

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 116**

51 Int. Cl.:

**C10G 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2001 E 01971568 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **06.08.2003 EP 1332199**

54 Título: **Productos producidos a partir del procesamiento térmico rápido de materias primas de hidrocarburos pesados**

30 Prioridad:

**18.09.2000 US 233354 P**

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

**08.02.2013**

73 Titular/es:

**IVANHOE HTL PETROLEUM LTD (100.0%)  
One East Liberty Street, Suite 424  
Reno NV 89501, US**

72 Inventor/es:

**FREEL, BARRY y  
GRAHAM, ROBERT**

74 Agente/Representante:

**URÍZAR ANASAGASTI, José Antonio**

**ES 2 395 116 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

0001 La presente invención se refiere al procesamiento térmico rápido de materias primas de aceite viscoso. Más específicamente, esta invención se refiere al uso de pirólisis con el fin de mejorar y reducir la viscosidad de estos aceites.

**5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

0002 Los recursos de aceite pesado y betún está suplementando la disminución en la producción del petróleo crudo convencional ligero y mediano, y la producción a partir de estos recursos se espera que aumente de forma importante. La expansión de oleoductos se prevé que haga frente al aumento en la producción de petróleo pesado., sin embargo, el petróleo pesado debe ser tratado con el fin de permitir su transporte por oleoducto. En la actualidad los crudos pesados de petróleo y betún se hacen transportables por adición de diluyentes o son mejorados a crudo sintético. Sin embargo, los crudos diluidos o los crudos sintéticos mejorados son significativamente diferentes de los petróleos crudos convencionales. Como resultado, las mezclas bituminosas o los crudos sintéticos no se procesan fácilmente en refinerías convencionales de craqueo catalítico fluido. Por lo tanto, en ambos casos la refinería debe estar configurada para manejar materias primas ya sea diluidas o mejoradas.

0003 Muchas materias primas de hidrocarburos pesados están también caracterizadas porque comprenden una cantidad significativa de BS&W (sedimento de fondo y agua). Tales materias primas no son adecuadas para ser transportadas por oleoducto, o para mejorarse debido a la arena, el agua y las propiedades corrosivas de la materia prima. Normalmente, las materias primas caracterizadas por tener menos de 0.5 % en peso BS&W son transportables por oleoducto, y aquellas que comprenden una cantidad mayor de BS&W requieren algún grado de procesamiento y tratamiento para reducir el contenido de BS&W antes de su transporte. Tal proceso puede incluir almacenamiento para dejar asentadas el agua y las partículas, seguido por un tratamiento térmico para eliminar el agua y otros componentes. Sin embargo, estas manipulaciones son costosas y consumen mucho tiempo. Hay por tanto una necesidad en la técnica de un método eficiente para mejorar la materia prima que comprende un contenido de BS&W significativo antes de su transporte o un procesamiento adicional de la materia prima.

0004 Petróleos pesados y bitúmenes pueden ser mejorados usando un rango de procesos rápidos incluyendo procesos térmicos (ej., US 4,490,234; US 4,294,686; US 4,161,442), de hidro craqueo (US 4,252,634) de reducción de viscosidad (US 4,427,539; US 4,569,753; US 5,413,702) o de craqueo catalítico (US 5,723,040; US 5,662,868; US 5,296,131; US 4,985,136; US 4,772,378; US 4,668,379, US 4,578,183). Muchos de estos procesos, tales como la reducción de viscosidad o el craqueo catalítico, utilizan materiales de contacto particulados catalíticos o inertes dentro de reactores de flujo ascendente o descendente. Los materiales de contacto catalíticos están en la mayoría de casos basados en zeolita (ver por ejemplo US 5,723,040; US 5,662,868; US 5,296,131; US 4,985,136; US 4,772,378; US 4,668,378; US 4,578,183; US 4,435,272; US 4,263,128), mientras que la reducción de viscosidad normalmente utiliza material de contacto inerte (ej., US 4,427,539; US 4,569,753), sólidos carbonosos (ej., US 5,413,702), o sólidos de caolín inerte (ej., US 4,569,753).

0005 El uso de unidades de craqueo catalítico fluido (FCC), u otras, para el procesamiento directo de materias primas de bitumen es conocido en la técnica. Sin embargo, muchos compuestos presentes dentro de las materias primas crudas interfieren con estos procesos depositándose sobre el propio material de contacto. Estas contaminantes de materias primas incluyen metales como el vanadio y el níquel, precursores de coque como carbón Conradson y asfaltenos, y azufre, y el depósito de estos materiales crea la necesidad de importante regeneración del material de contacto. Esto es especialmente cierto para el material de contacto empleado con procesos FCC ya que un control de craqueo eficiente y de temperatura apropiada del proceso requiere materiales de contacto que comprenden materiales o metales de depósito poco o no combustibles que interfieran con el proceso catalítico.

0006 Para reducir la contaminación del material catalítico dentro de las unidades de craqueo catalítico, se sugirió el pretratamiento de la materia prima a través de procesos de reducción de viscosidad (US 5,413,702; US 4,569,753; US 4,427,539), térmicos (US 4,252,634; US 4,161,442) u otros, normalmente usando reactores de tipo FCC, operando a temperaturas por debajo de la requerida para craquear la materia prima (ej., US 4,980,045; US 4,818,373 y US 4,263,128). Estos sistemas operan en serie con unidades FCC y funcionan como pre-tratadores de FCC. Estos procesos de pretratamiento están diseñados para eliminar materiales contaminantes de la materia prima, y operan bajo condiciones que mitigan cualquier craqueo. Esto asegura que cualquier mejora y craqueo controlado de la materia prima tenga lugar dentro del reactor FCC bajo condiciones óptimas.

0007 Varios de estos procesos (ej., US 4,818,373; US 4,427,539; US 4,311,580; US 4,232,514; US 4,263,128) han sido específicamente adaptados para procesar "resids" (e.d. materias primas producidas de la destilación fraccionada

de un petróleo crudo entero) y fracciones de fondo, con el fin de optimizar la recuperación del suministro inicial de materia prima. Los procesos divulgados para la recuperación de residuo, o fracciones de fondo, son físicos e implican vaporización selectiva o destilación fraccionada de la materia prima con mínimos cambios químicos, o ninguno de la materia prima. Estos procesos se combinan también con eliminación de metales y proporcionan materias primas adecuadas para el procesamiento FCC. La vaporización selectiva del residuo se lleva a cabo bajo condiciones de no craqueo, sin ninguna reducción de la viscosidad de los componentes de la materia prima, y asegura que el craqueo ocurra dentro de un reactor FCC bajo condiciones controladas. Ninguno de estos enfoques describe la mejora de la materia prima dentro de este proceso de pretratamiento (e.d. eliminación de metales y coque). Otros procesos para el tratamiento térmico de las materias primas requieren la adición de hidrógeno (hidrotratamiento) que da lugar a algún cambio químico en la materia prima.

0008 US 4,294,686 divulga un proceso de destilación por vapor con presencia de hidrógeno para el pretratamiento de materia prima para el procesamiento FCC. Este documento también indica que este proceso puede también usarse para reducir la viscosidad de la materia prima de modo que la materia prima puede ser adecuada para transportarse en un oleoducto. Sin embargo, el uso de reactores de tiempo de residencia corto para producir una materia prima transportable no está divulgado.

0009 WO00/61705, el cual fue publicado después de la fecha reivindicada de prioridad de la presente solicitud, describe un método de mejora de materia prima de hidrocarburo que utiliza un reactor pirolítico de corta residencia que opera bajo condiciones que craquean y mejoran químicamente la materia prima.

0010 US 5,807,478 describe un método para disminuir la viscosidad y peso específico de un hidrocarburo pesado para hacerlo transportable por oleoducto. El método comprende añadir cenizas volantes de coque que contienen vanadio y níquel al hidrocarburo pesado; reaccionar el hidrocarburo pesado en presencia de las cenizas volantes con un gas que contiene hidrógeno molecular bajo condiciones de hidroconversión durante un tiempo suficiente para disminuir la viscosidad del hidrocarburo en el intervalo de unos 20 a 60 centipoises a 40°C y disminuir el peso específico en el intervalo de unos 0.925 a unos 0.940 a 15°C.

0011 JP 2000-204380 describe gasóleo de vacío desulfurado producido como una fracción de destilación.

0012 Hay una necesidad en la técnica de un proceso de mejora rápido y efectivo de una materia prima de crudo pesado o bitumen que implica una mejora química parcial o craqueo leve de la materia prima con el fin de obtener un producto caracterizado por tener una viscosidad reducida respecto al material de partida. Idealmente este proceso podría aplicarse a materias primas que comprenden cantidades significativas de BS&W. Este producto podría ser transportable para su posterior procesamiento y mejora. Tal proceso no implicaría ninguna actividad de craqueo catalítico debido a la conocida contaminación de materiales catalizadores de contacto con componentes presentes en materias primas de crudo pesado o bitumen. El proceso rápido y eficaz de mejora podría producir un producto caracterizado por tener una viscosidad reducida, un contenido de metal reducido, API aumentado, y un rendimiento óptimo de producto.

0013 La presente invención está dirigida a la mejora de materias primas de hidrocarburos pesados, por ejemplo pero no limitado a materias primas de crudo pesado o bitumen, que utiliza un reactor pirolítico de residencia corta que opera bajo condiciones que craquean y mejoran químicamente la materia prima. La materia prima utilizada en este proceso puede comprender niveles significativos de BS&W y aun así ser eficazmente procesada, aumentando por ello la eficiencia de manejo de la materia prima. El proceso de la presente invención permite la preparación de una materia prima parcialmente mejorada que muestra una viscosidad reducida y una gravedad API aumentada. El proceso aquí descrito elimina de forma selectiva metales, sales, agua y nitrógeno de la materia prima, mientras al mismo tiempo maximiza la producción líquida, y minimiza la producción de coque y gas. Además, este proceso reduce la viscosidad de la materia prima a un grado que puede permitir el transporte por oleoducto de la materia prima sin adición de diluyentes. El producto parcialmente mejorado permite de forma opcional el transporte de la materia prima fuera de las instalaciones, a lugares mejor equipados para manejar el refino. Tales instalaciones están normalmente ubicadas a una distancia del punto donde se obtiene la reserva de crudo.

#### RESUMEN DE LA INVENCION

0014 La presente invención se refiere al procesamiento térmico rápido de materias primas de crudos viscosos. Más específicamente, esta invención se refiere a los de pirólisis con el fin de mejorar y reducir la viscosidad de estos crudos.

0015 Según la presente invención se proporciona un método para producir un gasóleo de vacío (VGO) como se define en las reivindicaciones que comprende:

(I) mejorar una materia prima de hidrocarburo pesado por un método que comprende:

- (i) Introducir un portador térmico de partículas en un reactor de flujo ascendente;
- (ii) Introducir la materia prima de hidrocarburo pesado en el reactor de flujo ascendente al menos en un punto por encima del portador térmico de partículas de modo que una proporción de carga del portador térmico de partículas a la materia prima es de 10:1 a 200:1; en el que dicho reactor de flujo ascendente funciona a una temperatura de menos de 750°C
- (iii) Permitir que la materia prima de hidrocarburo pesado interactúe con el portador térmico con un tiempo de residencia de menos que 5 segundos para producir una corriente de producto.
- (iv) Separar la corriente de producto del portador térmico de partículas;
- (v) Regenerar el portador térmico de partículas;
- (vi) Recoger un producto gaseoso y líquido de la corriente de producto, donde el producto líquido muestra una gravedad API aumentada, un punto de fluidez reducido, una viscosidad reducida y un nivel reducido de contaminantes respecto al de dicha materia prima, y
- (vii) Destilar el VGO de la bolsa de líquido.

0016 Preferiblemente, la proporción de carga del método como se ha esbozado anteriormente es de unos 20:1 a unos 30:1.

0017 Esta invención también incluye, el método como se ha esbozado anteriormente en el que la materia prima de hidrocarburo pesado es crudo pesado o bitumen. Además, la materia prima es precalentada antes de su introducción en el reactor de flujo ascendente.

0018 La presente invención también se refiere al método descrito anteriormente, en el que la temperatura del reactor de flujo ascendente es menos que 750°C, en el que la residencia es de 0,5 a 2 segundos, y en el que el portador térmico de partículas es de arena de sílice.

0019 Esta invención está también dirigida al método anterior en el que los contaminantes, incluyendo carbón Conradson (coque), BS&W, níquel y vanadio son eliminados de las materias primas o depositados sobre el portador térmico.

0020 La presente invención también incluye el método definido anteriormente, en el que dicha corriente de producto de una primera ejecución de pirólisis es separada en una fracción más ligera y en una fracción más pesada, recoger la fracción más ligera de la corriente de producto, y reciclar la fracción más pesada de vuelta al reactor de flujo ascendente para procesamiento adicional en una segunda ejecución de pirólisis para producir una segunda corriente de producto. Preferiblemente, el procesamiento adicional incluye mezclar la fracción más pesada con el portador térmico de partículas, donde la temperatura del portador térmico de partículas de la segunda ejecución de pirólisis es parecida, o superior, a la que se utiliza en el procesamiento de la materia prima en la primera ejecución de pirólisis. Por ejemplo, la temperatura del portador térmico dentro de la primera ejecución de pirólisis es de 300°C a 590°C, y la temperatura de la segunda ejecución de pirólisis es de 530°C a 700°C. El tiempo de residencia de la segunda ejecución de pirólisis es el mismo que, o mayor que, el tiempo de residencia de la primera ejecución de pirólisis. Además, la fracción más pesada puede ser añadida a la materia prima sin procesar antes de ser introducida en el reactor de flujo ascendente para la segunda ejecución de pirólisis.

0021 También está aquí descrito un crudo pesado mejorado caracterizado por las siguientes propiedades:

- i) Una gravedad API de 13 a 23;
- ii) Una densidad de 0.92 a 0.98;
- iii) Una viscosidad a 40°C (cSt) de 15 a 300; y
- iv) Un contenido de Vanadio reducido de 60 a 100 ppm; y
- v) Un contenido de Níquel reducido de 10 a 50 ppm.

0022 También está descrito un bitumen mejorado caracterizado por las siguientes propiedades:

- i) Una gravedad API de 10 a 21;
- ii) Una densidad de 0.93 a 1,0;
- iii) Una viscosidad a 40°C (cSt) de 15 a 300; y
- iv) Un contenido de Vanadio reducido de 60 a 100 ppm; y
- v) Un contenido de Níquel reducido de 10 a 50 ppm.

0023 También está descrito un producto líquido caracterizado por tener al menos una de las siguientes propiedades:

- i) Menos del 50% de los componentes que evolucionan a temperaturas superiores a 538°C durante la destilación simulada;
- ii) De 60% a 195% del producto que evoluciona por debajo de 538°C durante la destilación simulada;
- iii) De 1.0% a 10% del producto líquido que evoluciona por debajo de 193°C durante la destilación simulada;
- 5 iv) De 2% a 6% del producto líquido que evoluciona entre 193-232°C durante la destilación simulada;
- v) De 10% a 25% del producto líquido que evoluciona entre 232-327°C durante la destilación simulada;
- vi) De 6% a 15% del producto líquido que evoluciona entre 327-360°C durante la destilación simulada; y
- vii) De 34.5% a 60% del producto líquido que evoluciona entre 360-538°C durante la destilación simulada.

0024 La presente invención abarca un gasóleo de vacío (VGO) como se divulga en la reivindicación 1 caracterizado con un punto de anilina medido de 43.3°C (110°F) a (110°F) a 54.4°C (130°F) y un punto de anilina calculado de unos 51.7°C (125°F) a unos 76.7°C (130°F). Además, el VGO puede estar además caracterizado por tener un perfil de hidrocarburo que comprende aproximadamente 38% de mono-aromáticos.

