de la misma en una unidad de hidrotratamiento, usando para este proceso catalizadores activados con corrientes
15 azufradas, con fase metálica activa de cobalto, níquel, molibdeno y fósforo, soportados en alúmina. Temperaturas de proceso entre 250°C (523,18K) y 350 °C (623,18K), presiones entre 70 bar y 120 bar (7MPa y 12 MPa), velocidades espaciales entre 1.0 y 2.0 h⁻¹ y una relación hidrógeno/carga entre 300 y 500 LN/L. (litros normales de hidrógeno por cada litro de carga líquida).

Este coprocesamiento restringe la velocidad de las reacciones de polimerización en el aceite de pirólisis y favorece las reacciones de hidrodesoxigenación en las cuales la remoción de oxígeno se da principalmente vía producción de monóxido de carbono (CO), que a su vez puede reaccionar con el agua presente para producir hidrógeno "in situ". Este hidrógeno "in situ" puede
20 incrementar la velocidad de las reacciones hidrogenantes e incluso las de craqueo en el hidrocarburo con el cual se coprocesa el aceite de pirólisis y de esta manera obtener un producto de hidrotratamiento con una mayor gravedad API y con una curva de destilación en la que se observa la presencia de una mayor cantidad de hidrocarburos en el rango de los destilados medios. El procesamiento de la dispersión entre el hidrocarburo con el bioaceite de pirólisis no
25 afecta la composición, morfología y actividad a corto plazo del catalizador en el proceso de hidrotratamiento, lo que permite su aplicación sin afectar el proceso convencional de hidrotratamiento en una refinería de petróleo.

De forma opcional al hidrotratamiento, la dispersión obtenida puede co-procesarse en una unidad
35 de craqueo catalítico, usando catalizadores convencionales de este tipo de procesos industriales como son las zeolitas, las cuales, por su alto contenido de sitios ácidos, permite el craqueo de compuestos de gran peso molecular en compuestos dentro del rango de destilados medios. La temperatura del proceso oscila entre 400°C (673,18k) y 600°C (873,18K), de preferencia entre 500°C (773,18K) y 550 °C (823,18K) con una relación catalizador/carga de entre 6.0 y 8.0. Se
40 observa un aumento de compuestos livianos como GLP y gasolina por la incorporación del bioaceite y no se evidencian alteraciones en la composición, morfología y actividad a corto plazo del catalizador empleado en el craqueo catalítico de las mezclas con bioaceite de pirólisis.

EJEMPLOS

Ejemplo 1. Desoxigenación directa del aceite de pirólisis crudo y modificado por esterificación, mediante un proceso catalítico hidrogenante a condiciones industriales de hidrotratamiento.

El aceite de pirólisis es una microemulsion entre compuestos oxigenados derivados de la degradación térmica de la biomasa lignocelulósica (ácidos carboxílicos, alcoholes, carbohidratos, fenoles, éteres, cetonas, etc.) y agua, la cual también es producto de la degradación térmica. Por la composición descrita este líquido es completamente inmiscible con hidrocarburos correspondientes a combustibles o intermedios en la producción de los mismos. Para compatibilizar el bioaceite con estos productos de origen fósil, sus componentes oxigenados deben ser transformados en hidrocarburos mediante reacciones de desoxigenación. Esta transformación puede ser factible mediante procesos catalíticos hidrogenantes empleando catalizadores con actividad desulfurizante, donde la máxima actividad catalítica esta entre 150°C (423,18K) y 450°C (723,18K) , preferentemente alrededor de los 350°C (623,18K) para las presiones y velocidades espaciales típicas de condiciones industriales de proceso. En este ejemplo se evaluó el comportamiento del aceite crudo de pirólisis y su versión esterificada, con menores contenidos de agua y acidez, a las condiciones de reacción de un hidrotratamiento convencional de hidrocarburos.

En la esterificación, el aceite de pirólisis crudo se sometió a un proceso de destilación reactiva con un alcohol tal que el azeótropo resultante permitiera tanto la esterificación de los ácidos presentes como la deshidratación del mismo. Entre los alcoholes, se puede utilizar alcoholes de cadena recta o ramificada de 1 a 7 átomos de carbono. En el ejemplo se utilizó n-butanol en el proceso, cuyas condiciones de reacción fueron de 68°C (341,18K), 250 mbar (0.02 MPa) y un tiempo de reacción entre 4 y 5 horas. La relación entre el aceite de pirólisis y el n-butanol fue de 2:1 y se usó como catalizador ácido sulfúrico al 98%, aplicado a la mezcla de reacción al 1.8 p/p respecto a la cantidad bioaceite a reaccionar. Las características fisicoquímicas de las dos diferentes calidades de bioaceite, crudo y esterificado, se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización el aceite de pirólisis crudo y esterificado.

