

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 274**

51 Int. Cl.:

C10L 1/02	(2006.01) C11B 3/12	(2006.01)
C10G 33/00	(2006.01) C11B 3/16	(2006.01)
C10G 3/00	(2006.01) C11C 3/00	(2006.01)
B01D 21/26	(2006.01) C07C 67/03	(2006.01)
C11C 3/10	(2006.01)	
B03D 1/14	(2006.01)	
C07C 67/08	(2006.01)	
C07C 67/58	(2006.01)	
C11B 3/00	(2006.01)	
C11B 3/04	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.06.2014 PCT/GB2014/051877**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **24.12.2014 WO14202981**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2014 E 14739913 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.08.2017 EP 3011041**

54 Título: **Composición de biodiésel y proceso y productos relacionados**

30 Prioridad:

19.06.2013 GB 201310962
19.06.2013 GB 201310961
19.06.2013 GB 201310960

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.11.2020

73 Titular/es:

ARGENT ENERGY (UK) LIMITED (50.0%)
236-240 Biggar Road, Newarthill, Motherwell
North Lanarkshire ML1 5FA, GB y
ARGENT ENERGY LIMITED (50.0%)

72 Inventor/es:

SCOTT, MICHAEL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 791 274 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

Composición de biodiésel y proceso y productos relacionados

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una composición de biodiésel y a un proceso para la producción de biodiésel y productos relacionados. La invención también se refiere a combustibles y mezclas de combustibles que comprenden biodiésel. En particular, la invención se refiere a una composición de biodiésel preparada a partir de una mezcla que comprende grasas, aceites y grasas de cocina procedentes de desechos del alcantarillado.

Antecedentes de la invención

10 El término "biodiésel" se usa para referirse al diésel derivado de grasas, aceites o grasas de cocina vegetales o animales, que consisten en alquil metil (etil o propil) ésteres de cadena larga. El biodiésel es diferente del diésel de petróleo (también conocido como petrodiesel o diésel derivado del petróleo), que es una fracción específica de la destilación del fuelóleo de petróleo. El biodiésel se produce en general a partir de una diversidad de materias primas, que incluyen grasas y aceites comestibles y no comestibles.

15 Las grasas son triglicéridos (triésteres de glicerol y cualquiera de diversos ácidos grasos), y pueden ser sólidas o líquidas a temperatura ambiente. Los aceites son moléculas apolares neutras con un contenido elevado de hidrocarburos. Las grasas de cocina son grasas semisólidas que en general consisten en un jabón emulsionado con aceite mineral o vegetal. Las grasas de cocina pueden ser de origen natural, y pueden ser de origen vegetal o animal.

20 Muchas grasas y aceites materia prima de biodiésel tienen una pureza elevada, y por lo tanto se pueden convertir fácilmente en biodiésel de una manera predecible mediante el uso de procesos conocidos y condiciones de reacción conocidas. Sin embargo, en general las materias primas puras son más costosas, y tienen otros usos potenciales.

25 También está disponible una diversidad de fuentes de grasas y aceites (y grasas de cocina) de mala calidad y menos puras), que potencialmente se pueden usar para producir biodiésel. Sin embargo, las materias primas impuras en general son más problemáticas, y conducen a condiciones de reacción impredecibles y un producto de biodiésel menos puro y menos predecible. Una de tales materias primas potenciales son las grasas, aceites y grasas de cocina que son constituyentes de los desechos del alcantarillado o aguas residuales, en cuyo contexto se les conoce comúnmente como "grasa de alcantarillado".

30 Las grasas, aceites y grasas de cocina se acumulan en los desechos de alcantarillado y son muy problemáticos, conduciendo al bloqueo de los sistemas de alcantarillado. Por lo tanto, generalmente se consideran un producto de desecho problemático. Sin embargo, tales grasas, aceites y grasas de cocina contienen hidrocarburos, que son una fuente potencial de productos valiosos como, por ejemplo, combustibles.

Normalmente, sin embargo, la grasa de alcantarillado comprende una serie de productos de desecho y materiales acuosos. Por ejemplo, la grasa de alcantarillado contiene una gran cantidad de restos insolubles y muchos productos químicos diferentes. Además, la grasa de alcantarillado es muy viscosa y tiene un punto de fusión relativamente alto, que es por lo que los sistemas de alcantarillado se bloquean.