0025 También se describe un método para mejorar una materia prima de hidrocarburo pesado que comprende:

- i) Introducir un portador de calor de partículas en un reactor de flujo ascendente;
- 15 ii) Introducir una materia prima en el reactor de flujo ascendente en al menos una posición por encima de la del portador térmico de partículas de modo que una relación de carga del portador térmico de partículas a la materia prima de hidrocarburo pesado es de unos 10:1 a unos 200:1;
- iii) Permitir que la materia prima interactúe con el portador térmico con un tiempo de residencia de menos de 1 segundo, para producir una corriente de producto;
- 20 iv) Separar la corriente de producto del portador térmico de partículas;
- v) Regenerar el portador térmico de partículas, y
- vi) Recoger un producto gaseoso y líquido de la corriente del producto, donde la materia prima es obtenida del contacto directo entre la corriente de producto y una materia prima de hidrocarburo pesado, en un condensador.

0026 La presente invención aborda la necesidad en la técnica de un proceso de mejora rápido de una materia prima de crudo pesado o bitumen que implica una mejora química parcial o un craqueo leve de la materia prima. Este producto puede, si se desea, ser transportable para su posterior procesamiento y mejora. El proceso como aquí se describe también reduce los niveles de contaminantes en las materias primas, mitigando por ello la contaminación de materiales de contacto catalíticos con componentes presentes en materias primas de crudo pesado o bitumen. Además, la fracción del gasóleo de vacío (VGO) del producto líquido de la presente invención es una materia prima adecuada para propósitos de craqueo catalítico, y exhibe un perfil de hidrocarburo único, incluyendo altos niveles de compuestos reactivos que incluyen los mono-aromáticos y los aromáticos tiofeno. Los mono-aromáticos y los aromáticos tiofenos tienen una pluralidad de cadenas laterales disponibles para craqueo, y proporcionan altos niveles de conversión durante el craqueo catalítico.

0027 Además, una serie de materias primas de hidrocarburo pesado pueden ser procesadas por los métodos aquí descritos, incluyendo materias primas que comprenden cantidades significativas de BS&W. Las materias primas que comprenden un contenido de BS&W significativo no son transportables debido a sus propiedades corrosivas. Las prácticas actuales para el tratamiento de materias primas para disminuir su contenido de BS&W son prolongadas y costosas, y requieren aún un posterior procesamiento o mejora parcial antes del transporte. Los métodos aquí descritos permiten el uso de materias primas con un sustancial componente de BS&W, y producen un producto líquido que está parcialmente mejorado y adecuado para el transporte por oleoducto u otros métodos. La presente invención por tanto permite un procesamiento temprano de las materias primas y reduce los costos y el tiempo de procesamiento asociados.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

0028 Estas y otras características de la invención se harán más evidente a partir de la siguiente descripción en la cual se hace referencia a los dibujos adjuntos en los que:

FIGURA 1 es un dibujo esquemático de una realización de la presente invención que se refiere a un sistema para el procesamiento pirolítico de materias primas.

FIGURA 2 es un dibujo esquemático de una realización de la presente invención que se refiere al sistema de alimentación para la introducción de materia prima al sistema para el procesamiento pirolítico de materias primas.

FIGURA 3 es un dibujo esquemático de una realización de la presente invención que se refiere al sistema de

alimentación para la introducción de materia prima en la segunda etapa de un proceso de dos etapas usando el sistema para el procesamiento pirolítico de materias primas como aquí se describe.

FIGURA 4 es un dibujo esquemático de una realización de la presente invención que se refiere al sistema de recuperación para obtener materia prima para ser o recogida de un condensador principal, o reciclada a la segunda etapa de un proceso de dos etapas usando el sistema para el procesamiento pirolítico de materias primas como aquí se describe.

FIGURA 5 es un dibujo esquemático de una realización de la presente invención que se refiere a un sistema de varias etapas para el procesamiento pirolítico de materias primas.

#### DESCRIPCIÓN DE LA REALIZACIÓN PREFERIDA

0029 La presente invención se refiere al procesamiento térmico rápido de materias primas de petróleo crudo viscoso. Más específicamente, la invención se refiere al uso de la pirólisis con el fin de mejorar y reducir la viscosidad de estos crudos.

0030 La siguiente descripción es de una realización preferida a modo de ejemplo solamente y sin limitación a la combinación de características necesaria para hacer efectiva la invención.

0031 Por "materia prima" se entiende generalmente una materia prima de hidrocarburo pesado que comprende, pero no se limita a, crudo pesado o bitúmenes. Sin embargo, el término "materia prima" puede también incluir otros compuestos de hidrocarburo como el crudo de petróleo, productos atmosféricos de fondo de alquitrán, de fondos de destilación en vacío de alquitrán, aceite de hulla, crudos residuales, arenas de alquitrán, aceite de esquisto bituminoso y fracciones asfálticas. Además, la materia prima puede comprender cantidades significativas de BS&W (Sedimento de Fondo y Agua), por ejemplo, pero no se limita a, un contenido de BS&W de más de 0.5% (% en peso). La materia prima puede incluir también materias primas pre-tratadas (pre-procesadas) como se define abajo, sin embargo, el crudo pesado y el bitumen son la materia prima preferida. Estas materias primas de crudo pesado y bitumen son normalmente viscosas y difíciles de transportar. Los bitúmenes normalmente comprenden una gran proporción de hidrocarburos polinucleares complejos (asfaltenos) que añaden viscosidad a esta materia prima y es requerida alguna forma de pre-tratamiento de esta materia prima para el transporte. Tal pre-tratamiento normalmente incluye dilución en disolventes antes del transporte.

0032 Normalmente las materias primas derivadas de arena bituminosa (ver Ejemplo 1 para un análisis de ejemplos, los cuales no deben ser consideradas limitantes, de tales materias primas) son pre-procesadas antes de la mejora, como aquí se describe, con el fin de concentrar el bitumen. Sin embargo, el pre-procesamiento puede también implicar métodos conocidos en la técnica, incluyendo tratamientos de agua caliente o fría, o extracción de disolvente que produce una solución de crudo bitumen-gas. Estos tratamientos de pre-procesamiento normalmente reducen el contenido de arena del bitumen. Por ejemplo un tratamiento de pre-procesamiento por agua implica la formación de una lechada bitumen-agua caliente/NaOH que contiene arena bituminosa, del cual se permite que se asiente la arena, y se añade más agua caliente al bitumen flotante para diluir la base y asegurar la eliminación de arena. El procesamiento de agua fría comprende machacar la arena bituminosa en agua y hacer flotar el bitumen que contiene arenas bituminosas en fuel-oil, luego diluir el bitumen con disolvente y separar el bitumen del residuo de arena-agua. Una descripción mas completa del proceso de agua fría está descrita en US 4,818,373. Tales materias primas pre-procesadas o pre-tratadas pueden también ser usadas para un posterior procesamiento como aquí se describe.

0033 Los bitúmenes pueden ser mejorados usando el proceso de esta invención, u otros procesos como FCC, reducción de viscosidad, hidrocrqueo, etc. El pre-tratamiento de las materias primas de arena bituminosa puede también incluir tratamientos de agua caliente y fría, por ejemplo, para eliminar parcialmente el componente de arena antes de mejorar la materia prima usando el proceso como aquí se describe, u otros procesos de mejora incluyendo FCC, hidrocrqueo, coquización, reducción de viscosidad, etc. Por tanto, debe entenderse que el término "materia prima" también incluye materias primas pre-tratadas, incluyendo, pero no limitado a los preparados como se describe anteriormente.

0034 Debe entenderse que las materias primas más ligeras pueden también ser procesadas siguiendo el método de la invención como aquí se describe. Por ejemplo, y como se describe en más detalle a continuación, los productos líquidos obtenidos de un primer tratamiento pirolítico como aquí se describe, pueden procesarse adicionalmente por el método de esta invención (por ejemplo reciclado de material compuesto y procesamiento en varias etapas; ver Figura 5 y Ejemplos 3 y 4) para obtener un producto líquido caracterizado por tener viscosidad reducida, reducido contenido de metal (especialmente níquel, vanadio) y agua, y un API mayor. Además, los productos líquidos obtenidos

de otros procesos conocidos en la técnica, por ejemplo, pero no limitado a US 5,662,868; US 4,980,045; US 4,818,373; US 4,569,753; US 4,435,272; US 4,427,538; US 4,427,539; US 4,328,091; US 4,311,580; US 4,243,514; US 4,294,686, pueden también usarse como materias primas para el proceso aquí descrito. Por lo tanto, la presente invención también contempla el uso de materias primas más ligeras incluyendo gasóleos, gasóleos de vacío, crudos superiores o productos líquidos pre-procesados, obtenidos de crudos pesado o bitúmenes. Estas materias primas más ligeras pueden ser tratadas usando el proceso de la presente invención con el fin de mejorar estas materias primas para un posterior procesamiento usando, por ejemplo, pero no limitado a, FCC, reducción de viscosidad, o hidrocrackeo etc, o para el transporte y posterior procesamiento.

0035 El producto líquido derivado del proceso como aquí se describe puede ser adecuado para transportar en un oleoducto para permitir un procesamiento adicional de la materia prima en otros lugares. Normalmente, el procesamiento adicional tiene lugar en un sitio distante de donde la materia es obtenida. Sin embargo, se considera en el ámbito de la presente invención que el producto líquido producido usando el presente método puede también ser directamente introducido en una unidad capaz de mejorar adicionalmente la materia prima, tales como, pero no limitado a, FCC, coquización, reducción de viscosidad, hidrocrackeo, o pirólisis etc. En esta capacidad, el reactor pirolítico de la presente invención parcialmente mejora la materia prima mientras al mismo tiempo actúa como un pre-tratador de la materia prima para un posterior procesamiento, como se describe en, por ejemplo, pero no limitado a US 5,662,868; US 4,980,045; US 4,818,373; US 4,569,753; US 4,435,272; US 4,427,538; US 4,427,539; US 4,328,091; US 4,311,580; US 4,243,514; US 4,294,686.

0036 Las materias primas de la presente invención son procesadas usando un reactor de pirólisis rápido, como el divulgado en US 5,792,340 (WO 91/11499; EP 513,051) que implica tiempos de contacto entre el portador térmico y la materia prima de 0.01 a 2 seg. Otros conocidos reactores de elevación con tiempos de residencia de corta pueden también ser empleados, por ejemplo, pero no limitado a US 4,427,539, 4,569,753, 4,818,373, 4,243,514.

0037 Es preferible que el portador térmico usado en el reactor de pirólisis exhiba baja actividad catalítica. Tal portador térmico puede ser un sólido particulado inerte, preferentemente arena, por ejemplo arena de sílice. Por arena de sílice quiere decirse una arena que comprenda más de 80% de sílice, preferentemente más que 95% de sílice, y más preferentemente más que 99% de sílice. Otros componentes de la arena de sílice pueden incluir, pero no están limitados a, de 0,01% (100 ppm) a 0,04% (400 ppm) de óxido de hierro preferentemente unos 0,035% (358 ppm); unos 0,40037% (3.78 ppm) de óxido de potasio; unos 0,00688% (68.88 ppm) de óxido de aluminio; unos 0,0027 (27.25) de óxido de magnesio; y unos 0,0051% (51.14 ppm) de óxido de calcio. Debe entenderse que la composición anterior es un ejemplo de una arena de sílice que puede usarse como portador térmico como aquí se describe; sin embargo, pueden existir variaciones en las proporciones de estos ingredientes en otras arenas de sílice y continúan siendo adecuadas para su uso como un portador térmico. Pueden también usarse otros conocidos portadores térmicos de partículas inertes o materiales de contacto, por ejemplo arcillas de caolín, rutilo, alúmina de superficie baja, óxidos de magnesio aluminio y calcio como se describe en US 4,818,373 o US 4,243,514.

0038 El procesamiento de materias primas usando pirólisis rápida da lugar a la producción de vapores de producto y subproductos sólidos asociados con el portador térmico. Después de la eliminación del portador térmico de la corriente de producto, los vapores de producto son condensados para obtener un producto líquido y subproductos gaseosos. Por ejemplo, lo que no debe considerarse limitativo, el producto líquido producido del procesamiento de crudo pesado, como aquí se describe, es caracterizado por tener las siguientes propiedades:

- Un punto de ebullición de menos de unos 600°C, preferentemente menos de 525°C, y más preferentemente menos de 500°C;
- Una gravedad API de al menos 12°, y preferentemente mayor que 17° (donde la gravedad API=[141.5/peso específico]-131.5; cuanto mayor sea la gravedad API, más ligero es el compuesto);
- Contenido de metales, incluyendo V y Ni, reducido considerablemente.
- Niveles de viscosidad reducidos considerablemente (más de 25 veces menores que los de la materia prima, por ejemplo, como determinados a 40°C), y
- Producciones de producto líquido de al menos 60% vol, preferentemente las producciones son mayores que 70% vol, y más preferentemente son mayores que 80%.

0039 Siguiendo los métodos como se describen en este documento, un producto líquido obtenido del procesamiento del bitumen, que no debe considerarse limitativo, se caracteriza por tener:

- Una gravedad API de 10 a 21;
- Una densidad a 15°C de 0.93 a 1.0;

- Contenido de metales, incluyendo V y Ni, reducido considerablemente.
- Una viscosidad reducida considerablemente de más de 20 veces menor que la materia prima (por ejemplo como se determinó a 40°C), y
- Rendimientos de producto líquido de al menos 60% vol, preferentemente las producciones son mayores que 75% vol.

0040 Las altas producciones y la viscosidad reducida del producto líquido producido pueden permitir que el producto líquido se transporte por tubería a refinerías para un posterior procesamiento con la adición de un poco o nada de diluyentes. Además, los productos líquidos exhiben niveles reducidos de contaminantes (ej., metales y agua), con el contenido de azufre y nitrógeno reducido ligeramente. Por lo tanto, el producto líquido puede también usarse como una materia prima, ya sea directamente o después del transporte, para un posterior procesamiento usando, por ejemplo, FCC, hidrocrqueo etc.