Propiedad	Unidades	Bioaceite Crudo	Bioaceite Esterificado
Poder Calorífico	MJ/kg	15.8	29.7
Carbón Residual	% masa	17.3	20.4
Densidad	g/mL	1.206	1.043
Viscosidad Cinemática 40GC	mm ² /s	23.4	37.1
Contenido de Agua	% masa	22.6	1.2
Número de Ácido Total	mg KOH/g	214.9	62.5
Composición % C	% masa	45.3	62.7

Elemental	% H	8.9	10.6
	% N	1.2	0.8
	% O*	45.8	26.0

* Calculado por diferencia.

El hidrotratamiento del aceite de pirólisis se realizó en un reactor de lecho fijo y flujo continuo el cual se ajustó a una presión de 9.0 MPa, una velocidad espacial entre 1 y 2 h⁻¹ y rangos de temperatura entre 80°C (353,18K) y 200°C (473,18K). Se utilizaron catalizadores del tipo CoMo/Al₂O₃, NiMo/Al₂O₃ y NiCu/ Al₂O₃. Por la diferencia entre las reactividades de los diversos tipos de compuestos oxigenados presentes, se realizó el tratamiento hidrogenante por etapas de temperatura comprendidas en el rango ya mencionado.

Durante el hidrotratamiento del aceite de pirólisis esterificado, se evidenció que una vez se alcanzaba una temperatura de 200°C (473,18K) el reactor sufría un taponamiento inmediato debido a polimerización del aceite de pirólisis. Este taponamiento se evidenció aun sometiendo este bioaceite a pretratamientos de hidrotratamiento a bajas temperaturas tal como 80°C (353,18K).

El aceite de pirólisis crudo se logró procesar a una temperatura máxima de 180°C (453,18K) sin que se evidenciara taponamiento inmediato del reactor. A esta temperatura, 9.0 MPa de presión, una velocidad espacial de 2.0 h⁻¹ y utilizando una formulación de NiMo/Al₂O₃ como catalizador, luego de 28 horas de reacción se obtuvo un producto líquido no homogéneo, correspondiente a dos fases. La primera fracción, liviana, de consistencia acuosa – 78.7 % p/p de agua- y una segunda, densa, de consistencia orgánica y de fluidez limitada a una temperatura de 25 °C (298,18K); una relación C/H de 8.5 y una relación C/O de 2.3. Al someter esta segunda fase a un calentamiento gradual, mejoraba levemente sus condiciones de fluidez, sin embargo al alcanzar una temperatura de 100 °C (373,18K) se obtiene una fase sólida, lo que impide llegar a una segunda etapa de hidrotratamiento.

Al parecer durante este proceso el aceite de pirólisis crudo sufre reacciones de deshidratación que favorecieron la formación de las dos fases descritas. La fase acuosa, conformada tanto por agua de formación como por el agua presente en la microemulsion original. La fase orgánica, conformada por productos de condensación, de carácter aromático e insaturado, como pude interpretarse del espectro IR de la figura 4. Estos resultados hacen suponer que las reacciones de deshidratación/condensación se ven favorecidas respecto a las reacciones de desoxigenación, en la que se buscaba incorporar hidrógeno al aceite de pirólisis para remover oxígeno y formar hidrocarburos.

Ejemplo 2. Coprocesamiento del aceite de pirólisis con aceite desasfaltado DMO en un proceso catalítico hidrogenante a condiciones industriales de hidrotratamiento.

Ante la imposibilidad de desoxigenar el aceite de pirólisis por hidrotratamiento directo, se buscó un hidrocarburo, correspondiente a una corriente interna del proceso de refinación de petróleo, con las características reológicas necesarias para lograr una dispersión estable mediante métodos mecánicos. Esta dispersión formada se sometió a un proceso catalítico hidrogenante con el fin de

favorecer el contacto entre los componentes del aceite de pirólisis, el hidrógeno y el catalizador de hidrodesulfurización, que eventualmente puede tener actividad desoxigenante. Los resultados obtenidos demuestran que es posible la desoxigenación del aceite de pirólisis por coprocesamiento con una determinada corriente hidrocarbonada y que además se presenta una mejora sustancial en el producto de hidrotratamiento comparada con el hidrotratamiento del hidrocarburo sin presencia de aceite de pirólisis.