35 Se requiere que los combustibles tengan un cierto grado de pureza para ser utilizables. Por ejemplo, el biodiésel necesita tener una cierta pureza o valor FAME (éster metílico de ácido graso) para poder usarse en motores o similares. La legislación actual (norma EN 14214) establece que para ser adecuado para su uso en motores, el biodiésel debe tener un contenido mínimo de éster del 96,5%. Además, para poder utilizarse en motores modernos, los combustibles deben tener un índice de cetano aceptable. El índice de cetano es una medida de la calidad de la combustión del combustible diésel durante el encendido por compresión. Es una expresión significativa de la calidad de un combustible diésel. Un índice de cetano más alto es normalmente más deseable, ya que esto indica que un combustible se quemará más fácilmente en un motor diésel, proporcionando un motor más suave (y a veces más eficiente).

45 En general, el material de partida utilizado tiene un gran impacto sobre la calidad del biodiésel obtenido, y en FAME y el índice de cetano. En particular, los materiales de partida de baja calidad normalmente se asocian con combustibles que tienen bajo valor FAME y bajo índice de cetano. Una serie de otras mediciones determinan la calidad general del combustible diésel, incluyendo: densidad, lubricidad, propiedades de flujo en frío (punto de obstrucción del filtro en frío), contenido de monoglicéridos y contenido de azufre. Estas mediciones también suelen verse afectadas por la calidad del material de partida utilizado.

50 El documento CN 102 492 494 describe una composición simulada de biodiésel.

El documento US 2011/192076 describe una composición diésel que comprende al menos 10% en peso de éster metílico de ácido esteárico.

El documento CN 102 585 927 describe biodiésel preparado a partir de aceite vegetal no comestible.

Por lo tanto, debido a la naturaleza impura e impredecible de la grasa de alcantarillado, no ha sido posible utilizar de forma práctica grasa de alcantarillado como fuente de grasas, aceites y grasas de cocina para producir combustibles como el biodiésel.

Un objeto de la presente invención es superar o mitigar al menos algunos de los problemas de la técnica anterior.

5 **Compendio de la invención**

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona una composición de biodiésel que comprende una mezcla de ésteres, donde la mezcla de ésteres comprende de 7% en peso a 10,5% en peso de octadecanoato de metilo (éster metílico de ácido esteárico/estearato de metilo), y de 39% en peso a 41% en peso de *cis*-9-octadecenoato de metilo (éster metílico del ácido oleico/oleato de metilo).

10 La mezcla de ésteres puede comprender de 0,5% en peso a 1,9% en peso de heptadecanoato de metilo (éster metílico de ácido heptadecanoico/margarato de metilo).

La mezcla de ésteres puede comprender de 2,4% en peso a 2,9% en peso de tetradecanoato de metilo (éster metílico de ácido mirístico/miristato de metilo).

15 La mezcla de ésteres puede comprender de 22,7% en peso a 24,4% en peso de hexadecanoato de metilo (éster metílico de ácido palmítico/palmitato de metilo).

La mezcla de ésteres puede comprender de 1,5% en peso a 2,1% en peso de *cis*-9-hexadecenoato de metilo (éster metílico del ácido palmitoleico/palmitoleato de metilo).

La mezcla de ésteres puede comprender de 15% en peso a 20% en peso de *cis,cis*-9,12-octadecadienoato de metilo (éster metílico de ácido linoleico/linoleato de metilo).

20 La mezcla de ésteres puede comprender de 2% en peso a 3% en peso de *cis,cis,cis*-9,12,15-octadecatrienoato de metilo (éster metílico de ácido linolénico/linolenato de metilo).

La composición puede comprender un índice de cetano de 60 a 65.

La composición puede comprender un punto de obstrucción del filtro en frío de 1°C a 5°C.

La composición puede comprender una densidad de 865 kgm⁻³ a 875 kgm⁻³.

25 La composición de biodiésel se puede obtener de una mezcla que comprende grasa, aceite y/o grasa de cocina. La grasa, el aceite y/o la grasa de cocina se pueden obtener de las aguas residuales.

La composición puede comprender de 98% en peso a 99% en peso de mezcla de ésteres.

Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un combustible que comprende la composición de biodiésel del primer aspecto.

30 Según un tercer aspecto de la invención, se proporciona una mezcla de combustible que comprende de 5% en volumen a 95% en volumen de la composición de biodiésel del primer aspecto, y de 5% en volumen a 95% en volumen de un diésel de petróleo.

Las características alternativas y las diferentes formas de realización descritas se aplican a todos y cada uno de los aspectos y a todas y cada una de las formas de realización de los mismos *mutatis mutandis*.

35 **Breve descripción de los dibujos**

Las formas de realización de la invención se describirán ahora, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos, en los que:

la Figura 1 es un diagrama esquemático de un proceso de purificación;

40 la Figura 2 es un diagrama esquemático de un proceso de preesterificación y transesterificación según una forma de realización de la invención; y

la Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de preesterificación y transesterificación según una forma de realización de la invención.