0041 Además, los productos líquidos de la presente invención pueden ser caracterizados usando un análisis de Destilación Simulada (SimDist), como se conoce comúnmente en la técnica, por ejemplo pero no limitado a ASTM D 5307-97 o HT 750 (NCUT). El análisis SimDist, indica que los productos líquidos obtenidos tras el procesamiento de crudo pesado o bitumen puede estar caracterizados por cualquiera de, o una combinación de, las siguientes propiedades (ver Ejemplos 1, 2 y 5):

- Tener menos del 50% de sus componentes que evolucionan a temperaturas superiores a 538°C (fracción resid de vacío);
- Que comprende del 60% al 95% de producto que evoluciona por debajo de 538°C. preferentemente, de 62% a 85% del producto evoluciona durante SimDist debajo de 538°C (e.d. antes de la fracción resid de vacío);
- Tener de 1.0% a 10% de producto líquido que evoluciona por debajo de 193°C. Preferentemente de 1.2% a 6.5% evoluciona por debajo de 193°C (e.d. antes de la fracción nafta/queroseno);
- Tener de 2% a 6% de producto líquido que evoluciona entre 193-232°C. Preferentemente de 2.5% a 5% evoluciona entre 193-232°C (fracción de queroseno);
- Tener de 10% a 25% de producto líquido que evoluciona entre 232-327°C. Preferentemente, de 13 a 24% evoluciona entre 232-327°C (fracción de diesel);
- Tener de 6% a 15% de producto líquido que evoluciona entre 327-360°C. Preferentemente, de 6.5 a 11% evoluciona entre 327-360°C (fracción de gasóleo de vacío ligero (VGO));
- Tener de 34.5% a 60% de producto líquido que evoluciona entre 360-538°C. Preferentemente, de 35 a 55% evoluciona entre 360-538°C (fracción VGO pesado);

0042 La fracción de gasóleo de vacío (VGO) producido como una fracción destilada obtenida del producto líquido de procesamiento térmico rápido como aquí se describe, puede usarse como una materia prima para el craqueo catalítico con el fin de convertir los compuestos pesados del VGO a un rango de compuestos de menor peso por ejemplo, gases (C<sub>4</sub> y más ligero), gasolina, petróleo ligero craqueado, y gasóleo pesado. La calidad y características de la fracción VGO pueden ser analizadas usando métodos estándares conocidos en la técnica, por ejemplo el ensayo de Microactividad (MAT), el factor K y análisis de punto de anilina. El análisis de punto de anilina determina la temperatura mínima para la miscibilidad completa de volúmenes iguales de anilina y la muestra bajo ensayo. La determinación del punto de anilina para los productos de petróleo y disolventes de hidrocarburos es normalmente llevada a cabo usando el método ASTM D611. Un producto caracterizado con un alto punto de anilina es bajo en aromáticos, naftenos, y alto en parafinas (componentes de mayor peso molecular). VGOs de la técnica anterior, se caracterizan por tener bajos puntos de anilina y por tanto tienen pobres características de craqueo no deseadas como materias prima para craqueo catalítico. Cualquier aumento en el punto de anilina sobre materias primas de la técnica anterior es beneficioso, y se desea en la técnica tener una característica VGO con un alto punto de anilina. Normalmente, los puntos de anilina se correlacionan bien con las características de craqueo de un suministro, y los puntos de anilina calculados obtenidos de MAT. Sin embargo, los puntos de anilina observados para los VGOs producidos según el procedimiento aquí descrito no cumplen esta expectativa. Los puntos de anilina estimados para varias materias primas son mayores que los medidos (ver ejemplo 6; Tablas 16 y 17). Esto indica que los VGOs producidos usando el método de la presente invención son únicos comparados a los VGOs de la técnica anterior. Además, los VGOs de la presente invención son caracterizados por tener un perfil único de hidrocarburos que comprende cerca de 38% de mono-aromáticos más tiofenos aromáticos. Estos tipos de moléculas tienen una pluralidad de cadenas laterales disponibles para craqueo, y proporcionan niveles más altos de conversión que los compuestos con niveles reducidos de compuestos mono-aromáticos y tiofeno aromáticos, típicos de la técnica anterior. Sin ánimo de ser limitados por la teoría, las cantidades aumentadas de monoaromáticos y tiofeno aromáticos pueden dar lugar a la discrepancia entre las propiedades de craqueo catalítico observadas en el ensayo MAT y el punto de anilina determinado.

0043 VGOs obtenidos de materias primas de hidrocarburo pesado, producidos como aquí se describe, se caracterizan por tener un punto de anilina de 110°F a 170°F dependiendo de la materia prima. Por ejemplo, usando bitumen Athabaska como una materia prima, el VGO exhibe un punto de anilina de 110° a 135°F, el VGO obtenido de resid Athabaska exhibe un punto de anilina de unos 148°F, mientras que el VGO obtenido del crudo pesado Kerrobert es de 119°F a 158°F. Si el VGO es hidrotratado, por ejemplo VGO de bitumen Athabaska, usando métodos estándares conocidos en la técnica, por ejemplo, usando un reactor a 720°F, ejecutándose a 1500psig, con una velocidad espacial de 0.5, y una tasa de hidrógeno de 3625 SCFB, el punto de anilina aumenta de unos 133°F a unos 158°F. Un hidrotratamiento similar de un resid Athabaska-VGO aumenta el punto de anilina a unos 170°F. Con el hidrotratamiento, el API aumenta, por ejemplo, de 14.2 (para ATB-VGO) a 22.4 (para Hidro-ATB-VGO), o de 11.8 (para ATB-VGO resid) a 20 (para Hidro-ATB-VGO resid), con una disminución en el nivel de azufre de 3.7 % en peso a 0.27 % en peso (para ATB-VGO y Hidro-ATB-VGO, respectivamente; ver Ejemplo 6).

0044 Un primer método para mejorar una materia prima para obtener productos líquidos con propiedades deseadas implica un proceso de una etapa. Con referencia a la Figura 1, brevemente, el sistema de pirólisis rápido incluye un sistema de alimentación generalmente indicado como (10; también ver las Figuras 2 y 3), que inyecta la materia prima en un reactor (20), un sistema de separación del portador térmico que separa el portador térmico del vapor de producto (ej., 100 y 180) y recicla el portador térmico al sistema de recalentamiento/regeneración (30), un sistema de recalentamiento de portador térmico inorgánico de partículas (30) que recalienta y regenera el portador térmico, y condensadores principal (40) y secundario(50) que recogen el producto. La materia prima pre-calentada entra en el reactor justo debajo de la zona de mezcla (170) y es contactada por la corriente que fluye hacia arriba del portador inerte caliente en un fluido de transporte, normalmente un gas de reciclado suministrado por una línea de gas de reciclado (210). Una completa y rápida mezcla y transferencia de calor por conducción del portador térmico a la materia prima tiene lugar en la sección de conversión de tiempo corto de residencia del reactor. La materia prima puede entrar en el reactor a través de al menos uno de varios lugares a lo largo de la longitud del reactor. Los diferentes puntos de entrada indicada en las Figuras 1 y 2 son ejemplos no limitativos de tales lugares de entrada. Al proporcionar varios puntos de entrada a lo largo de la longitud del reactor, la longitud del tiempo de residencia en el reactor puede variar. Por ejemplo, para tiempos de residencia más largos, la materia prima entra en el reactor en una ubicación más abajo en el reactor, mientras que, para tiempos de residencia más cortos, la materia prima entra en el reactor en una ubicación más arriba en el reactor. En todos estos casos, la materia prima introducida se mezcla con el portador térmico de flujo ascendente en una zona de mezcla (170) del reactor. Los vapores de producto producidos durante la pirólisis son enfriados y recogidos usando un elemento condensador adecuado (40, 50) con el fin de obtener un producto líquido.

0045 Debe entenderse que pueden usarse otros sistemas de pirólisis rápida, que comprenden diferencias en el diseño del reactor, que utilizan portadores térmicos alternativos, separadores de portador térmico, diferentes números o tamaño de los condensadores, o diferentes medios de condensación, para la preparación del producto mejorado de esta invención. Por ejemplo, lo que no debe ser considerado limitativo, los reactores descritos en US 4,427,539, 4,569,753, 4,818,373, 4,243,514 puede ser modificado para operar bajo las condiciones indicadas en este documento para la producción de un producto mejorado químicamente con un API aumentado y una viscosidad reducida.

0046 Tras la pirólisis de la materia prima en presencia del portador térmico inerte, algunos contaminantes presentes en la materia prima son depositados sobre el portador térmico inerte. Estos contaminantes incluyen metales (especialmente níquel y vanadio), coque, y en cierta medida nitrógeno y azufre. El portador térmico inerte por tanto requiere regeneración (30) antes de la re-introducción en la corriente de reacción. El portador térmico puede ser regenerado mediante combustión en un lecho fluidizado a una temperatura de 600 a 900°C. Además, según se requiera, los depósitos pueden también pueden ser eliminados del portador térmico por un tratamiento ácido, por ejemplo como se describe en US 4,818,373. El portador térmico calentado y regenerado es luego re-introducido en el reactor (20) y actúa como portador térmico para pirólisis rápida.

0047 El sistema de alimentación (10) proporciona una materia prima precalentada al reactor (20). Un ejemplo de un sistema de alimentación que no debe ser considerado limitativo de ninguna manera, se muestra en la Figura 2, sin embargo, otras realizaciones del sistema de alimentación están dentro del alcance de la presente invención, por ejemplo, pero no limitado a, una unidad pre-calentadora de alimentación como se muestra en la Figura 5 (véase más adelante) y puede ser opcionalmente usado junto con un sistema de alimentación (10; Figura 5). El sistema de alimentación (generalmente mostrado como 10, Figuras 1 y 2) se diseña para proporcionar un flujo regulado de materia prima pre-calentada a la unidad de reactor (20). El sistema de alimentación mostrado en la Figura 2 incluye un tanque de compensación de pre-calentamiento de materia prima (110), calentado usando calentadores de banda externa (130) a 80°C, y está asociado con una bomba de recirculación/transferencia (120). La materia prima es constantemente calentada y mezclada en este tanque a 80°C. La materia prima caliente se bombea desde el tanque

de compensación a un tanque de alimentación principal (140), también calentado usando calentadores de banda externa (130), como se requiera. Sin embargo, debe entenderse que pueden también ser empleadas variaciones en el sistema de alimentación, con el fin de proporcionar una materia prima calentada al reactor. El tanque de alimentación principal (140) puede también equiparse con una bomba de recirculación/entrega (150). Líneas de transferencia de calor trazadas (160) se mantienen a unos 150°C y pre-calientan la materia prima antes de la entrada en el reactor a través de una tobera de inyección (170). La atomización en la tobera de inyección (70) posicionada cerca de la zona de mezcla (170) en el reactor (20) puede ser realizada por cualquier medio adecuado. La disposición de la boquilla debería permitir un flujo dispersado homogéneo de material en el reactor. Por ejemplo, que no se considera limitativo de ninguna manera, puede usarse presión mecánica usando atomización de flujo de una fase, o una boquilla de atomización de flujo de dos fases. Con una boquilla de atomización de flujo de dos fases, puede usarse como portador aire pre-calentado, nitrógeno o gas de subproducto reciclado. La instrumentación es también dispersada por todo este sistema para el control preciso de realimentación (ej., transmisores de presión, sensores de temperatura, controles CC, medidores de flujo de gas de válvulas de 3 vías, etc) del sistema.

0048 La conversión de la materia prima es iniciado en la zona de mezcla (170; ej., Figura 1) bajo temperaturas moderadas (menos de 750°C) y continúa a través de la sección de conversión en la unidad de reactor (20) y las conexiones (ej., tuberías, conductos) hasta el sistema de separación principal (ej., 100) donde la mayor parte del portador térmico es eliminado de la corriente de vapor de producto. El portador térmico sólido y el subproducto coque sólido son eliminados de la corriente de vapor de producto en una unidad de separación principal. Preferentemente, la corriente de vapor de producto es separada del portador térmico tan rápido como sea posible después de salir del reactor (20), de modo que el tiempo de residencia de la corriente de vapor de producto en presencia del portador térmico sea lo más corto posible.

0049 La unidad de separación principal puede ser cualquier dispositivo de separación de sólidos adecuado, por ejemplo pero no limitado a un separador de ciclón, un separador U-Beam, o separador Rams Horn como se conocen en la técnica. Un separador de ciclón se muestra esquemáticamente en las Figuras 1, 3 y 4. El separador de sólidos, por ejemplo un ciclón principal (100), esta preferiblemente equipado con un revestimiento resistente a alta abrasión. Cualquier sólido que evite ser recogido en el sistema de recolección principal es llevado corriente abajo y recuperado en un sistema de recolección secundario (180). La unidad de separación secundaria puede ser la misma que la unidad de separación principal, o puede comprender un dispositivo de separación de sólidos alternativo, por ejemplo pero no limitado a un separador de ciclón, un separador de ¼ giro, por ejemplo un separador Rams Horn, o un separador de impacto de chorros, como se conocen en la técnica. Un separador de ciclón secundario (180) está gráficamente representado en las Figuras 1 y 4, sin embargo, pueden usarse otros separadores como unidad de separador secundario.

0050 Los sólidos que han sido eliminados en los sistemas de recolección principal y secundario son transferidos a un recipiente para la regeneración del portador térmico, por ejemplo, pero no limitado a un sistema recalentador de contacto directo (30). En un sistema recalentador de contacto directo (30), los gases de coque y subproducto son oxidados para proporcionar a los procesos energía térmica que es directamente llevada al portador térmico sólido, así como regenerar el portador térmico. La temperatura del recalentador de contacto directo se mantiene independiente del sistema de conversión de la materia prima (reactor). Sin embargo, como se indica anteriormente, pueden emplearse otros métodos para la regeneración del portador térmico, por ejemplo pero no limitado a, el tratamiento ácido.

0051 La corriente de producto caliente de la unidad de separación secundaria es enfriada en una columna de recogida principal (o condensador principal, 40; Figura 1). La corriente de vapor es rápidamente enfriada desde la temperatura de conversión a menos de 400°C. Preferentemente la corriente de vapor es enfriada a 300°C. El producto es extraído de la columna principal y bombeado (220) a los tanques de almacenamiento de producto. Un condensador secundario (50) puede usarse para recoger cualquier material que evade el condensador principal (40). El producto extraído del condensador secundario (50) es también bombeado (230) a los tanques de almacenamiento de producto. El gas no condensable restante es comprimido en un soplador (190) y una porción es devuelta al sistema de regeneración del portador térmico (30) por la línea (200), y el gas restante es devuelto al reactor (20) por la línea (210) y actúa como un medio portador térmico, y de transporte.

0052 Es preferible que el reactor usado con el proceso de la presente invención sea capaz de proporcionar altas producciones de producto líquido por ejemplo al menos más que 60 % vol, preferentemente que la producción sea mayor que 70 % vol, y más preferentemente que la producción sea mayor que 80%, con una producción mínima de subproductos como coque y gas. Sin desear limitar el alcance de la invención de ninguna manera, un ejemplo para las condiciones adecuadas para un tratamiento pirolítico de la materia prima, y la producción de un producto líquido se

describe en US 5,792,340. Este proceso utiliza arena (arena de sílice) como el portador térmico, y una temperatura de reactor que va de 480° a 620°C, relaciones de carga de portador térmico a materia prima desde 10: 1 a 200:1, y tiempos de residencia de 0.35 a 0.7 seg. Preferentemente la temperatura del reactor va de 500° a 550°C. La relación de carga preferida es de 15:1 a 50:1, con una relación más preferida de 20:1 a 30:1. Además, debe entenderse que pueden obtenerse si se desea tiempos de residencia más prolongados en el reactor, por ejemplo hasta 5 seg, introduciendo la materia prima en el reactor en una posición hacia la base del reactor, aumentando la longitud del propio reactor, reduciendo la velocidad del portador térmico a través del reactor (siempre que haya suficiente velocidad para que el vapor de producto y el portador térmico salgan del reactor), o una combinación de los mismos. El tiempo de residencia preferido es de 0.5 a 2 seg.

0053 Sin ánimo de limitarse por la teoría, se piensa que la mejora química de la materia prima que tiene lugar en el sistema del reactor como se describe anteriormente es en parte debida a las altas relaciones de carga de la materia prima al portador térmico que son usados en el método de la presente invención. Los relaciones de carga de la técnica anterior normalmente van de 5:1 a 12,5:1. Sin embargo, los relaciones de carga como aquí se describen, desde 15:1 a 200:1, resultan en una transferencia de calor muy rápida, ablativa y constante del portador térmico a la materia prima. El alto volumen y densidad del portador térmico en las zonas de mezcla y conversión, asegura que se logra y mantiene un procesamiento de temperatura rápido y uniforme. De este modo las temperaturas requeridas para el proceso de craqueo aquí descrito son fácilmente controladas. Esto también permite el uso de temperaturas relativamente bajas para minimizar sobrecraqueo, garantizando al mismo tiempo que aún se logre craqueo débil de la materia prima. Además, con una densidad aumentada del portador térmico en el reactor, los contaminantes y componentes no deseados presentes en la materia prima y subproductos de reacción, incluyendo metales (ej., níquel y vanadio), coque y en cierta medida nitrógeno y azufre, son fácilmente absorbidos debido a la gran superficie del portador térmico presente. Esto garantiza la eliminación eficiente y óptima de contaminantes de la materia prima, durante el procesamiento pirolítico de la materia prima. Como se emplea una gran superficie de portador térmico, el potador térmico en si no es excesivamente contaminado, y cualquier metal o coque y similar adsorbido es fácilmente desnudado durante la regeneración del portador térmico. Con este sistema los tiempos de residencia pueden ser cuidadosamente regulados con el fin de optimizar el procesamiento de la materia prima y el rendimiento de producto líquido.