Inicialmente se realizó la dispersión entre el aceite de pirólisis crudo (proveniente de un proceso de pirólisis rápida, cuya caracterización se resume en la tabla 1) y la corriente hidrocarbonada, correspondiente a una aceite desasfaltado, (procedente de una extracción con solventes C2 – C3 de fondos resultantes del proceso de destilación al vacío de la parte pesada de la destilación atmosférica del petróleo crudo). La dispersión fue realizada a una temperatura entre 60°C (333,18K) y 80 °C (353,18K) durante un tiempo entre 15 y 30 minutos bajo una agitación constante de 500 rpm. Esta dispersión también fue realizada con el aceite de pirólisis esterificado, según condiciones descritas en el ejemplo 1 y cuya caracterización también se encuentra en la tabla 1.

Cada una de las dispersiones obtenidas, así como el aceite desasfaltado puro fueron sometidas a un proceso de hidrotratamiento en un reactor de lecho fijo y flujo continuo el cual se ajustó a una presión de 9.0 MPa, una velocidad espacial de 1 h-1, temperatura de 350°C (623,18K) y una relación hidrógeno/carga de 450 LN/L (litros normales de hidrógeno por litro de carga líquida). El catalizador utilizado presentó como metales de la fase activa una combinación de Ni, Co, Mo y P soportados en Al₂O₃.

Las dispersiones logradas con el aceite de pirólisis crudo y el aceite de pirólisis modificado por esterificación se procesaron durante 24 horas continuas sin detectar afectación considerable del lecho catalítico. En cada corrida se obtuvo un producto líquido, homogéneo, a diferencia de lo evidenciado en el ejemplo 1. El rendimiento en masa del líquido obtenido, para cada una de las dispersiones procesadas, es del mismo orden del líquido obtenido en el hidrotratamiento del aceite desasfaltado puro (alrededor del 96 % p/p).

La caracterización de las cargas a la planta de hidrotratamiento y su correspondiente producto de reacción líquido se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Caracterización de las cargas y productos para el hidrotratamiento de dispersiones del Aceite de Pirólisis (crudo y esterificado) y el aceite desasfaltado DMO.

Propiedad	Unidades	Referencia DMO Puro		Dispersión DMO + Ac. Pirólisis Crudo 10% p/p		Dispersión DMO + Ac. Pirólisis Esterifica 10% p/p	
		DMO	DMOH	DMO	DMOH	DMO	DMOH
Contenido de Agua	% masa	0.04	0.01	2.7	0.01	0.19	0.92
Número de Ácido	mg KOH/g	0.61	0.01	18.8	0.14	7.55	0.04
Carbón Residual	% masa	4.8	2.7	6.0	2.2	5.7	3.0
Densidad	g/mL	0.961	0.942	0.980	0.921	0.970	0.941

Gravedad API	° API	15.6	18.5	12.8	22.0	14.1	18.7
Poder Calorífico	MJ/Kg	43.8	44.5	41.5	44.7	42.4	44.1
Composición Elemental	% C	86.3	87.1	83.2	86.9	83.0	86.4
	% H	11.7	12.4	11.0	12.6	12.8	12.4
	% N % masa	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3
	% O*	0.0	0.0	4.3	0.0	2.5	0.4
	% S	1.2	0.3	1.1	0.2	1.1	0.3

5 Para las dispersiones DMO + aceite de pirólisis sin hidrotratar, los cambios con respecto al producto de referencia (DMO puro), son los esperados debido a su composición oxigenada; aumentan la acidez y el contenido de agua y es evidente una mayor tendencia a la formación de residuos carbonosos, al igual que una reducción del poder calorífico. Los cambios son proporcionales según la composición del aceite crudo y esterificado (ver tabla 1).

10 Los cambios por el hidrotratamiento en el escenario base (hidrotratamiento del DMO) son los esperados y típicos en los procesos industriales de refinación: una reducción muy significativa del contenido de azufre, una fuerte reducción a la tendencia a la formación de residuos carbonosos y un aumento de la gravedad API.