Descripción detallada

45 Obtener biodiésel a partir de grasa de alcantarillado implica primero purificar los desechos del alcantarillado. Esto implica filtrar los desechos del alcantarillado para eliminar los residuos y luego separar por fases los desechos del alcantarillado filtrados para minimizar la fase acuosa, retirar las partículas sólidas y maximizar la fase orgánica (es

decir, la fracción de grasa de alcantarillado). Esto se describe con más detalle a continuación bajo el epígrafe Purificación.

Después de la purificación, puede ser necesario reducir el contenido de ácidos grasos libres (FFA) de la mezcla. Normalmente esto se hace usando esterificación a alta presión como se conoce en la técnica. Por ejemplo, la esterificación a alta presión se puede llevar a cabo a aproximadamente 190°C a 260°C y aproximadamente 65 bar (6,5 MPa) a 100 bar (10 MPa) en presencia de metanol.

Después de la purificación y la esterificación a alta presión opcional, puede comenzar el proceso de producción de biodiésel. El proceso de producción de biodiésel se divide en dos áreas, a saber, la esterificación (denominada preesterificación) y la transesterificación. Los procesos de preesterificación y transesterificación como se describe más adelante bajo los epígrafes apropiados, y se ilustran en el diagrama de flujo de la Figura 3.

Purificación

Con referencia a la Figura 1, el primer paso consiste en tomar una mezcla de grasa, aceite y grasa de cocina de una planta de tratamiento de aguas residuales (no mostrada) y transferirla a un camión cisterna (no mostrado). El camión cisterna transporta a continuación la mezcla a una planta 12 de tratamiento. La mezcla es una mezcla de múltiples fases, que comprende al menos una fase orgánica (líquida), una fase acuosa (líquida) y una fase sólida.

A continuación, la mezcla se somete a calentamiento inicial a 60°C usando inyección de vapor para hacer que la mezcla sea lo suficientemente móvil para el procesado (es decir, la mezcla se hace fluida). Se puede utilizar un intervalo de temperaturas entre 55°C y 65°C, o típicamente 57°C y 63°C.

A continuación, la mezcla se transfiere usando una bomba de pistón 10 (VRH 250) a un depósito 14 de recepción/deshidratación, donde la mezcla se calienta hasta 95°C usando un serpentín de calentamiento doble 78 (un dispositivo de calentamiento) y/o usando inyección de vapor (vapor entra 16, condensado sale 18) durante un tiempo de aproximadamente 5 horas, lo cual pasteuriza la mezcla. Sin embargo, el tiempo de calentamiento puede estar entre aproximadamente 4 horas y aproximadamente 6 horas, o entre aproximadamente 4,5 horas y 5,5 horas. El calentamiento a 95°C también mejora la separación de aceite, agua y sólidos. Se puede utilizar un intervalo de temperaturas entre 90°C y 100°C o, típicamente, 92°C y 98°C. La fase orgánica (también conocida como la fase de aceite o la fase lipídica), la fase acuosa y los sólidos comienzan a separarse en el depósito 14 de recepción/deshidratación. El depósito 14 de recepción/deshidratación tiene una salida 20 de 8" (aproximadamente 20 cm) para ayudar a prevenir el bloqueo cuando la mezcla se descarga desde el depósito 14 de recepción/deshidratación. El flujo se controla mediante una válvula 22 de guillotina manual de 8" (aproximadamente 20 cm), que cortará los residuos, ayudando nuevamente a evitar el bloqueo de la salida 20.

Después de calentar, la mezcla se descarga desde el depósito 14 de recepción/deshidratación. Como la mezcla del depósito 14 de recepción/deshidratación ha comenzado a separarse, la mezcla descargada es inicialmente principalmente fase acuosa y sólidos sedimentados. Esta entra al depósito 24 con su parte superior abierta a través de una malla perforada integral 26 de 6 mm que retira partículas grandes (residuos). La fase acuosa se desvía a una instalación 28 de tratamiento de efluentes hasta que la mezcla que se descarga del depósito 14 de recepción/deshidratación cambia de fase acuosa a fase orgánica. Los sólidos retenidos por la malla 26 de filtro se retirados periódicamente durante todo el proceso para evitar que la malla 26 se bloquee. La mezcla ahora ha pasado por un cribado primario.

El baño de fusión/depósito 24 con su parte superior abierta tiene un serpentín 80 de vapor/calentamiento (vapor entra 116, condensado sale 118) ubicado en el fondo para mantener una temperatura suficiente para mantener la mezcla en un estado móvil y fluido (es decir, para evitar la solidificación). Toda fase orgánica residual en la fase acuosa es recuperada a través de una unidad 28 de flotación por aire disuelto. Esta fase orgánica recuperada se puede volver a introducir en el proceso en una etapa posterior, asegurando pérdidas mínimas.