0054 El producto líquido que surge del procesamiento de crudo pesado como aquí se describe tiene una conversión significativa de la fracción resid en comparación con la materia prima de crudo pesado o bitumen. Como resultado el producto líquido de la presente invención, producido del procesamiento de crudo pesado se caracteriza, por ejemplo, pero que no debe considerarse limitativo, por tener una gravedad API de al menos 13°, y más preferentemente de al menos 17°. Sin embargo, como se indicó anteriormente, pueden lograrse mayores gravedades API con una reducción en volumen. Por ejemplo, un producto líquido obtenido del procesamiento de crudo pesado usando el método de la presente invención se caracteriza por tener de 10 a 15% en volumen de productos pesados, de 10 a 15% en volumen de productos ligeros, con el resto como destilados medios.

0055 La viscosidad del producto líquido producido a partir de crudo pesado está sustancialmente reducida desde los niveles de materia prima iniciales, de 250 cSt a 80°C, a niveles de producto de 4.5 a 10 cSt a 80°C, o desde 6343 cSt a 40°C, en la materia prima, a 15 a 35 cSt a 40°C en el producto líquido. Tras un proceso de una sola etapa, las producciones líquidas de más de 80 % vol y gravedades API de unos 17, se obtienen reducciones de viscosidad de al menos unas 25 veces respecto a la de la materia prima (a 40°C). Estos niveles de viscosidad son adecuados para el transporte por tubería del producto líquido. Los resultados del análisis de Destilación Simulada (SimDist; ej., ASTM D 5307-97, HT 750, (NCUT)) revelan además propiedades sustancialmente diferentes entre la materia prima y el producto líquido como aquí se produce. Para materia prima de crudo pesado, aproximadamente 1% (% en peso) de la materia prima es destilado por debajo de 232°C (fracción queroseno), aproximadamente 8.7% de 232° a 327°C (fracción Diesel), y 51.5% evolucionó por encima de 538°C (fracción resid de vacío; ver Ejemplo 1 para análisis completo). El análisis SimDist del producto líquido producido como se describe anteriormente puede ser caracterizado por tener, pero no se limita en tener, las siguientes propiedades: aproximadamente 4% (% en peso) evolucionando por debajo de 232°C (fracción de queroseno), aproximadamente 14.2% de 232° a 327°C (fracción Diesel), y 37.9% en la fracción resid de vacío (por encima de 538°C). El análisis SimDist del producto líquido producido como antes se ha descrito pueden caracterizarse por tener, pero no está limitado a tener, las propiedades siguientes: aprox. 4% (% en peso) evolucionando por debajo de 232°C (fracción de queroseno), aprox. 14.2% de 232° a 327°C (fracción Diesel), y 37.9% en la fracción resid de vacío (por encima de 538°C). Debe entenderse que pueden surgir modificaciones a estos valores dependiendo en la composición de la materia prima utilizada. Estos resultados demuestran que hay una alteración significativa en muchos de los componentes en el producto líquido en comparación con la materia prima de crudo pesado, con una tendencia general a componentes de menor peso molecular que evolucionan más temprano durante el análisis SimDist tras el procesamiento térmico rápido.

## ES 2 395 116 T3

0056 Por lo tanto, se describe un producto líquido obtenido por procesamiento de una sola etapa de crudo pesado que puede caracterizarse por al menos una de las siguientes propiedades:

- 5 • Tener menos de 50% de sus componentes evolucionando a temperaturas por encima de 538°C (fracción resid de vacío);
- Comprender de 60% a 95% del producto evolucionando por debajo de 538°C. Preferentemente, de 60% a 80% de evolución durante la Destilación Simulada por debajo de 538°C (e.d. antes de la fracción resid de vacío);
- 10 • Tener de 1.0% a 6% del producto líquido que evolucione por debajo de 193°C. Preferentemente de 1.2% a 5% evoluciona por debajo de 193°C (e.d. antes de la fracción nafta/queroseno);
- Tener de 2% a 6% del producto líquido que evoluciona entre 193-232°C. Preferentemente de 2.8% a 5% evoluciona entre 193-232°C (fracción diesel);
- Tener de 12% a 25% del producto líquido que evoluciona entre 232-327°C. Preferentemente, de 13 a 18% evoluciona entre 232-327°C (fracción diesel);
- 15 • Tener de 5% a 10% del producto líquido que evoluciona entre 327-360°C. Preferentemente, de 6.0 a 8.0% evoluciona entre 327-360°C (fracción VGO ligera);
- Tener de 40% a 60% del producto líquido que evoluciona entre 360-538°C. Preferentemente, de 30 a 45% evoluciona entre 360-538°C (fracción VGO pesada);

0057 Del mismo modo siguiendo los métodos como aquí descritos, un producto líquido obtenido del procesamiento de materia prima de bitumen tras un proceso de una sola etapa, se caracteriza por tener, y lo cual no debe ser considerado limitativo, un aumento en la gravedad API de al menos 10 (API de materia prima es normalmente unos 8.6). Otra vez, mayores gravedades API pueden lograrse con una reducción en volumen. El producto obtenido del bitumen está también caracterizado por tener una densidad de 0.93 a 1.0 y una viscosidad altamente reducida de al menos 20 veces menos que la materia (e.d. de 15 g/ml a 60 g/ml a 40°C en el producto, frente a la materia prima que comprende 1500 g/ml). Las rendimientos de producto líquido obtenido de bitumen son al menos 60% en vol., y preferentemente mayores que 75% en vol. El análisis SimDist también demuestra propiedades significativamente diferentes entre la materia prima de bitumen y el producto líquido como aquí se produce. Los aspectos más destacados del análisis SimDist indican que para una materia prima de bitumen, aproximadamente 1% (% en peso) de la materia prima se destiló por debajo de 232°C (fracción de queroseno), aproximadamente 8.6% de 232° a 327°C (fracción Diesel), y 51.2% evolucionó por encima de 538°C (fracción resid de vacío; ver Ejemplo 2 para un análisis completo). El análisis SimDist del producto líquido producido del bitumen como se describe anteriormente puede caracterizarse, pero no está limitado a las siguientes propiedades: aproximadamente 5.7% (% en peso) está evolucionado por debajo de unos 232°C (fracción de queroseno), aprox. 14.8% de 232° a 327°C (fracción Diesel), y 29,9% en la fracción resid de vacío (por encima de 538°C). De nuevo, estos resultados pueden diferir dependiendo de la materia prima usada, sin embargo, demuestran la alteración significativa en muchos de los componentes en el producto líquido en comparación con la materia prima de bitumen, y la tendencia general a componentes de menor peso molecular que evolucionan más temprano durante el análisis SimDist en el producto líquido producido en el procesamiento térmico rápido.

0058 Por lo tanto, también se describe un producto líquido obtenido de un procesamiento de una sola etapa de bitumen que se caracteriza por tener al menos uno de las siguientes propiedades:

- 40 • Tener menos de 50% de sus componentes evolucionando a temperaturas por encima de 538°C (fracción resid de vacío);
- Comprender de 60% a 95% del producto evolucionando por debajo de 538°C. Preferentemente, de 60% a 80% evoluciona durante la Destilación Simulada por debajo de 538°C (e.d. antes de la fracción resid de vacío);
- 45 • Tener de 1.0% a 6% del producto líquido que evoluciona por debajo de 193°C. Preferentemente de 1.2% a 5% evoluciona por debajo de 193°C (e.d. antes de la fracción nafta/queroseno);
- Tener de 2% a 6% del producto líquido que evoluciona entre 193-232°C. Preferentemente de 2.0% a 5% evoluciona entre 193-232°C (fracción diesel);
- 50 • Tener de 12% a 25% del producto líquido que evoluciona entre 232-327°C. Preferentemente, de 13 a 18% evoluciona entre 232-327°C (fracción diesel);
- Tener de 5% a 10% del producto líquido que evoluciona entre 327-360°C. Preferentemente, de 6.0 a 8.0% evoluciona entre 327-360°C (fracción VGO ligera);
- Tener de 40% a 60% del producto líquido que evoluciona entre 360-538°C. Preferentemente, de 30 a 50% evoluciona entre 360-538°C (fracción VGO pesada);

0059 El producto líquido producido como aquí se describe también exhibe un alto grado de estabilidad. El análisis del producto líquido en un periodo de 30 días indica cambios insignificantes en el perfil SimDist, viscosidad, API y densidad para productos líquidos producidos de sea materias primas de crudo pesado o bitumen (ver Ejemplo 1 y 2).

5 0060 Debido a que el craqueo no es tan severo, y el tiempo de residencia corto, reacciones no deseadas que pueden generar cantidades excesivas de aromáticos y olefinas indeseables. Además, se encontró que contaminantes como metales y agua se reducen significativamente. No hay concentración de contaminantes en el producto líquido.

10 0061 También como se ha divulgado aquí, puede llevarse a cabo posterior procesamiento del producto líquido obtenido del proceso de materia prima de crudo pesado o bitumen siguiendo el método de esta invención. Tal procesamiento adicional puede utilizar condiciones que son muy similares al tratamiento inicial de pirólisis rápido de la materia prima, o las condiciones pueden ser modificadas para mejorar la eliminación de productos más ligeros (un proceso de una sola etapa con un craqueo leve) seguido por craqueos más intensos de la fracción reciclada (e.d. un proceso de dos etapas).

15 0062 En el primer caso, el del procesamiento bajo condiciones similares, el producto líquido de un primer tratamiento pirolítico es reciclado al reactor de pirólisis con el fin mejorar más las propiedades del producto final para producir un producto más ligero. En esta disposición el producto líquido de la primera ronda de pirólisis se usa como materia prima para una segunda ronda de pirólisis después de que la fracción más ligera del producto ha sido eliminada de la corriente de producto. Además, puede también llevarse a cabo un reciclado de compuesto en el que la fracción pesada de la corriente de producto del primer proceso es retroalimentada (reciclada) al reactor junto con la adición de materia prima fresca (ej., Figura 3, descrita en más detalles a continuación).

20 0063 El segundo método para mejorar una materia prima para obtener productos líquidos con propiedades deseadas implica un proceso pirolítico de dos etapas (ver Figuras 2 y 3). Este proceso de dos etapas comprende una primera etapa en la que la materia prima está expuesta a condiciones que levemente craquean los componentes de hidrocarburo con el fin de evitar el sobrecraqueo y la producción en exceso de gas y coque. Un ejemplo de estas condiciones incluye, pero no se limita a, inyectar la materia prima a unos 150°C en una corriente de gas caliente que comprende el portador térmico en la entrada del reactor. La materia prima es procesada con un tiempo de residencia menor que un segundo en el reactor a menos de 500°C, por ejemplo 300°C. El producto, que comprende materiales más ligeros (calderas de baja) es separado (100, y 180, Figura 3), y eliminado tras la primera etapa en el sistema de condensación (40). Los materiales más pesados (240), separados en la parte inferior del condensador (40) son recogidos y sometidos a un craqueo más intenso en el reactor (20) con el fin de entregar un producto líquido de viscosidad reducida y alta producción. Las condiciones utilizadas en la segunda etapa incluyen, pero no se limitan a, una temperatura de procesamiento de 530° a 590°C. El producto de la segunda etapa es procesado y recogido como se indica en la Figura 1 usando un ciclón principal y secundario (100, 180, respectivamente) y condensadores principal y secundario (40 y 50, respectivamente).

35 0064 Después de tal proceso de dos etapas, un ejemplo del producto, que no debe ser considerado limitativo, de la primera etapa (calderas ligeras) se caracteriza con una producción de unos 30 % vol, un API de unos 19, y una importante reducción de varias veces en la viscosidad respecto a la materia prima inicial. El producto de la fracción de la caldera de alta, producido siguiendo el procesamiento de la fracción de reciclado en la segunda etapa, es normalmente caracterizado con una producción mayor que 75 % vol, y una gravedad API de unos 12, y una viscosidad reducida respecto a la fracción reciclada de materia prima. El análisis SimDist para el producto líquido producido de materia prima de crudo pesado se caracteriza con aprox. 7.4% (% en peso) de la materia prima destilada por debajo de 232°C (fracción queroseno frente a 1.1% para la materia prima), aproximadamente 18.9% de 232° a 327°C (fracción diesel frente a 8.7% para la materia prima), y 21.7% evolucionado por encima de 538°C (fracción resid de vacío frente a 51.5% para la materia prima; ver Ejemplo 1 para un análisis completo). El análisis SimDist para el producto líquido producido de materia prima de bitumen se caracteriza con aproximadamente 10.6% (% en peso) de la materia prima destilada por debajo de 232°C (fracción queroseno vs. 1.0% para la materia prima), aproximadamente 19.7% de 232° a 327°C (fracción diesel frente a 8.6% para la materia prima), y 19.5% evolucionado por encima de 538°C (fracción resid de vacío frente a 51.2% para la materia prima; ver Ejemplo 2 para un análisis completo).

50 0065 Unas condiciones alternativas de un proceso de dos etapas pueden incluir una primera etapa ejecutada donde la materia prima es precalentada a 150°C e inyectada en el reactor y procesada a 530 ° a 620°C, y con un tiempo de residencia de menos de un segundo en el reactor (ver Figura 2). El producto es recogido usando ciclones principales y secundarios (100 y 180, respectivamente, Figuras 2 y 4), y el producto sobrante es transferido a un condensador de calor (250). El sistema de condensación (Figura 4) está diseñado para recuperar selectivamente los componentes de asfaltenos pesados usando un condensador caliente (250) colocado antes del condensador principal (40). Los

asfaltenos pesados son recogidos y devueltos al reactor (20) para un posterior procesamiento (e.d. la segunda etapa). La segunda etapa utiliza condiciones del reactor operando a altas temperaturas, o tiempos de residencia más prolongados, o a mayores temperaturas y tiempos de residencia más prolongados (ej., inyección en un punto inferior en el reactor), que las usadas en la primera etapa para optimizar el producto líquido. Además, una porción de la corriente de producto puede ser reciclada hasta la extinción siguiendo este método.

0066 Aun en otra modificación del compuesto y los sistemas de procesamiento de dos etapas, el denominado procesamiento "multi-etapa", comprende introducir la materia prima principal (alimentación bruta) al condensador principal (ver figura 5) a través de la línea 280, y usar la materia prima principal para enfriar rápidamente los vapores de producto en el condensador principal. El producto extraído del condensador principal es luego reciclado al reactor a través de la línea 270 para el procesamiento de "primera etapa" y "segunda etapa" combinados (e.d. procesamiento reciclado). La materia prima reciclada es expuesta a condiciones que levemente craquean los componentes de hidrocarburo con el fin de evitar el sobrecraqueo y el exceso de producción de gas y coque. Un ejemplo de estas condiciones incluye, pero no se limita a, la inyección de la materia prima a 150°C en una corriente de gas caliente que comprende el portador térmico a la entrada del reactor. La materia prima es procesada con un tiempo de residencia de menos de dos segundos en el reactor a una temperatura de entre 500°C a 600°C. Preferentemente, el tiempo de residencia es de 0.8 a 1.3 seg., y la temperatura del reactor es de 520° a 580°C. El producto, que comprende materiales más ligeros (calderas de baja) es separado (100, y 180, Figura 5), y eliminado en el sistema de condensación (40). Los materiales más pesados (240), separados en la parte inferior del condensador (40) son recogidos e introducidos en el reactor (20) a través de la línea 270. Los gases de producto que dejan el condensador principal (40) entran en el condensador secundario (50) donde es recogido un producto líquido de viscosidad reducida y alta producción (300) (ver Ejemplo % para análisis de ejecución usando este método). Con el procesamiento multi-etapa, la materia prima es reciclada a través del reactor con el fin de producir un producto que puede ser recogido del segundo condensador, por lo tanto mejorando y optimizando las propiedades del producto líquido.