15 Los cambios por hidrotratamiento de la dispersión entre el DMO y aceite de pirólisis crudo presentan una tendencia similar a la anterior, con el factor adicional de lograr una remoción total del contenido de oxígeno presente y la incorporación del hidrógeno a la fracción correspondiente al aceite de pirólisis; además se presentó una reducción completa de los compuestos ácidos provenientes del bioaceite crudo y del agua presente; la desoxigenación completa, entendida como un cambio en el comportamiento químico, se ve reflejada también en el cambio drástico del carbón residual. El aceite de pirólisis ha logrado la desoxigenación planteada, acompañada de un cambio favorable en la gravedad API del producto hidrotratado correspondiente, como se puede apreciar en la figura 2.

25 Para los cambios por hidrotratamiento de la dispersión entre el DMO y el aceite de pirólisis esterificado aplica el análisis anterior. Se logró la obtención de un hidrocarburo a partir de la fracción correspondiente al aceite de pirólisis, (evidente por la reducción de la acidez, la reducción del carbón residual y el incremento de la gravedad API); el producto hidrotratado de la dispersión con bioaceite esterificado es de características más similares al producto de la referencia y no se evidencio el cambio significativo en la gravedad API que fue evidente para el caso del hidrotratamiento de la dispersión lograda con el bioaceite crudo.

35 **Ejemplo 3.** Coprocesamiento del aceite de pirólisis con gasóleo de vacío en un proceso catalítico hidrogenante a condiciones de craqueo catalítico.

Como una segunda alternativa de coprocesamiento del aceite de pirólisis con corrientes hidrocarbonadas internas del proceso convencional de refinación de petróleo crudo, se identificó

que el gasóleo de vacío también puede dispersar al aceite de pirólisis sin que se presente segregación o separación de este componente en la mezcla. Esta dispersión también se logra por medios mecánicos como se describió en el ejemplo 2. La dispersión formada se sometió a un proceso de craqueo catalítico en donde el hidrógeno generado durante el craqueo del hidrocarburo presente en la dispersión puede ser utilizado en la hidrodesoxigenación del aceite de pirólisis.

Se realizaron dispersiones tanto con el aceite de pirólisis crudo como con el aceite de pirólisis modificado por esterificación al 20 % p/p. Estas dispersiones y el gasóleo de vacío puro se sometieron a un proceso de craqueo térmico en un equipo de lecho fluidizado con recuperación y regeneración del catalizador de zeolita. La temperatura de reacción fue de 510 °C (783,18K) usando una relación catalizador/carga de 6.0 p/p.

Los resultados evidencian que la conversión del proceso, en todos los casos de mezcla con aceite de pirólisis crudo o esterificado, no se ve afectada respecto al gasóleo de referencia. Incluso se presentó un incremento de esta conversión de aproximadamente 3% más en las mezclas con aceite de pirólisis crudo y del 4% más en las mezclas con el bioaceite esterificado, como se resume en la Tabla 3. Dicha tabla resume igualmente el balance másico promedio de las corridas experimentales realizadas. Los rendimientos obtenidos incluyendo los fondos, coque y gas se aprecian con más detalle en la figura 3.

Tabla 3. Conversión craqueo catalítico VGO y sus dispersiones con aceite de pirólisis.

Componente de alto Valor	VGO Referencia	Dispersiones VGO + Aceite de Pirólisis Crudo		Dispersiones VGO + Aceite de Pirólisis Esterificado	
		10% p/p	20 % p/p	10 % p/p	20 % p/p
Gasolina	36.672	40.534	39.954	39.950	38.764
Aceite Liviano de Ciclo, LCO	21.084	21.245	21.180	20.895	20.796
Gas Licuado de Petróleo, LPG	7.035	7.589	6.305	8.410	9.170
Conversión Total	64.8	67.8	67.4	68.9	68.7
Cierre balance de masa	96.9	96.9	96.9	98.4	98.6

En el craqueo catalítico del gasóleo y sus dispersiones con aceite de pirólisis se produjo una fracción líquida homogénea, la cual es una mezcla de los productos resultantes de la reacción donde se encuentran tanto los productos valiosos como los fondos. La Tabla 4 condensa las características fisicoquímicas de los productos líquidos obtenidos y los compara con las cargas iniciales. En las mezclas VGO más bioaceite (tanto crudo como esterificado), los cambios respecto al VGO de referencia son los esperados debido a su composición oxigenada; aumento de la acidez y del contenido de agua. Los cambios son proporcionales según la composición pura del aceite crudo y esterificado.

El craqueo catalítico de las dispersiones VGO con aceite de pirólisis produce un líquido correspondiente a un hidrocarburo con un contenido oxigenado del 1.415 % p/p para el caso de la mezcla con bioaceite crudo y de 2.089 % p/p para el caso de la mezcla con bioaceite esterificado.