Una unidad de flotación por aire disuelto es un proceso de tratamiento de agua que clarifica el agua o similares mediante la eliminación de materia suspendida, como sólidos o líquidos orgánicos, como grasas, aceites y grasas de cocina. La eliminación se consigue haciendo reaccionar primero la mezcla en la unidad con un coagulante (por ejemplo, sulfato férrico o de aluminio, o cloruro férrico o de aluminio), y luego ajustando el pH entre pH 5 y pH 7 usando un álcali o una base como, por ejemplo, hidróxido de sodio. El coloide resultante se retira usando una poliacrilamida iónica floculante basada en polímero (Millifloc™ V39™). A continuación, los flóculos se eliminan disolviendo el aire en el agua a presión y luego liberando el aire a presión atmosférica en un depósito o estanque de flotación.

El aire liberado forma pequeñas burbujas que se adhieren a la materia suspendida, lo que hace que la materia suspendida flote hacia la superficie del agua, donde luego puede ser eliminada por un dispositivo desnatador.

Refiriéndose nuevamente a la Figura 1, después del cribado primario, se usa una bomba centrífuga 30 para transferir la mezcla a través de un filtro 32 en línea de malla de 3 mm a un depósito 34 de consolidación cónico calentado con un serpentín 82 de calentamiento, donde se produce una sedimentación adicional. Después de la sedimentación, la fase acuosa y los sólidos son decantan en un recipiente de residuos apropiado (no mostrado) para su eliminación.

ES 2 791 274 T3

5 La fase orgánica del depósito 34 de consolidación se transfiere seguidamente a un depósito 36 de retención calentado y calorifugado (calentamiento por un serpentín 84a, 84b, 84c, de calentamiento, vapor entra 216, condensado sale 218), usando una bomba centrífuga 86, y donde la mezcla es mantenida antes de la purificación adicional. La mezcla de este depósito 36 es extraída a través de un filtro 38 en línea dúplex con una malla de 2 mm mediante una bomba de engranajes 40 Waukesha™ a un caudal de entre 1500 y 2500 kg por hora. Durante este proceso de transferencia, se inyecta agua y 75% en peso de ácido fosfórico (80 a 100 kg por hora y 1,5 a 2,5 kg por hora, respectivamente) a través de las entradas 42 y 44, respectivamente, en la mezcla, antes de que la mezcla entre en un mezclador estático 46 en línea. La etapa de acidificación altera el pH a pH 5 o menos. Sin embargo, el pH puede estar de forma útil entre aproximadamente pH 4,7 y aproximadamente pH 4,8. La mezcla es calentada a continuación introduciendo vapor a 10 de 5 a 7 bar(g) (600 a 800 kPa) en el mezclador 46, calentando la mezcla hasta 85°C a 95°C. La mezcla se mejora aún más usando un mezclador mecánico giratorio 48 que está situado en línea, asegurando que la mezcla se homogeneice antes de separarse.

15 La mezcla homogeneizada se transfiere a una unidad 50 de separación trifásica, que es una centrifuga decantadora horizontal a contracorriente (Z4E-3/441g TRICANTER®). La unidad 50 de separación trifásica funciona a una velocidad de cuba de 3400 RPM y una velocidad de desplazamiento de 12 a 14 RPM. Los sólidos separados caen en un receptáculo 52 adecuado debajo de la unidad 50 de separación trifásica. La fase acuosa se elimina a través de un orificio 88 de salida a vacío y se canaliza al sistema 54 de drenaje. Los materiales orgánicos en la fase acuosa se recuperan usando una unidad 28 de flotación por aire disuelto. La fase orgánica separada pasa sobre un rebosadero (no mostrado) ubicado dentro de la unidad 50 de separación y se retira a través de un orificio 90 de salida por gravedad, 20 antes de ser canalizada a un depósito 56 de estabilización. La fase orgánica se transfiere luego usando una bomba 58 de desplazamiento positivo a un depósito 60 de almacenamiento a granel calentado y calorifugado equipado con un elemento 92 de calentamiento. La etapa de separación implica la separación y descarga simultáneas de una fracción sólida, una fracción líquida orgánica (fase) y una fracción líquida acuosa (fase).

La unidad 50 de separación trifásica puede usarse con las siguientes configuraciones:

25 Velocidad de la cuba: 3000 a 4000 RPM; y/o

Velocidad de desplazamiento: 10 a 20 RPM.