0067 Sistemas de alimentación alternativos también pueden usarse como se requiera para procesamiento de una, dos, compuesta o multi-etapa. Por ejemplo, en el sistema indicado en la Figura 5, la materia prima (materia prima principal o alimentación bruta) se obtiene del sistema de alimentación (10), y es transportada en la línea (280; que puede ser calentado como se describió antes) a un condensador principal (40). El producto principal obtenido del condensador puede también ser reciclado al reactor (20) en una línea de reciclado del producto principal (270). La línea de reciclado del producto principal puede ser calentada si se requiere, y puede también comprender una unidad de precalentamiento (290) como se muestra en la Figura 5, para recalentar la materia prima reciclada a una temperatura deseada para su introducción en el reactor (20).

0068 Tras el proceso de reciclado como se esboza anteriormente y se representa gráficamente en la Figura 5, el producto con producciones mayores que 60, y preferentemente por encima de 75% (% en peso), y con las siguientes características, que no deben ser consideradas limitativas de ninguna manera, pueden ser producido de materias primas sea de bitumen o crudo pesado: un API de 14 a 19; viscosidad de 20 a 100 (cSt a 40°C); y un bajo contenido en metales (ver Ejemplo 5).

0069 Del análisis SimDist, los productos líquidos obtenidos tras el procesamiento multi-etapa de crudo pesado puede ser caracterizado comprendiendo al menos uno de las siguientes propiedades:

- Tener menos de 50% de sus componentes evolucionando a temperaturas por encima de 538°C (fracción resid de vacío);
- Comprender de 60% a 95% del producto evolucionando por debajo de 538°C. Preferentemente, de 70% a 90% evoluciona durante la Destilación Simulada por debajo de 538°C (e.d. antes de la fracción resid de vacío);
- Tener de 1.0% a 6% del producto líquido que evoluciona por debajo de 193°C. Preferentemente de 1.3% a 4.8% evoluciona por debajo de 193°C (e.d. antes de la fracción nafta/queroseno);
- Tener de 2% a 6% del producto líquido que evoluciona entre 193-232°C. Preferentemente de 2.8% a 5% evoluciona entre 193-232°C (fracción diesel);
- Tener de 15% a 25% del producto líquido que evoluciona entre 232-327°C. Preferentemente, de 18.9% a 23.1% evoluciona entre 232-327°C (fracción diesel);
- Tener de 8% a 15% del producto líquido que evoluciona entre 327-360°C. Preferentemente, de 8.8% a 10.8% evoluciona entre 327-360°C (fracción VGO ligero);
- Tener de 40% a 60% del producto líquido que evoluciona entre 360-538°C. Preferentemente, de 42% a 55% evoluciona entre 360-538°C (fracción VGO pesada);

0070 El producto líquido obtenido del procesamiento multi-etapa de bitumen puede ser caracterizado por tener al menos uno de las siguientes propiedades:

- Tener menos de 50% de sus componentes evolucionando a temperaturas por encima de 538°C (fracción resid de vacío);
- 5 • Comprender de 60% a 95% del producto evolucionando por debajo de 538°C. Preferentemente, de 60% a 85% evoluciona durante la Destilación Simulada por debajo de 538°C (e.d. antes de la fracción resid de vacío);
- Tener de 1.0% a 8% del producto líquido que evoluciona por debajo de 193°C. Preferentemente de 1.5% a 7% evoluciona por debajo de 193°C (e.d. antes de la fracción nafta/queroseno);
- 10 • Tener de 2% a 6% del producto líquido que evoluciona entre 193-232°C. Preferentemente de 2.5% a 5% evoluciona entre 193-232°C (fracción diesel);
- Tener de 12% a 25% del producto líquido que evoluciona entre 232-327°C. Preferentemente, de 15% a 20% evoluciona entre 232-327°C (fracción diesel);
- Tener de 5% a 12% del producto líquido que evoluciona entre 327-360°C. Preferentemente, de 6.0% a 10.0% evoluciona entre 327-360°C (fracción VGO ligero);
- 15 • Tener de 40% a 60% del producto líquido que evoluciona entre 360-538°C. Preferentemente, de 35% a 50% evoluciona entre 360-538°C (fracción VGO pesada);

0071 En conjunto estos resultados muestran que una proporción sustancial de los componentes con baja volatilidad en cualquiera de las materias primas han sido convertidos a componentes de mayor volatilidad (nafta ligera, queroseno y diesel) en el producto líquido. Estos resultados demuestran que el producto líquido es sustancialmente mejorado, y exhibe propiedades adecuadas para el transporte.

0072 La descripción anterior no pretende limitar la invención reivindicada de ninguna manera, además, la combinación de características discutida puede no ser absolutamente necesaria para la solución inventiva.

0073 La presente invención será ilustrada en los siguientes ejemplos. Sin embargo debe entenderse que estos ejemplos son solo para propósitos ilustrativos, y no deben usarse para limitar el alcance de la presente invención de ninguna manera.

**Ejemplo 1: Crudo Pesado (una sola etapa)**

0074 El procesamiento pirolítico de Crudo Pesado Saskatchewan y Bitumen Athabasca (ver Tabla 1) se llevó a cabo sobre un intervalo de temperaturas usando un reactor de pirólisis como se describe en US 5,792,340.

30 **Tabla 1: Características materias primas de crudo pesado y bitumen**

Compuesto	Crudo Pesado <sup>1)</sup>	Bitumen <sup>2)</sup>
Carbono (% en peso)	84.27	83.31
Hidrógeno (% en peso)	10.51	10.31
Nitrógeno (% en peso)	<0.5	<0.5
35 Azufre (% en peso)	3.6	4.8
Ceniza (% en peso)	0.02	0.02
Vanadio (ppm)	127	204
Níquel (ppm)	nd	82
Contenido de agua (% en peso)	0.8	0.19
40 Gravedad API°	11.0	8.6
Viscosidad a 40°C (cSt)	6343	30380
Viscosidad a 60°C (cSt)	892.8	1268.0
Viscosidad a 80°C (cSt)	243.4	593.0
Aromaticidad (C13 NMR)	0.31	0.35

45 1) Crudo Pesado Saskatchewan

2) Bitumen Athabasca (puro)

0075 Brevemente las condiciones de procesamiento incluyen una temperatura de reactor de 500° a 620°C. Relaciones de carga de portador térmico de partículas (arena de sílice) a materia prima de unos 20:1 a unos 30:1 y tiempos de residencia de 0.35 a 0.7 seg. Estas condiciones están indicadas en más detalle a continuación (Tabla 2).

**Tabla 2: Procesamiento de una sola etapa de Crudo Pesado Saskatchewan**

	Temp. de Craqueo °C	Viscosidad a 40°C (cSt)	Producción % en peso	Densidad a 15° g/ml	API°	% vol de Producción
5	620	4.6 <sup>1)</sup>	71.5	0.977	13.3	72.7
	592	15.2 <sup>1)</sup>	74.5	0.970	14.4	76.2
	590	20.2	70.8	0.975	13.6	72.1
10	590	31.6	75.8	0.977	13.3	72.1
	560	10.0 <sup>1)</sup>	79.9 <sup>2)</sup>	0.963	15.4	82.3 <sup>2)</sup>
	560	10.0 <sup>1)</sup>	83.0 <sup>3)</sup>	0.963	16.2 <sup>3)</sup>	86.3 <sup>3)</sup>
	550	20.8	78.5	0.973	14.0	82.3
	550 <sup>4)</sup>	15.7	59.8 <sup>2)</sup>	0.956	16.5	61.5 <sup>2)</sup>
15	550 <sup>4)</sup>	15.7	62.0 <sup>3)</sup>	0.956	18.3 <sup>2,3)</sup>	61.1 <sup>3)</sup>
	530	32.2	80.9 <sup>2)</sup>	0.962	15.7	82.8 <sup>2)</sup>
	530	32.2	83.8 <sup>3)</sup>	0.962	16.6 <sup>3)</sup>	87.1 <sup>3)</sup>
	1) Viscosidad a 80°C					
	2) Producciones no incluyen condensación superior					
20	3) Producciones estimadas y API con condensación superior					
	4) No todos los líquidos fueron capturados en este ensayo					

0076 Los productos líquidos de las ejecuciones a 620°C, 592°C y 560°C fueron analizados respecto a metales, agua y contenido de azufre. Estos resultados se muestran en la Tabla 3. Los niveles de Níquel, Vanadio y agua fueron reducidos 72%, 69% y 87%, respectivamente, mientras que el azufre y el nitrógeno se mantuvieron iguales o fueron reducidos marginalmente. No se concentraron metales en el producto líquido.

**Tabla 3: Análisis de Metales de Productos Líquidos (ppm)<sup>1)</sup>**

	Componente	Crudo Pesado Saskatchewan	Ejecutando a 620°C	Ejecutando a 592°C	Ejecutando a 560°C
30	Aluminio	<1	<1	11	<1
	Hierro	<1	2	4	<1
	Níquel	44	10	12	9
	Zinc	2	<1	2	1
	Calcio	4	2	3	1
35	Magnesio	3	1	2	<1
	Boro	21	42	27	<1
	Sodio	6	5	5	4
	Silicio	1	10	140	4
	Vanadio	127	39	43	39
40	Potasio	7	7	<1	4
	Agua (%p)	0.78	0.19	0.06	0.10
	Azufre (%p)	3.6	3.5	3.9	3.5

1) Cobre, estaño, cromo, plomo, cadmio, titanio, molibdeno, bario y manganeso mostraron todos menos de 1 ppm en la materia prima y los productos líquidos.

0077 Las producciones de gas para dos ejecuciones se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4: Análisis de Gas de las ejecuciones de Pirólisis**

Gas (% en peso)	Ejecución a 620°C	Ejecución a 560°C
Prod. Total de Gas	11.8	7.2
5 Etileno	27.0	16.6
Etano	8.2	16.4
Propileno	30.0	15.4
Metano	24.0	21.0

10 0078 El punto de fluidez de la materia prima mejoró y fue reducido de 0°C (32°F) a -48°C (-54°F). El carbón Conradson se redujo de 12. % en peso a un 6.6 % en peso.

15 0079 En base al análisis de estas ejecuciones, se obtuvieron valores más altos de API y producción de producto para temperaturas de craqueo de 560°C. A estas temperaturas, se obtuvieron gravedades API de 14 a 18.3, rendimiento de producto de 80 a 87 % vol, y viscosidades de 15 a 35 cSt (a 40°C) o unos 10 cSt (a 80°C) (los rendimientos de la ejecución a 550°C no se incluyen en este abanico ya que la captura de producción líquida no fue optimizada durante esta ejecución). Estos productos líquidos reflejan un grado significativo de mejora, y exhiben cualidades adecuadas para el transporte por oleoducto.

20 0080 El análisis de Destilación Simulada (SimDist) de la materia prima y el producto líquido obtenido de varias ejecuciones separadas se presenta en la Tabla 5. El análisis SimDist siguió el protocolo indicado en ASTM D 5307-97, que reporta el residuo como cualquier cosa con un punto de ebullición superior a 538°C. Otros métodos para SimDist pueden también usarse, por ejemplo HT 750 (NCUT; que incluye distribución de punto de ebullición hasta 750°C). Estos resultados indican que más del 50% de los componentes en la materia prima evolucionan a temperaturas por encima de 538°C. Estos son componentes con alto peso molecular con baja volatilidad. Por el contrario, en el producto líquido, la mayoría de los componentes, aproximadamente 62.1% del producto son más volátiles y evolucionan por debajo de 538°C.

**Tabla 5: Análisis SimDist de la materia prima y el producto líquido después de procesamiento de una sola etapa (Temp. reactor 538°C)**

Fracción	Temp (°C)	Materia prima	R245
30 Nafta ligera	<71	0.0	0.5
Nafta ligera/med	71-100	0.0	0.3
Nafta med.	100-166	0.0	1.4
Nafta/Queroseno	166-193	0.1	1.0
Queroseno	193-232	1.0	2.8
Diesel	232-327	8.7	14.2
35 VGO ligero	327-360	5.2	6.5
VGO pesado	360-538	33.5	33.2
Resid de vacío	>538	51.5	37.9

40 0081 La materia puede ser además caracterizada con aproximadamente 0.1% de sus componentes evolucionando por debajo de 193°C (fracción nafta/queroseno), vs. aproximadamente 6% para el producto líquido. La fracción diesel también demuestra diferencias significativas entre la materia prima y el producto líquido con 8.7% y 14.2% evolucionando en este intervalo de temperatura (232-327°C), respectivamente. En conjunto estos resultados muestran que una proporción sustancial de los componentes con baja volatilidad en la materia prima han sido convertidos a componentes de mayor volatilidad (nafta ligero, queroseno y diesel) en el producto líquido.

45 0082 La estabilidad del producto líquido fue también determinada sobre un periodo de 30 días (Tabla 6). Ningún cambio significativo se observó en la viscosidad, API o densidad del producto líquido de un periodo de 30 días.

**Tabla 6: Estabilidad de los productos líquidos después del procesamiento de una sola etapa**

Fracción	Tiempo=0	7 días	14 días	30 días
Densidad a 15.6°C (g/cm <sup>3</sup> )	0.9592	0.9590	0.9597	0.9597
API (deg. API)	15.9	15.9	15.8	15.8
5 Viscosidad a 40°C (cSt)	79.7	81.2	81.2	83.2

**Ejemplo 2: Bitumen (una sola etapa)**

0083 Varias ejecuciones que usan bitumen Athabaska se llevaron a cabo usando el reactor de pirólisis descrito en US 5,792,340. Las condiciones del procesamiento incluyeron una temperatura de reactor de 520°C a 590°C. Relaciones de carga para portador térmico de partículas a materia prima de 20:1 a 30:1, y tiempos de residencia de 0.35 a 0.2 seg. Estas condiciones, y los productos líquidos resultantes son indicados en más detalle a continuación (Tabla 7).

**Tabla 7: Procesamiento de Una Sola Etapa con Bitumen Athabasca No Diluido**

Temp Craqueo	Viscosidad a 40°C(cSt)	Producción % en peso	Densidad en peso	Metales 15°C	Metales 15°C	API	V (ppm)*	Ni(ppm)**
519°C	205	81.0	nd	nd	nd	13.0		
525°C	201	74.4	0.979	88	24	12.9		
528°C	278	82.7	nd	nd	nd	12.6		
20 545°C	151	77.4	0.987	74	27	11.8		
590°C	25.6	74.6	0.983	nd	nd	12.4		

\* materia prima V 209 ppm

\*\* materia prima Ni 86 ppm

25 0084 Estos resultados indican que el bitumen no diluido puede ser procesado según el método de esta invención para producir un producto líquido con viscosidad reducida desde mayor que 1300 cSt (a 40°C) a 25.6 – 200 cSt (a 40°C) (dependiendo de las condiciones de ejecución; ver también Tablas 8 y 9), con producciones de más de 75% a 85%, y una mejora en API de producto de 8.6 a unos 12 – 13. Otra vez, como el Ejemplo 1, el producto líquido exhibe mejora sustancial de la materia prima. El análisis SimDist, y otras propiedades del producto líquido se presentan en la Tabla 8, y estudios de estabilidad en la Tabla 9.