Tabla 4. Caracterización de las cargas y los productos de Craqueo Catalítico de las dispersiones del Aceite de Pirólisis (crudo y esterificado) y Gasóleo de Vacío VGO.

Propiedad		Unidades	Referencia		Dispersión		Dispersión	
			VGO Puro		VGO + Bio Crudo		VGO + Bio Esterf	
			VGO	Prod. Liquido	VGO+ BioCr 20%	Prod. Liquido	VGO+ BioEst20%	Prod. Liquido
Contenido de Agua		% masa	0.17	0.75	5.27	0.06	0.50	3.10
Número de Ácido		mg KOH/g	2.21	0.06	36.91	1.12	12.44	0.19
Composición Elemental	% C	% masa	86.6	87.0	76.8	85.6	81.7	86.2
	% H		12.4	12.0	12.7	12.0	11.9	10.8
	% N		0.18	0.074	0.19	0.04	0.17	0.04
	% O		0.00	0.00	9.32	1.42	5.30	2.08
	% S		1.02	0.87	0.86	0.85	0.87	0.76

**PROCESO PARA MEJORAR LA CONVERSIÓN A DESTILADOS MEDIOS Y
GASOLINAS POR CO-PROCESAMIENTO DE ACEITE DE PIRÓLISIS CRUDO EN
UNIDADES DE HIDROTRATAMIENTO Y CRAQUEO CATALÍTICO.**

5

REIVINDICACIONES

- 10 1. Un proceso para mejorar la conversión a destilados medios y gasolinas por co-
procesamiento de aceite de pirólisis crudo con corrientes hidrocarbonadas de una
refinería de petróleo, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:
- 15 a) Producir un intermedio líquido a partir de biomasa lignocelulósica sólida, mediante el
tratamiento térmico de la misma; El tratamiento térmico se lleva a cabo en un rango
entre 400°C (673,18 K) y 600°C (873,18K), de preferencia entre 500°C (773,18 K) -
550°C (823,18 K) y un tiempo promedio de residencia de 2 segundos en un reactor de
lecho fluidizado. La biomasa debe tener un contenido de humedad inferior al 10
%p/p, de preferencia entre 0 a 10%, preferiblemente entre 5% y 10% y un tamaño de
20 partícula promedio entre 2-3 mm.
- b) Dispersar el aceite de pirólisis obtenido en el paso a) con corrientes hidrocarbonadas
pertenecientes al proceso de refinación de petróleo para formar una dispersión aceite
de pirólisis crudo-corriente hidrocarbonada; la dispersión se realiza mediante agitación
mecánica, sin ayuda de solventes o aditivos dispersantes, a una temperatura entre
25 30°C (303,18K) y 80°C (353,18K), preferiblemente entre 50°C (323,18K) y 70 °C
(343,18K), un tiempo de agitación de 10 minutos a 40 minutos, de preferencia 20
minutos y a una velocidad entre 800 rpm hasta 2000 rpm, de preferencia 1000 rpm. La
proporción del aceite de pirólisis corresponde entre 5% hasta 30% en peso, de
preferencia como máximo al 20% p/p respecto al hidrocarburo utilizado en la
30 dispersión. Las corrientes hidrocarbonadas con las cuales se logra la formación de una
dispersión estable deben tener una gravedad API entre 12 y 16 °API.
- c) Poner en contacto la dispersión obtenida en el paso b) con hidrógeno y un catalizador
activado con azufre, con fase metálica activa de cobalto, níquel, molibdeno y fósforo,
soportados en alúmina. Temperaturas de proceso entre 250°C (523,18K) y 350 °C
35 (623,18K), presiones entre 70 bar y 120 bar (7MPa y 12 MPa), velocidades espaciales
entre 1.0 y 2.0 h⁻¹ y una relación hidrógeno/carga entre 300 y 500 LN/L (litros normales
de hidrógeno por cada litro de carga líquida).
- d) Poner en contacto la dispersión obtenida en el paso b) con un catalizador de zeolitas, a
40 una condiciones de temperatura del proceso que oscila entre 400°C (673,18k) y
600°C (873,18K), de preferencia entre 500°C (773,18K) y 550 °C (823,18K) con una
relación catalizador/carga de entre 6.0 y 8.0