30 Para garantizar que la fase orgánica sea adecuada para la esterificación a alta presión/temperatura (una de las primeras etapas en la preparación del material para la producción de biodiésel), la fase orgánica se somete a una etapa de filtración final que elimina los contaminantes sólidos restantes. La fase orgánica se transfiere usando una bomba centrífuga 94 desde el depósito 60 de retención a granel (vapor entra 316, condensado sale 318) en un depósito 62 de estabilización calentado equipado con un elemento 96 de calentamiento y un mezclador 98 antes de ser bombeado usando la bomba 97 de desplazamiento positivo en el sumidero 64 de un filtro 66 de vacío rotativo (ROTAVAC®). El filtro 66 de vacío rotativo comprende una capa (o lecho) de harina de madera 68 alrededor de su circunferencia y a través de la cual se filtra la mezcla. La harina de madera 68 se mezcla inicialmente con material de 35 fase orgánica antes de ser extraída en el tambor 70 del filtro 66 de vacío rotativo. La fase orgánica se extrae del sumidero 64 a través del lecho 68 dejando atrás cualquier contaminación. Una cuchilla 72 corta continuamente en el lecho 68 exponiendo una nueva área de filtro, esto asegura que se mantenga una velocidad de filtración óptima. La mezcla se mantiene a una temperatura de 80°C durante el proceso de filtración. Sin embargo, la temperatura puede estar entre aproximadamente 75°C y aproximadamente 85°C, o entre aproximadamente 72°C y aproximadamente 40 83°C, o entre 65°C y 85°C.

El filtro 66 de vacío rotativo se puede usar con los siguientes ajustes:

Velocidad de corte: 100 a 200 micrómetros por revolución;

Harina de madera tipo/grado: fibra de celulosa 110; y/o

Velocidad de rotación: 1 a 2,5 RPM.

45 Una vez filtrada, la mezcla purificada se extrae en el depósito 74 de filtrado para su almacenamiento. La mezcla purificada se transfiere luego usando una bomba 100 de desplazamiento positivo a un depósito 76 final, equipado con un serpentín 102 de calentamiento antes de ser transferida a una planta 104 de esterificación de alta presión por medio de una bomba 106. Esta planta 104 prepara la mezcla purificada para un procesado posterior, tal como el proceso de formación de biodiésel.

50 La mezcla purificada obtenida se somete a esterificación a alta presión, que es un proceso bien conocido. En este caso, la esterificación a alta presión se lleva a cabo entre 190°C a 260°C y aproximadamente de 65 bar (6,5 MPa) a 100 bar (10 MPa) en presencia de metanol.

Los procesos de preesterificación y transesterificación descritos a continuación se basan en el uso de aproximadamente 38 toneladas de materia prima (incluidos los FFA recuperados).

Preesterificación

La preesterificación es una etapa de precondicionamiento que produce aceite utilizable para el proceso de transesterificación. Esta implica la esterificación catalizada de ácidos grasos libres (FFA) con un alcohol para proporcionar un éster de ácido graso.

- 5 Con referencia a la Figura 2, en 500 se muestra un aparato para producir biodiésel. El aparato comprende un depósito 510 de materia prima desde el cual se bombea grasa de alcantarillado, que comprende FFA y FFA recuperados de la corriente de subproductos de un proceso de producción de biodiésel anterior, a través de la bomba 520 en un primer reactor 530 de preesterificación. La cantidad total de FFA en la materia prima está normalmente entre 10% en peso y 20% en peso. En condiciones normales de funcionamiento, la cantidad combinada de FFA (es decir, cuando se combinan sebo y FFA recuperados) es del 10% en peso al 15% en peso, pero también puede ser del 13% en peso al 15% en peso. En una forma de realización, la cantidad total de FFA en la materia prima es del 14% en peso.

- 15 Se añaden entonces 100 kg de metanol (un alcohol) por tonelada de materia prima a la materia prima en el primer reactor 530 de preesterificación, seguido de la adición de ácido sulfúrico al 96% en peso (un catalizador de esterificación). Se puede usar un intervalo de metanol, que varía entre 80 kg y 120 kg por tonelada de materia prima, y generalmente entre 90 kg y 110 kg por tonelada de materia prima. La mezcla así formada se calienta luego durante al menos 90 minutos con agitación hasta una temperatura de reacción de aproximadamente 73,5°C. La temperatura puede estar entre aproximadamente 71°C y 76°C, y normalmente es entre 72°C y 75°C.

- 20 Una vez que se ha alcanzado la temperatura de reacción en el primer reactor 530 de preesterificación, la mezcla se retira y luego se devuelve al primer reactor 530 de preesterificación por recirculación de la mezcla de modo que se mantenga la temperatura de reacción. La recirculación y la reacción continúan con agitación durante aproximadamente 150 minutos, lo que garantiza que la reacción se complete. Esta mezcla así formada se deja sedimentar durante 90 minutos antes de eliminar la fase acuosa.