**Tabla 8: Propiedades y análisis SimDist de materia prima y producto líquido después de procesamiento de una sola etapa (Temp de Reactor 545°C)**

Fracción	Temp (°C)	Materia prima	R239	
			14 días	30 días
35 Densidad a 15.5°C	-		0.9871	0.9876
API	-		11.7	11.6
Viscosidad a 40°C	-		162.3	169.4
Nafta ligera	<71	0.0	0.2	0.1
Nafta ligera/med	71-100	0.0	0.2	0.2
40 Nafta med	100-166	0.0	1.5	1.4
Nafta/Queroseno	166-193	0.1	1.0	1.0
Queroseno	193-232	0.9	3.1	3.0
Diesel	232-327	8.6	15.8	14.8
VGO ligero	327-360	5.2	7.9	7.6
45 VGO pesado	360-538	34.0	43.9	42.0
Resid de vacío	>538	51.2	26.4	29.9

**Tabla 9: Estabilidad de los productos líquidos después del procesamiento de una sola etapa (temperatura de reactor 525°C)**

		R232					
	Fracción	Temp (°C)	Mat. prima	día 0	7 días	14 días	30 días
5	Densidad a 15.6°C*	-	1.0095	0.979	0.980	0.981	0.981
	API	-	8.5	12.9	12.7	12.6	12.6
	Viscosidad a 40°C**	-	30380	201.1	213.9	214.0	218.5
	Nafta ligera	<71	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
	Nafta ligera/med	71-100	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
10	Nafta med	100-166	0.0	1.5	1.5	1.5	1.4
	Nafta/Queroseno	166-193	0.1	1.0	1.0	1.0	1.1
	Queroseno	193-232	1.0	2.6	2.6	2.6	2.7
	Diesel	232-327	8.7	14.1	14.1	14.3	14.3
	VGO ligero	327-360	5.2	7.3	7.3	7.4	7.4
15	VGO pesado	360-538	33.5	41.3	41.3	41.7	42.1
	Resid de vacío	>538	51.5	32.0	32.0	31.2	30.8

\*g./cm<sup>3</sup>  
\*\*cSt

20 0085 Las ligeras variaciones en los valores presentados en los estudios de estabilidad (Tabla 9 y otros estudios de estabilidad aquí divulgados) están dentro del error de los métodos de ensayo empleados, y son aceptables en la técnica. Estos resultados demuestran que los productos líquidos son estables.

25 0086 Estos resultados indican que más del 50% de los componentes en la materia prima evolucionan a temperaturas por encima de 538°C (fracción resid de vacío). Esta fracción se caracteriza por componentes de alto peso molecular con baja volatilidad. Por lo contrario, sobre varias ejecuciones, el producto líquido se caracteriza porque comprende aproximadamente 68% a 74% del producto que son más volátiles y evolucionan por debajo de 538°C. La materia prima puede ser caracterizada con aproximadamente 0.1% de sus componentes evolucionando por debajo de 193°C (fracción nafta/queroseno), vs. aproximadamente 2.7% a 2.9% para el producto líquido. La fracción diesel también demuestra diferencias significativas entre la materia prima y el producto líquido con 8.7% (materia prima) y 14.1% a 30 15.8% (producto líquido) evolucionando en este intervalo de temperatura (232-327°C). Colectivamente estos resultados muestran que una proporción sustancial de los componentes con baja volatilidad en la materia prima se han convertido a componentes de mayor volatilidad (nafta ligera, queroseno y diesel) en el producto líquido. Estos resultados demuestran que el producto líquido se ha mejorado sustancialmente, y exhibe propiedades adecuadas para transporte.

### 35 **Ejemplo 3: Compuesto/reciclado de la materia prima**

0087 El reactor de pirólisis como se describe en US 5,792,340 puede ser configurado de modo que los condensadores de recuperación dirijan los productos líquidos a la línea de alimentación al reactor (ver Figuras 3 y 4).

40 0088 Las condiciones de procesamiento incluye una temperatura de reactor que va de 530° a 590°C. Se usaron relaciones de carga para portador térmico de partículas a materia prima para la ejecución inicial y de reciclado de 30:1, y tiempos de residencia de 0.35 a 0.7 segundos. Estas condiciones se indican en más detalle a continuación (Tabla 10). Tras la pirólisis de la materia prima, la fracción más ligera fue eliminada y recogida usando un condensador caliente colocado antes del condensador principal (ver Figura 4), mientras que la fracción más pesada del producto líquido fue reciclada de vuelta al reactor reactor para un posterior procesamiento (también ver Figura 3). En esta 45 realización, la corriente de reciclado (260) que comprende fracciones pesadas se mezcló con nueva materia prima (270) dando lugar a una materia prima compuesta (240) que fue luego procesada usando las mismas condiciones que con la ejecución inicial dentro del reactor de pirólisis.

**Tabla 10: Operación de compuesto/reciclado usando Crudo Pesado Saskatchewan y Bitumen Athabasca No Diluido**

Mat. Prima	Temp.	Producción	API°	Reciclado <sup>4)</sup>	Reciclado <sup>4)</sup>
	Craqueo °C	% vol		Prod. % vol	API°
5 Crudo Pesado	590	77.1 <sup>1)</sup>	13.3	68.6	17.1
	560	86.3 <sup>2)</sup>	16.2	78.1	21.1
	550	50.1 <sup>1)</sup>	14.0	71.6	17.8
	550	65.1 <sup>1,3)</sup>	18.3	56.4	22.9
	530	87.1 <sup>2)</sup>	16.6	78.9	21.0
Bitumen	590	75.2 <sup>2)</sup>	12.4	67.0	16.0

10 1) Producción y gravedad API incluyen condensación superior (actual)

2) Producción y gravedad API incluyen condensación superior (estimado)

3) No todo el líquido se recuperó en esta ejecución

4) Estos valores representan la recuperación total del producto tras la ejecución de reciclado, y suponen la eliminación de aproximadamente 10% de la fracción pesada que se recicla hasta extinción. Esto es por lo tanto una estimación conservadora de la producción ya que parte de la fracción pesada producirá componentes más ligeros que entran en la corriente de producto, ya que no toda la fracción pesada terminará como coque.

0089 La gravedad API aumentó desde 11.0 en la materia prima de crudo pesado a unos 13 hasta unos 18.5 después del primer ciclo de tratamiento, y aumentó adicionalmente a unos 17 hasta unos 23 después de un segundo tratamiento de reciclado. Un aumento similar en API es observado para el bitumen con un API de unos 8.6 en la materia prima, que se incrementa a unos 12.4 después de la primera ejecución y a 16 tras la ejecución de reciclado. Con el aumento en API, hay un aumento asociado en la producción desde 77% a 87% después de la primera ejecución, a 67% a 79% tras la ejecución de reciclado. Por lo tanto asociada con la producción de un producto más ligero, hay una disminución en la producción de líquido. Sin embargo, un producto mejorado más ligero puede ser deseado para el transporte, y el reciclado de producto líquido logra tal producto.

**Ejemplo 4: Tratamiento en dos etapas de Crudo Pesado**

0090 La materia prima de crudo pesado o bitumen puede también ser procesada usando un proceso pirolítico de dos etapas que comprende una primera etapa donde la materia prima está expuesta a condiciones que craquean levemente los componentes de hidrocarburo con el fin de evitar el sobrecraqueo y la producción de gas y coque en exceso. Los materiales más ligeros son eliminados tras el procesamiento en la primera etapa, y los materiales más pesados restantes se someten a un craqueo más intenso a una temperatura mayor. Las condiciones de procesamiento en la primera etapa incluyen una temperatura de reactor que va de 510° a 530°C (datos correspondientes a 515°C dados a continuación), mientras que en la segunda etapa, se empleó una temperatura de 590°C a 800°C (datos correspondientes a 590°C presentados en la tabla 11) fue empleado. Los relaciones de carga para portador térmico de partículas a materia prima van de 30:1, y tiempos de residencia de 0.35 a 0.7 segundos para ambas etapas. Estas condiciones son indicadas en más detalle a continuación (Tabla 11).

**Tabla 11: Ejecuciones de dos etapas de Crudo Pesado Saskatchewan**

Temp. Craqueo °C	Viscosidad a 80°C (cSt)	Producción % en peso	Densidad a 15° g/ml	API°	% vol de Producción
40 515	5.3	29.8	0.943	18.6	31.4
590	52.6	78.9	0.990	11.4	78.1
515 & 590	nd	nd	nd	13.9	86.6

"nd" significa no determinado

1) Materiales condensables ligeros no fueron capturados. Por lo tanto estos valores son estimaciones conservadoras.

45

0091 Estos resultados indican que un craqueo inicial leve que evita sobrecraquear materiales ligeros a gas y coque, seguido por un craqueo más severo de los materiales más pesados produce un producto líquido caracterizado con un API aumentado, mientras aún se exhiben buenas producciones del producto.

5 0092 Otras ejecuciones que usan un proceso de dos etapas, implicaron inyectar la materia prima a 150°C en una corriente de gas caliente mantenido a 515°C y entrando al reactor a 300°C (temperatura de procesamiento). El producto, que comprende materiales más ligeros (calderas de baja) fue separado y eliminado tras la primera etapa en el sistema de condensación. Los materiales más pesados, separados en la parte inferior del ciclón fueron recogidos sometidos a un craqueo más severo en el reactor con el fin de hacer un producto líquido de viscosidad reducida y alto rendimiento. Las condiciones utilizadas en la segunda etapa fueron una temperatura de procesamiento de entre 10 530°C a 590°C. El producto de la segunda etapa fue procesado y recogido.

0093 Después de tal proceso de dos etapas el producto de la primera etapa (calderas ligeras) se caracteriza con una producción de unos 30 % vol, un API de unos 19, y una reducción de varias veces de la viscosidad respecto a la materia prima inicial. El producto de la fracción de alto punto de ebullición, producido siguiendo el procesamiento de la fracción de reciclado en la segunda etapa, es normalmente caracterizado con una producción mayor que 75 % vol, 15 y una gravedad API de unos 12, y una viscosidad reducida respecto a la fracción reciclada de la materia prima.

**Ejemplo 5: Tratamiento “Multi-Etapa” de Crudo Pesado y Bitumen, usando la Materia Prima para Enfriamiento dentro del Condensador Principal.**

0094 La materia prima de crudo pesado o bitumen puede también ser procesada usando un proceso pirólítico “multi-etapa” como se indica en la Figura 5. En este sistema, el reactor de pirólisis descrito en US 5,792,340 es 20 configurado de modo que el condensador de recuperación principal dirige el producto líquido a la línea de alimentación de vuelta al reactor, y la materia prima es introducida al sistema en el condensador principal donde enfría los vapores del producto producidos durante la pirólisis.

0095 Las condiciones de procesamiento incluyeron una temperatura de reactor que va de 530° a 590°C. Se usaron relaciones de carga para portador térmico de partículas a materia prima para la ejecución inicial y de reciclado desde 20:1 a 30:1, y tiempos de residencia de 0.35 a 1.2 segundos. Estas condiciones se indican en más detalle a 25 continuación (Tabla 12). Tras la pirólisis de la materia prima, la fracción más ligera es enviada al condensador secundario mientras que la fracción más pesada del producto líquido obtenida del condensador principal es reciclada de nuevo al reactor para un posterior procesamiento (Figura 5).

**Tabla 12: Caracterización del producto líquido obtenido tras el procesamiento Multi-Etapa del Crudo Pesado y Bitumen Saskatchewan**

Temp. Craqueo °C	Viscosidad a 40°C (cSt)	Producción % en peso	Densidad a 15.6° g/ml	API°	% vol <sup>1)</sup> de Producción
<b>Crudo Pesado</b>					
543	80	62.6	0.9592	15.9	64.9
557	24	58.9	0.9446	18.2	62.1
561	53	70.9	0.9568	16.8	74.0
<b>Bitumen</b>					
538	40	61.4	0.9718	14.0	71.1

40 0096 Los productos líquidos producidos del procesamiento multi-etapa de la materia prima exhiben propiedades adecuadas para el transporte con viscosidad muy reducida por debajo de 6343 cSt (a 40°C) para crudo pesado y 30380 cSt (a 40°C) para bitumen. De forma similar, el API aumentó de (crudo pesado) 15.9 a 18.2 y de 8.6 (bitumen) a 14.7. Además, las producciones para el crudo pesado bajo estas condiciones de reacción son de 59% a 68% para el crudo pesado, y 82% para el bitumen.

45

**Tabla 13: Propiedades y SimDist de productos líquidos preparados de Crudo Pesado usando Proceso multi-etapa (para las propiedades de la materia prima ver las Tablas 1 y 5)**

Fracción	Temp (°C)	R241*		R242**	R244***
		Día 0	Día 30		
Densidad a 15.6°C	-	0.9592	0.9597	0.9465	0.9591
API	-	15.9	15.8	17.8	15.9
Viscosidad A 40°C	-	79.7	83.2	25.0	49.1
Nafta ligera	<71	0.0	0.2	0.3	0.3
Nafta Ligera/med	71-100	0.0	0.1	0.2	0.3
Nafta med	100-166	0.1	0.4	2.5	1.8
Nafta/ Queroseno	166-193	0.6	0.6	1.8	1.5
Queroseno	193-232	2.8	2.5	5.0	3.5
Diesel	232-327	21.8	21.0	23.1	18.9
VGO ligero	327-360	10.8	10.2	9.9	8.8
VGO pesado	360-538	51.1	45.0	44.9	43.2
Resid De vacío	>538	12.7	20.0	12.3	21.7

\* temperatura de reactor 543°C

\*\* temperatura de reactor 557°C

\*\*\* temperatura de reactor 561°C

5

0097 Bajo estas condiciones de ejecución el API aumentó de 11 a 15.9 a 17.8. Se obtuvieron rendimientos de producto de 62.6 (% en peso; R241), 58.9 (% en peso; R242) y 70.9 (% en peso; R244) junto con niveles de viscosidad muy reducidos. Estos productos líquidos han sido sustancialmente mejorados respecto a la materia prima y exhiben propiedades adecuadas para el transporte por tubería.

10

0098 Los resultados SimDist indican que más del 50% de los componentes en la materia prima evolucionan a temperaturas por encima de 538°C (fracción resid de vacío), mientras que el producto líquido se caracteriza porque comprende aproximadamente 78% a 87% del producto que son más volátiles y evolucionan por debajo de 538°C. La materia prima puede además ser caracterizada con aproximadamente 0.1% de sus componentes evolucionando por debajo de 193°C (fracción nafta/queroseno) vs. aprox. 1.3 a 4.8% para el producto líquido. Las fracciones de queroseno y diesel también muestran diferencias significativas entre la materia prima y el producto líquido con 1% de la fracción de materia prima evolucionando entre 193-232°C vs. 2.8 a 5% para el producto líquido, y con 8.7% (materia prima) y 18.9 a 23.1% (producto líquido) evolucionando en este intervalo de temperatura (232-237°C; diesel). Colectivamente estos resultados muestran que una proporción sustancial de los componentes con baja volatilidad en la materia prima han sido convertidos a componentes de mayor volatilidad (nafta ligera, queroseno y diesel) en el producto líquido. Estos resultados demuestran que el producto líquido es sustancialmente mejorado, y exhibe propiedades adecuadas para el transporte.

15

20

**Tabla 14: Propiedades y SimDist de los productos líquidos preparados del Bitumen tras el procesamiento de “Dos-Etapas” (temp. de reactor 538°C; para propiedades de materia prima ver Tablas 1, 8 y 9).**

	Fracción	Temp (°C)	R243
	Densidad a 15.6°C	-	0.9876
5	API	-	13.7
	Viscosidad a 40°C	-	45.4
	Nafta ligera	<71	0.3
	Nafta ligera/med	71-100	0.4
	Nafta med	100-166	3.6
10	Nafta/Queroseno	166-193	1.9
	Queroseno	193-232	4.4
	Diesel	232-327	19.7
	VGO ligero	327-360	9.1
	VGO pesado	360-538	41.1
15	Resid de vacío	>538	19.5

0099 Bajo estas condiciones de ejecución el API aumento de 8.6 a unos 14. Se obtuvo un rendimiento de producto de 68.4 (% en peso) junto con niveles de viscosidad muy reducidos (de 30380 cSt a 40°C en la materia prima, a aproximadamente 45cSt en el producto líquido).