- 5 2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado porque en la etapa a) el intermediario líquido se produce mediante un proceso de térmico de biomasa lignocelulósica sólida que incluye pero no se limita a residuos de la palma de aceite, residuos de la caña de azúcar y otros materiales lignocelulósicos tales como maderas, pastos, etc y mezclas de los mismos. En el proceso térmico de la biomasa los gases generados se separan de la fracción sólida a través de ciclones y se condensan para obtener el respectivo intermedio líquido o aceite de pirólisis.
- 10 3. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el aceite de pirólisis en el paso b) es una microemulsion estable de un contenido de agua entre el 10% y el 50%, un pH entre 1 y 3. La composición del aceite de pirólisis transformado mediante el proceso de la presente invención puede contener los siguientes grupos funcionales oxigenados, sin limitarse a ellos, en los porcentajes en masa indicados. alcoholes hasta un 10.0%, ácidos carboxílicos hasta un 20.0%, aldehídos hasta un 10.0%, carbohidratos hasta un 10.0%, cetonas hasta un 10.0%, fenoles hasta un 20.0%, furanos hasta un 10.0%, ésteres hasta un 40.0% y éteres hasta un 30.0%.
- 15 4. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque en el paso b) las corrientes hidrocarbonadas tienen una gravedad API entre 12° y 16° y forman con el aceite de pirólisis dispersiones estables, sin el uso de aditivos dispersantes, a través de agitación mecánica a condiciones de temperatura entre 30°C (303,18K) y 80°C (353,18K), preferiblemente entre 50°C (323,18K) y 70 °C (343,18K), un tiempo de agitación de 10 minutos a 40 minutos, de preferencia 20 minutos y a una velocidad entre 800 rpm hasta 2000 rpm, de preferencia 1000 rpm.
- 20 5. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque en el paso b) la mezcla del aceite de pirólisis y las corrientes de hidrocarburo se hace de manera mecánica sin ayuda de solventes o aditivos dispersantes o estabilizantes de emulsiones.
- 25 6. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las corrientes hidrocarbonadas en el paso b) proceden de procesos de extracción con solventes de fondos de la destilación al vacío o de la destilación al vacío de los fondos de la destilación atmosférica del petróleo crudo.
- 30 7. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el coprocesamiento se lleva a cabo en una unidad de hidrotratamiento, en presencia de catalizadores activados con corrientes azufradas, de fase metálica activa cobalto, níquel, molibdeno y fósforo, soportados en alúmina y en donde la temperatura de proceso está entre 250°C (523,18 K) y 350 °C (623,18 K) y presiones entre 70 bar y 120 bar (7MPa y 12 MPa) con velocidades espaciales entre 1.0 y 2.0 h⁻¹ y una relación hidrógeno/carga entre 300 y 500 LN/L. (litros normales de hidrógeno por litro de carga líquida).
- 35 40 8. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el coprocesamiento se lleva a cabo en una unidad de craqueo catalítico, en presencia de
- 45

catalizadores de zeolitas, en donde la temperatura del proceso oscila entre 300°C (573,18K) y 800°C (1073,18K), con una relación catalizador/carga de entre 6.0 y 8.0

- 5 9. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1 paso b) caracterizado porque los hidrocarburos obtenidos del tratamiento catalítico hidrogenante de la dispersión obtenida con el aceite de pirólisis presentan una gravedad API mayor a aquellos obtenidos del tratamiento catalítico hidrogenante del hidrocarburo que en su totalidad procede de origen fósil (DMO). Este incremento en la gravedad API de los
- 10 hidrocarburos resultantes de la reacción de hidrogenación se traducen en mayores rendimientos en destilados medios y gasolinas.
10. Un esquema de refinación de petróleo crudo caracterizado por que incorpora una nueva corriente interna de refinación de origen renovable y sostenible -aceite de pirólisis-. Que contempla dos rutas de incorporación del aceite de pirólisis,
- 15 a). la primera opción consiste en dispersar el aceite de pirólisis en una corriente procedente de un proceso de extracción por solventes de hidrocarburos pesados – fondos- obtenidos de la destilación al vacío del residual de la destilación atmosférica del petróleo crudo; esta dispersión se lleva a condiciones de proceso según
- 20 b).la reivindicación 7 de la presente invención en una unidad de hidrotratamiento; la segunda opción, dispersar el aceite de pirólisis en una corriente de hidrocarburos procedentes de un proceso de destilación al vacío de del residual de la destilación atmosférica del petróleo crudo para posteriormente procesarla en una unidad de craqueo catalítico, según las condiciones de proceso de la reivindicación 8 de la presente invención.