Una vez que se alcanza la temperatura de reacción en el primer reactor 530 de preesterificación, la materia prima se desvía a un segundo reactor 540 de preesterificación.

- 25 Se añaden entonces 100 kg de metanol (un alcohol) por tonelada de materia prima a la materia prima en el segundo reactor 540 de preesterificación, seguido de la adición de ácido sulfúrico al 96% en peso (un catalizador de esterificación). Se puede usar un intervalo de metanol, que varía entre 80 kg y 120 kg por tonelada de materia prima, y generalmente entre 90 kg y 110 kg por tonelada de materia prima. La mezcla así formada se calienta luego durante al menos 90 minutos con agitación hasta una temperatura de reacción de aproximadamente 73,5°C. La temperatura puede estar entre aproximadamente 71°C y 76°C, y normalmente es entre 72°C y 75°C.

- 30 Una vez que se ha alcanzado la temperatura de reacción en el segundo reactor 540 de preesterificación, la mezcla se retira y luego se devuelve al segundo reactor 540 de preesterificación por recirculación de la mezcla de modo que se mantenga la temperatura de reacción. La recirculación y la reacción continúan con agitación durante aproximadamente 150 minutos, lo que garantiza que la reacción se complete. Esta mezcla así formada se deja sedimentar durante 90 minutos antes de retirar la fase acuosa.

La cantidad de catalizador de preesterificación utilizada es de aproximadamente 26 kg de catalizador por % en peso de FFA a aproximadamente 32 kg de catalizador por % en peso de FFA.

- 35 La calidad de la materia prima puede diferir en el día a día, lo que puede tener un impacto significativo en las siguientes etapas del proceso de producción de biodiésel en la medida en que en procesos conocidos anteriores tales etapas pueden no ser viables. Por ejemplo, si hay demasiadas impurezas presentes, esto puede evitar que se separen diferentes fases y/o esto puede conducir a un producto final de muy baja calidad.

- 40 Por lo tanto, deben tenerse en cuenta las fluctuaciones en el contenido de FFA para establecer la cantidad de catalizador que se requiere para conseguir una materia prima adecuada para su posterior procesado (es decir, adecuada para la transesterificación). Un punto final adecuado puede ser cuando la cantidad total de FFA en la mezcla se reduce al 3% en peso o menos. Los inventores han descubierto que un intervalo de catalizador de preesterificación de aproximadamente 26 kg de catalizador por % en peso de FFA a aproximadamente 32 kg de catalizador por % en peso de FFA permite que tenga lugar una preesterificación exitosa.

- 45 El proceso de preesterificación descrito anteriormente permite que dos reacciones de preesterificación tengan lugar al menos en parte simultáneamente. En particular, una vez que el contenido de un reactor de preesterificación alcanza la temperatura de reacción, se retira la entrada de calor. A continuación, se recircula el contenido del reactor de preesterificación, permitiendo el calor residual generado por la reacción que la reacción continúe hasta su finalización sin que se aplique más calor externo. La retirada de la entrada de calor de un reactor de preesterificación permite que se inicie una reacción adicional en otro reactor de preesterificación separado casi de inmediato. Estas mejoras reducen el tiempo necesario para el proceso de preesterificación en al menos 120 minutos, en comparación con el uso de un solo reactor de preesterificación de tamaño equivalente. Por lo tanto, el proceso descrito proporciona una mejora significativa en la velocidad de producción. Además, el proceso descrito utiliza menos energía que los procesos de

preesterificación conocidos, debido al uso del calor residual de reacción y la recirculación de la mezcla de reacción para mantener la temperatura de reacción.

Transesterificación

5 El proceso de transesterificación intercambia el grupo R en un éster por el grupo R de un alcohol. En el proceso de producción de biodiésel se usa para convertir triglicéridos en ésteres metílicos de ácidos grasos.

Con referencia una vez más a la Figura 2, la mezcla de los reactores 530, 540 de preesterificación se transfiere a un reactor de transesterificación 550 (recipiente de reacción). La mezcla en el reactor 550 de transesterificación se agita y se añade éster metílico recuperado. El éster metílico recuperado se obtiene más adelante en el proceso a partir de la separación y purificación de los subproductos.

10 Se añaden 2900 kg de metóxido de potasio y 2500 kg de metanol a la mezcla en el reactor 550 de transesterificación, y la temperatura de reacción se ajusta a aproximadamente 55°C. La cantidad de metanol puede variar entre aproximadamente 2000 kg y 3000 kg. La cantidad de metóxido de potasio utilizada anteriormente se basa en un 2% en peso de FFA en la mezcla. Sin embargo, la cantidad utilizada puede estar entre 1100 kg por % en peso de FFA y 1500 kg por % en peso de FFA, normalmente 1150 kg por % en peso de FFA y 1450 kg por % en peso de FFA.