20 0100 El análisis de destilación simulada demuestra que más del 50% de los componentes en la materia prima evolucionan a temperaturas por encima de 538°C (fracción resid de vacío) mientras que el 80.5% del producto líquido evoluciona por debajo de 538°C. La materia prima puede ser caracterizada con aproximadamente 0.1% de sus componentes evolucionando por debajo de 193°C (fracción nafta/queroseno), vs. 6.2% para el producto líquido. La fracción diesel también demuestra diferencias significativas entre la materia prima y el producto líquido con 8.7% (materia prima) y 19.7% (producto líquido) evolucionando en este intervalo de temperatura (232-327°C).  
25 Colectivamente estos resultados muestran que una proporción sustancial de los componentes con baja volatilidad en la materia prima han sido convertidos a componentes de mayor volatilidad (nafta ligera, queroseno y diesel) en el producto líquido. Estos resultados demuestran que el producto líquido es sustancialmente mejorado, y exhibe propiedades adecuadas para el transporte.

### 30 **Ejemplo 6: Caracterización adicional del Gasóleo de vacío (VGO).**

0101 El gasóleo de vacío (VGO) se obtuvo de una gama de materias primas de hidrocarburos pesados, incluyendo:

- Bitumen Athabasca (ATB; ATB-VGO(243) y ATB-VGO(255))
- Un VGO hidrotratado de bitumen Athabasca (Hidro-ATB);
- Una mezcla de VGO Athabasca resid (ATB-VGO resid);
- 35 • Un ATB-VGO resid hidrotratado (Hidro-ATB-VGO resid; obtenido de la misma ejecución como ATB-255); y
- Un crudo pesado Kerrobert (KHC)

0102 Estos productos VGO se obtuvieron usando los métodos indicados en el Ejemplo 4 (dos etapas; a una temperatura de reactor de 560°-578°C con un tiempo de residencia de 1,209 segundos), excepto para ATB-VGO (255) que se obtuvo usando el método del Ejemplo 1 con un tiempo de residencia aumentado (1,705 segundos) y menor temperatura de reactor (490°C). El producto líquido tras el procesamiento térmico de las materias primas anteriores fue destilado para producir una fracción VGO usando procedimientos estándares descritos en ASTM D2892 y ASTM D5236.  
40

0103 Para el hidrotratamiento del bitumen Athabasca VGO, las condiciones del reactor fueron las siguientes:

- 45 • Temperatura de reactor 382°C (720°F),
- Presión del reactor 1,03bar (15 psig);
- Velocidad espacial 0.5;
- Tasa de hidrógeno 3625 SCFB.

0104 El crudo pesado de Alaska North Slope (ANS), preparado a partir de crudo bruto usando procedimientos estándares en la técnica (ASTM D2892 y D5236), se proporciona como control.

0105 Propiedades de estos VGOs se presentan en la Tabla 15.

**Tabla 15: Propiedades de VGOs obtenidas de una variedad de materias primas de crudo pesado**

	ATB-VGO -243	ATB-VGO -255	ATB-VGO resid	KHC-VGO	ANS-VGO	Hidro-ATB-VGO
Gravedad API	13.8	15.2	11.8**	15.5	21.7	22.4
Azufre, % en peso	3.93	3.76	4.11**	3.06	1.1	0.27
Punto de anilina °C (°F)	(110) 43	(125) 52	(148-150) 64-66	(119) 48	(168) 76	(133.4) 56
*para punto de anilina calculado ver Tabla 17						
**estimado						

5

0106 Se determinaron características de craqueo de cada uno de los VGOs usando el ensayo de Microactividad (MAT) bajo las siguientes condiciones (también ver Tabla 16):

- Temperatura de reacción 538°C (1000°F)
- Tiempo de Ejecución 30 segundos;
- Relación cat-a-crudo 4.5;
- Catalizador Catalizador FCC de Equilibrio.

10

0107 Los resultados del ensayo MAT se proporcionan en la Tabla 16, e indican que la conversión de craqueo para ATB-VGO (243) es aproximadamente 63%, para KHC-VGO es unos 6%, para ANS-VGO es unos 73%, y para Hidro-ATB-VGO es unos 74%. Además, la conversión de craqueo para Hidro-ATB-VGO resid (obtenido de ATB-255) es aprox. 3% en volumen mayor que el VGO de la misma ejecución (e.d. ATB-VGO-255). El modelado para el ATB-VGO resid y Hidro-ATB-CGO resid incorpora un dispositivo de enfriamiento de catalizador para mantener la temperatura de regenerador dentro de sus límites de operación.

15

**Tabla 16: Resultados del Ensayo de Microactividad (MAT)**

	ATB-VGO-243	ATB-VGO-255	KHC-VGO	ANS-VGO	Hidro-ATB-VGO	ATB-VGO resid
Carga de catalizador (gramos)	4.5054	4.5137	4.5061	4.5064	4.5056	4.5238
Carga de Alimentación (gramos)	1.0694	1.055	1.0553	1.0188	1	1.0753
Relación Catalizador/Crudo	4.2	4.3	4.3	4.4	4.5	4.2
Temperatura precalentamiento °C (°F)	(1015) 546	(1015) 546	(1015) 546	(1015) 546	(1015) 546	(1015) 546
Temperatura de Lecho °C (°F)	(1000) 538	(1000) 538	(1000) 538	(1000) 538	(1000) 538	(1000) 538
Tiempo de Inyección de Crudo (seg)	30	30	30	30	30	30

ES 2 395 116 T3

Conversión (% en peso)	62.75%	65.69%	65.92%	73.02%	74.08%	65.24%
H <sub>2</sub> S Normalizado (% en peso)	2.22%	2.28%	1.90%	0.79%	0.13%	2.43%
H <sub>2</sub>	0.19%	0.16%	0.18%	0.17%	0.24%	0.16%
CH <sub>4</sub>	1.44%	1.24%	1.33%	1.12%	1.07%	1.34%
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.01%	0.94%	1.05%	0.97%	0.93%	0.91%
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1.03%	0.86%	0.94%	0.76%	0.66%	0.94%
C <sub>3</sub> H <sub>4</sub>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	4.11%	3.99%	4.39%	5.15%	4.55%	3.73%
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.01%	1.01%	1.06%	1.16%	1.01%	1.00%
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1-C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	0.90%	1.71%	1.02%	1.19%	1.09%	0.81%
1- C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	0.96%	0.69%	0.92%	1.05%	0.83%	0.79%
C-2- C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	0.69%	0.69%	0.81%	0.97%	0.80%	0.65%
T-2- C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	0.98%	0.43%	1.13%	1.36%	1.14%	0.91%
1- C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	2.58%	2.65%	3.20%	4.31%	4.59%	2.44%
N- C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0.38%	0.48%	0.50%	0.65%	0.63%	0.48%
C <sub>5</sub> (430°F) 221°C	39.53%	43.54%	42.35%	49.10%	52.67%	41.97%
221-343°C (430°F-650°F)	23.29%	22.50%	22.30%	18.75%	18.92%	22.60%
343-427°C (650°F-800°F)	10.71%	8.86%	9.03%	6.06%	5.27%	8.85%
(800°F) 427°C	3.24%	2.94%	2.75%	2.17%	1.74%	3.31%
Coque	5.73%	5.04%	5.13%	4.28%	3.73%	6.69%
Balance de Materiales	97.93%	98.04%	98.03%	96.59%	97.10%	98.16%

0108 Los puntos de anilina se determinaron usando el Método ASTM D611. Los resultados, así como la conversión y el rendimiento en base a % vol se presentan en la Tabla 17A y B. Resultados similares se obtuvieron comparados con base % en peso (datos no mostrado). La conversión de craqueo para ATB-VGO-243 y KHC-VGO es 21% y 16% menor en volumen que para ANS VGO. ATB hidrotratado es 5% menor en volumen que ANS-VGO.

5

**Tabla 17A: Punto de anilina Medido en una base % vol**

	ANS-VGO % vol FF	ATB-VGO-243 % vol FF	Hidro-ATB-VGO % vol FF	KHC-VGO % vol FF	ATB-VGO-255 % vol FF
Tasa de Alimentación Fresca: MBPD	68.6	68.6	68.6	68.6	68.6
Elevador de Temperatura de Salida °C (°F)	(971) 522	(971) 522	(971) 522	(971) 522	(971) 522
Temperatura de Alimentación Fresca °C (°F)	(503) 262	(503) 262	(503) 262	(503) 262	(503) 262

ES 2 395 116 T3

Temperatura de Regenerador °C (°F)	(1334) 723	(1609) 876	(1375) 746	(1562) 850	(1511) 822
Conversión	73.85	53.01	68.48	57.58	56.53
C <sub>2</sub> y mas ligero, % en peso FF	4.13	8.19	4.53	7.70	7.37
H <sub>2</sub> S	0.54	1.37	0.12	1.18	1.35
H <sub>2</sub>	0.18	0.21	0.22	0.25	0.20
Metano	1.35	2.87	1.65	2.65	2.45
Etileno	1.00	1.37	1.31	1.51	1.31
Etano	1.07	2.36	1.23	2.11	2.06
C <sub>3</sub> Total	9.41	7.15	10.01	8.18	7.50
Propileno	7.37	5.79	7.81	6.54	6.06
Propano	2.04	1.35	2.20	1.64	1.44
C <sub>4</sub> Total	13.79	9.35	13.05	11.57	10.34
Isobutano	4.25	2.40	4.85	3.21	2.65
N-butano	1.08	0.35	1.07	0.53	0.39
Butenos Totales	8.46	6.60	7.13	7.83	7.30
Gasolina C <sub>5</sub> -221°C (430°F)	58.46	35.35	51.56	39.43	38.58
LCGO 221°C-343°C (430-650°F)	20.78	34.74	27.08	32.06	32.05
HCGO + DO 343°C (6.50°F)	5.37	12.25	4.44	10.36	11.42
Coque, % en peso	5.50	5.835.50	5.53	5.82	5.70
Gravedad API	21.7	13.9	22.4	15.5	15.2
Punto de anilina: (°F) (Medido) °C	(168) 76	(110) 43	(133.4) 56	(119.0) 48	(125) 52

0109 La diferencia en la conversión para ATB-VGO, KHC-VGO y Hidro-ATB-VGO en relación a ANS-VGO (control) listado en la Tabla 17A es mayor de lo esperado, cuando se consideran los resultados del ensayo MAT (tabla 16). Esto es cierto para ATB-VGO-243 ATB-VGO-255. KHC-VGO. Hidro-ATB-VGO, ATB-VGO-resid, y Hidro ATB-VGO-resid.

5 Para determinar si el punto de anilina medido no es un indicador fiable de ATB-, KHC- y Hidro VGOs, el punto de anilina fue calculado usando métodos estándares conocidos en la técnica basados en los datos de destilación y la gravedad API. Los puntos de anilina calculados, y la conversión de craqueo para los diferentes VGOs se presentan en las Tablas 17B y C.

ES 2 395 116 T3

**Tabla 17B: Punto de Anilina Calculado en base % vol**

	ANS-VGO % vol FF	ATB-VGO-243 % vol FF	Hidro-ATB-VGO % vol FF	KHC-VGO % vol FF
Tasa de Alimentación Fresca: MBPD	68.6	68.6	68.6	68.6
Temperatura de Salida elevada °C (°F)	(971) 522	(971) 522	(971) 522	(971) 522
Temperatura de Alimentación Fresca °C (°F)	(503) 262	(503) 262	(503) 262	(503) 262
Temperatura de Regenerador °C (°F)	(1334) 723	(1464) 796	(1272) 689	(1383) 751
Conversión	73.85	57.45	74.25	62.98
C <sub>2</sub> y más ligero, % en peso FF	4.13	6.79	3.53	6.05
H <sub>2</sub> S	0.54	1.40	0.13	1.25
H <sub>2</sub>	0.18	0.17	0.18	0.16
Metano	1.35	2.14	1.21	1.86
Etileno	1.00	1.19	1.07	1.20
Etano	1.07	1.89	0.94	1.57
C <sub>3</sub> Total	9.41	7.33	10.10	8.27
Propileno	7.37	5.93	8.10	6.59
Propano	2.04	1.40	2.00	1.68
C <sub>4</sub> Total	13.79	10.76	15.26	12.18
Isobutano	4.25	2.75	5.01	3.37
N-butano	1.08	0.41	1.18	0.54
Butenos Totales	8.46	7.60	9.07	8.27
Gasolina C <sub>5</sub> -221°C (430°F)	58.46	39.71	57.07	45.57
LCGO 221°C-343°C (430-650°F)	20.78	30.85	22.20	27.70
HCGO + DO 343°C (650°F)	5.37	11.70	3.55	9.32
Coque, % en peso FF	5.50	5.56	5.33	5.46
Gravedad API (alimentación)	21.7	13.8	22.4	15.5
Punto de anilina (°F) (Calc)	(168) 76	(135.0) 57	(158.0) 70	(144.0) 62

**Tabla 17C: Punto de anilina Medido en una base % vol, continuado**

	ATB-VGO-255 % vol FF	Hidro-ATB-VGO-255 % vol FF	ATB-VGO resid % vol FF	Hidro ATB-VGO resid % vol FF
Tasa de Alimentación Fresca: MBPD	68.6	68.6	68.6	68.6
Temperatura de Salida elevada °C (°F)	(971) 522	(971) 522	(971) 522	(971) 522
Temperatura de Alimentación Fresca °C (°F)	(503) 262	(503) 262	(503) 262	(503) 262
Temperatura de Regenerador °C (°F)	(1374) 746	(1238) 670	(1345*) 729	(1345*) 729
Conversión	60.86	75.29	83.82	72.34
C <sub>2</sub> y mas ligero	6.13	3.36	4.80	4.13
H <sub>2</sub> S	1.42	0.12	1.55	0.04
H <sub>2</sub>	0.14	0.17	0.18	0.60
Metano	1.85	1.13	1.43	1.56
Etileno	1.10	1.04	0.48	0.79
Etano	1.63	0.89	1.17	1.14
C <sub>3</sub> Total	7.54	10.44	7.66	8.49
Propileno	6.07	8.62	5.97	6.76
Propano	1.47	1.82	1.69	1.73
C <sub>4</sub> Total	11.58	16.56	12.99	12.60
Isobutano	2.96	4.96	3.34	3.75
N-butano	0.44	1.19	0.49	0.99
Butenos Totales	8.18	10.40	9.16	7.85
Gasolina C <sub>5</sub> -221°C (430°F)	43.38	36.87	45.61	56.66
LCGO 221°C-343°C (430-650°F)	28.61	21.09	26.28	21.59
HCGO + DO 343°C (650°F)	10.52	3.62	9.89	6.06
Coque, % en peso FF	5.43	5.30	7.54	6.42

## ES 2 395 116 T3

Gravedad API (Alimentación)	15.2	23.9	11.8	20.0
Punto de anilina (°F) (Calc) °C	(145) 63	(168) 76	(148.0) 64	(170.0) 77

0110 En base a los puntos de anilina calculada, los puntos de anilina se incrementaron todos y están más en consonancia con los datos determinado del ensayo MAT. Por ejemplo, el punto de anilina de:

- ATB-VGO-243 es (135°F) 57°C
- ATB-VGO-255 es (145°F) 63°C
- KHC-VGO es (144°F) 62°C
- ATB-VGO-resid es (148°F) 64°C
- Hidro-ATB-VGO es 70°C (158°F), y
- Hidro-ATB-VGO-resid es (170°F) 77°C

10 0111 No hay cambio en el punto de anilina o el rendimiento de producto para ANS-VGO (control). Junto con los puntos anilina aumentados calculados hubo rendimientos de producto aumentados consistentes con los resultados MAT de diferencias de craqueo de la Tabla 16.