15 Además, la temperatura de reacción es una temperatura de reacción para la transesterificación y puede estar entre aproximadamente 48°C y aproximadamente 62°C, y típicamente está entre aproximadamente 52°C y aproximadamente 58°C.

20 Cuando el catalizador es metóxido en metanol, la cantidad de metóxido es del 12% al 14% en peso de metóxido, típicamente del 12,5% en peso al 13% en peso de metóxido. Las condiciones descritas anteriormente son condiciones de transesterificación y, específicamente, se usan para transesterificar los triglicéridos en la mezcla.

El uso de las cantidades de metóxido de potasio indicadas garantiza que el mecanismo de reacción se lleva hasta su finalización, es decir, se forma éster metílico y se elimina el glicerol. Aunque en este ejemplo se usa un catalizador de metóxido de potasio y metanol en exceso, se pueden usar otros metóxidos adecuados tales como, por ejemplo, metóxido de sodio.

25 A continuación, se lleva a cabo una segunda transesterificación en el reactor 550 de transesterificación usando una cantidad menor de catalizador de metóxido de potasio (aproximadamente 600 kg) y metanol (aproximadamente 1000 kg). La cantidad de catalizador de metóxido de potasio puede estar entre aproximadamente 550 kg y aproximadamente 650 kg. La cantidad de metanol puede estar entre aproximadamente 900 kg y aproximadamente 1100 kg. La segunda reacción de transesterificación garantiza que sustancialmente todos los triglicéridos en la mezcla se conviertan en ésteres, y que se elimine sustancialmente todo el glicerol.

30

La temperatura de reacción se ajusta a aproximadamente 55°C, y la reacción se ejecuta durante aproximadamente 300 minutos. La temperatura de reacción es una temperatura de reacción para la transesterificación y puede estar entre aproximadamente 48°C y aproximadamente 62°C, y típicamente está entre aproximadamente 52°C y aproximadamente 58°C.

35 Se puede usar una etapa de separación opcional para ayudar a la sedimentación, particularmente si las fases acuosa y no acuosa de la mezcla resultan difíciles o requieren mucho tiempo para separarse. La etapa de separación implica pulverizar una solución acuosa que comprende 1000 kg de agua reciclada y 10 kg a 18 kg de ácido fosfórico al 75% en peso sobre la superficie de la mezcla en el reactor 550 de transesterificación a una temperatura de aproximadamente 70°C. La temperatura puede estar entre aproximadamente 60°C y aproximadamente 80°C. La solución ácida se filtra a través de la mezcla y el contenido del reactor 550 de transesterificación se deja sedimentar durante 60 minutos antes de que la fase acuosa así formada se descargue en un depósito 590 de recogida de la fase de glicerina (acuosa). Este proceso retira las impurezas y posibilita una mejor separación de jabones.

40

45 En base a las cantidades indicadas anteriormente, la solución ácida utilizada en la etapa de separación es de 1,0% en peso de ácido a 1,8% en peso de ácido, pero puede ser de 1,2% en peso de ácido a 1,6% en peso de ácido, típicamente 1,4% en peso de ácido.

La mezcla, todavía en el depósito 550 de transesterificación, se somete seguidamente a una primera etapa de purificación (lavado). La primera etapa de purificación implica añadir aproximadamente 500 kg de agua a la mezcla y agitar mecánicamente la mezcla combinada con el agua, antes de dejar sedimentar durante aproximadamente 100 minutos. La cantidad de agua utilizada puede variar entre 400 kg y 600 kg. A continuación se pulveriza sobre la superficie de la mezcla una solución acuosa que comprende 250 kg (se pueden usar de 150 kg a 350 kg) de agua reciclada a una temperatura de 70°C (se puede usar una temperatura de 60°C a 80°C) en el reactor 550 de transesterificación antes de dejar sedimentar durante aproximadamente 140 minutos. El agua se filtra a través de la mezcla y el contenido del reactor 550 de transesterificación se deja sedimentar durante 60 minutos antes de que la fase acuosa así formada se descargue en un depósito 590 de recogida de la fase de glicerina (acuoso).

50

55 La mezcla, todavía en el depósito 550 de transesterificación, se somete luego a una segunda etapa de purificación (lavado). La segunda purificación implica la pulverización de una solución acuosa que comprende 1000 kg de agua

calentada (reciclada) y 14 kg de ácido fosfórico al 75% en peso sobre la superficie de la mezcla en el reactor 550 de transesterificación. La temperatura de la solución es 70°C (se puede usar una temperatura de 60°C a 80°C). La solución ácida se filtra a través de la mezcla y el contenido del reactor 550 de transesterificación se deja sedimentar durante 60 minutos antes de que la fase acuosa así formada se descargue en un depósito 590 de recogida de la fase de glicerina (acuoso). Este proceso retira las impurezas y neutraliza jabones de potasio residuales.