15 0112 Estos resultados indican que VGOs preparados de productos líquidos tras el procesamiento térmico rápido como aquí se describe (ej., ATB-VGO, KHC-VGO y Hidro-ATB-VGO) son sustancialmente diferentes de los VGOs obtenidos de materias primas similares que han sido sólo procesadas usando métodos convencionales (ej., destilación), por ejemplo ANS-I VGO. Un posterior análisis de los VGOs anteriores obtenidos tras el procesamiento térmico rápido indica que están caracterizados por tener un perfil único de hidrocarburo que comprende aprox. 38% de mono-aromáticos mas tiofenos aromáticos. Estos tipos de moléculas tienen una pluralidad de cadenas laterales disponibles para el craqueo, y proporcionan niveles elevados de conversión.

20

REIVINDICACIONES

1. Un VGO **caracterizado por** i) un punto de anilina medido de 43,3°C (110°F) a 54,4°C (130°F) determinado usando el método ASTM D611, y ii) un punto de anilina calculado de 51,7°C (125°F) a 76,7°C (170°F) calculado usando datos de destilación y gravedad API medidos relativos al VGO.
2. El VGO de la reivindicación 1, caracterizado además por tener un perfil de hidrocarburo que comprende 38% de mono-aromáticos.
3. El VGO de la reivindicación 1, donde el VGO es un VGO hidrotratado.
4. Un método para producir el gasóleo de vacío (VGO) definido en cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende:
  - I) mejorar una materia prima de hidrocarburo pesado por un método que comprende:
    - i) introducir un portador térmico de partículas en un reactor de flujo ascendente;
    - ii) introducir dicha materia prima de hidrocarburo pesado en dicho reactor de flujo ascendente en al menos una posición por encima del portador térmico de partículas de modo que una relación de carga de dicho portador térmico de partículas a dicha materia prima de hidrocarburo pesado es de 10:1 a 200:1, donde dicho reactor de flujo ascendente se ejecuta a una temperatura de menos de 750°C
    - iii) permitir que dicha materia prima de hidrocarburo pesado interactúe con dicho portador térmico con un tiempo de residencia de menos de 5 segundos, para producir una corriente de producto;
    - iv) separar dicha corriente de producto de dicho portador térmico de partículas;
    - v) regenerar dicho portador térmico de partículas; y
    - vi) recoger un producto gaseoso y líquido de dicha corriente de producto, en el que dicho producto líquido exhibe una gravedad API aumentada, un punto de fluidez reducido, viscosidad reducida y un nivel reducido de contaminantes respecto al dicha materia prima, y
  - II) destilar el VGO del producto líquido.
5. El método de la reivindicación 4, en el que en dicho paso de introducir (paso ii), dicha relación de carga es desde 20:1 a 30:1.
6. El método de la reivindicación 4, en el que en dicho paso de introducir (paso ii), dicha materia prima de hidrocarburo pesado es bien crudo pesado o bitumen.
7. El método de la reivindicación 4, en el que, en dicho paso de permitir (paso iii), dicha corriente de producto de una primera ejecución de pirólisis es separada en una fracción ligera y una fracción pesada, dicha fracción ligera es recogida de dicha corriente de producto, y dicha fracción pesada es reciclada de vuelta a dicho reactor de flujo ascendente para posterior procesamiento en una segunda ejecución de pirólisis para producir una segunda corriente de producto.
8. El método de la reivindicación 7, en el que dicho posterior procesamiento incluye mezclar dicha fracción más pesada con dicho portador térmico de partículas, donde dicho portador térmico de partículas de dicha segunda ejecución de pirólisis está a una temperatura a, o por encima de, la que se utiliza en el procesamiento de dicha materia prima dentro de dicha primera ejecución de pirólisis.
9. El método de la reivindicación 8, donde dicha fracción más pesada es añadida a la materia prima no procesada antes de ser introducida en dicho reactor de flujo ascendente para dicha segunda ejecución de pirólisis.
10. El método de la reivindicación 7, 8 o 9, en el que la temperatura de dicho reactor de flujo ascendente dentro de la primera ejecución de pirólisis es de 300°C a 590°C, y la temperatura de dicho reactor de flujo ascendente dentro de dicha segunda ejecución de pirólisis es de 530°C a 700°C, y en el que dicho tiempo de residencia de dicha segunda ejecución de pirólisis es el mismo que, o más largo que, el tiempo de residencia de dicha primera ejecución de pirólisis.

5

11. El método de la reivindicación 8, 9 o 10, en el que dicho portador térmico de partículas está separado de dicha segunda corriente del producto, y un segundo producto es recogido de dicha segunda corriente del producto.
12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en el que dicha corriente de producto de dicha primera ejecución de pirólisis es tratada dentro de un condensador caliente antes de la recuperación de dicha fracción ligera y dicha fracción pesada.



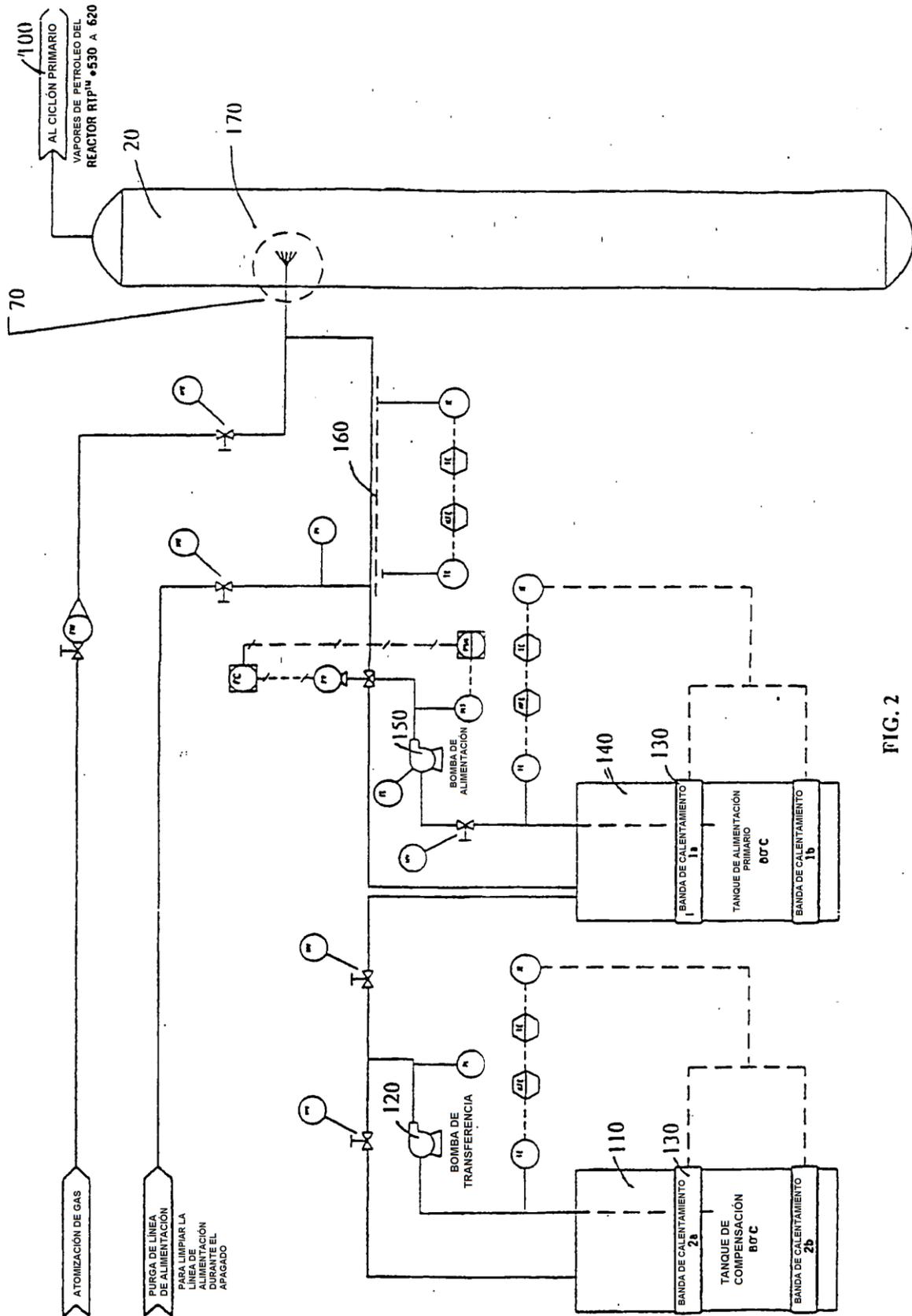


FIG. 2

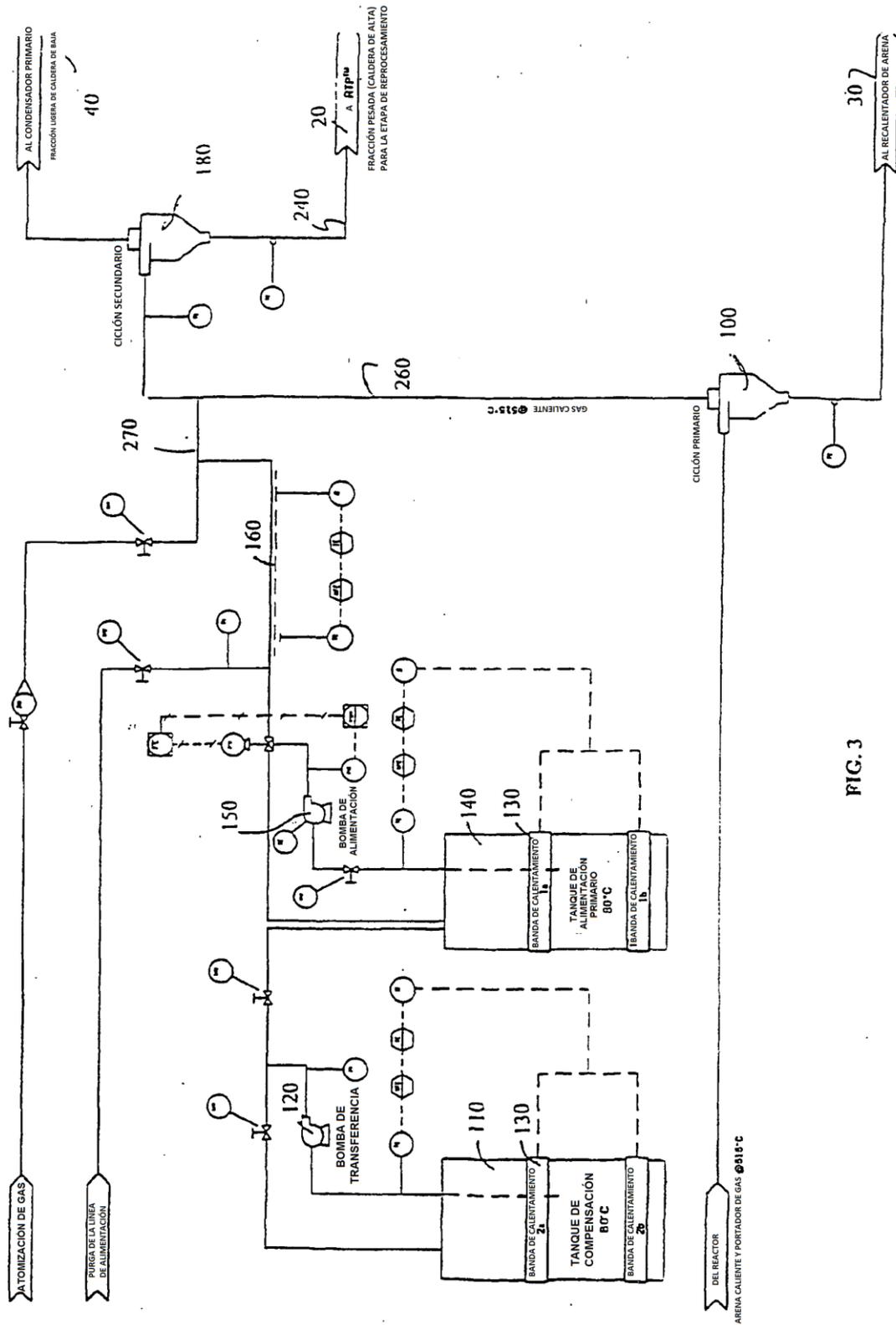


FIG. 3

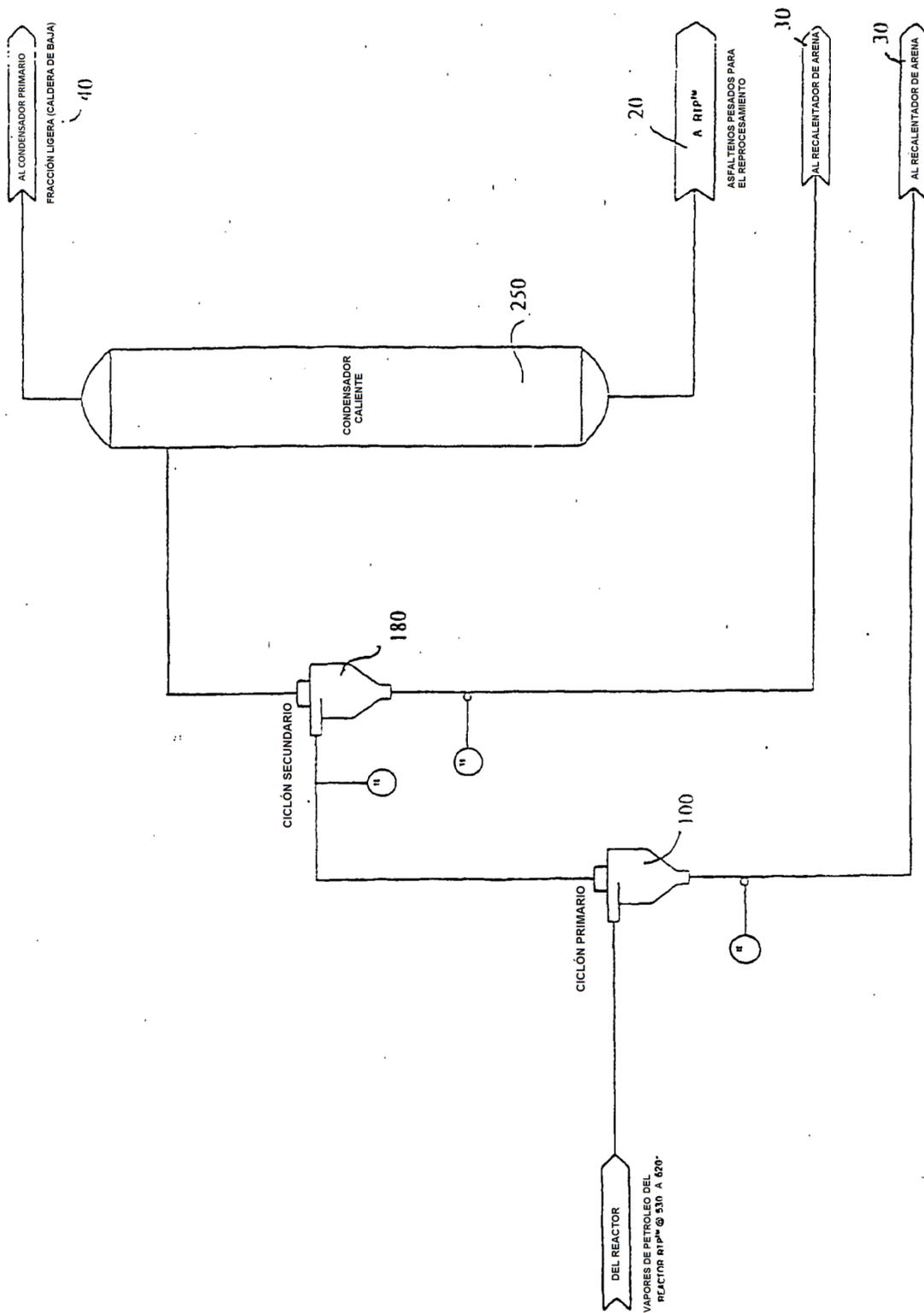


FIG. 4