Según las cantidades indicadas anteriormente, la solución ácida utilizada en la segunda etapa de purificación (lavado) es de 0,8% en peso de ácido a 1,6% en peso de ácido, pero puede ser de 1,0% en peso de ácido a 1,4% en peso de ácido, típicamente 1,2 % en peso de ácido.

Se aplica una (tercera) etapa adicional de purificación (lavado) a la mezcla en el reactor 550 de transesterificación. La tercera etapa de purificación implica la pulverización de una solución acuosa que comprende de 500 a 1000 kg de agua reciclada a una temperatura de 70°C (una temperatura de 60°C a 80°C) en la superficie de la mezcla en el reactor 550 de transesterificación. El agua se filtra a través de la mezcla y el contenido del reactor 550 de transesterificación se deja sedimentar durante 60 minutos antes de la fase acuosa así formada se descargue en un depósito 590 de recogida de la fase de glicerina (acuosa). Este tercer proceso de purificación garantiza que la gran mayoría de las impurezas, los glicéridos libres y los jabones se eliminen antes de la fase no acuosa de la mezcla (que es ahora biodiésel bruto) que entra en un recipiente 560 de evaporación instantánea.

La filtración de las soluciones acuosas a través de la mezcla en el reactor 550 de transesterificación facilita la eliminación de impurezas de la mezcla. Las impurezas eliminadas incluyen, por ejemplo, lo siguiente: glicéridos, glicerol, metanol, agua, sales, ácidos, bases, compuestos volátiles condensados y jabones.

Dependiendo del material de materia prima utilizado, se requieren algunas o todas las etapas de separación/purificación descritas anteriormente. Las etapas de separación/purificación garantizan que el proceso no sea excesivamente largo. Por ejemplo, en procesos conocidos anteriores pueden encontrarse problemas de sedimentación, que pueden conducir a tiempos de espera excesivos para la separación de las fases acuosa y no acuosa. La etapa de separación descrita anteriormente ayuda a superar tales problemas de sedimentación en caso de que ocurran. En general, las etapas de separación/purificación (lavado) descritas pueden reducir en aproximadamente 5 horas el tiempo necesario para obtener biodiésel bruto del proceso de transesterificación.

La mezcla de biodiésel bruto obtenida de las etapas de separación/purificación se proporciona al recipiente 560 de evaporación instantánea, donde el biodiésel bruto (mezcla de éster metílico de ácido graso) se trata con vapor (inyección de vapor) a vacío para eliminar agua, compuestos volátiles y glicéridos libres, todo lo cual puede afectar la calidad final o el funcionamiento del sistema de vacío en la etapa de destilación que sigue.

Desde el recipiente 560 de evaporación instantánea, la mezcla se transfiere a un aparato 570 de destilación, donde las impurezas restantes (tales como glicéridos, agua y azufre o materiales que contienen azufre) se eliminan a vacío, ajustándose la presión a de aproximadamente 0,1 milibares (10 Pa) a aproximadamente 3 milibares (300 Pa).

La destilación tiene lugar en dos etapas. La primera etapa tiene las siguientes condiciones. Se inyecta vapor a una presión de aproximadamente 3,5 bares (350 kPa) a aproximadamente 9 bares (900 kPa).

La segunda etapa tiene las siguientes condiciones. Se inyecta vapor a una presión de aproximadamente 4,5 bar (450 kPa) a aproximadamente 11 bar (1100 kPa).

El producto producido a partir del aparato de destilación es biodiésel purificado, que se transfiere al depósito 580 de biodiésel.

El biodiésel purificado puede usarse como combustible, o puede mezclarse con otros productos para producir un combustible.

Las impurezas se eliminan periódicamente del proceso. Por ejemplo, la fase acuosa (que contiene glicerina) de la transesterificación se separa periódicamente en el depósito 590 de la fase de glicerina. Esta fase acuosa puede contener glicerol, metanol, agua, sales, ácidos, bases, compuestos volátiles condensados y jabones, por ejemplo.

La fase acuosa se transfiere adicionalmente a un depósito 610 de acidulación al cual se añade el residuo acuoso ácido. La fase acuosa se separa luego en FFA recuperados (depósito 620 de FFA recuperado), sulfato de potasio (depósito 630 de sulfato de potasio) y glicerina/metanol (depósito 640 de glicerina/metanol). El metanol de la glicerina se separa adicionalmente en glicerina purificada (depósito 650 de glicerina purificada) y metanol recuperado (depósito 660 de metanol recuperado). Los materiales aislados de las impurezas pueden reutilizarse en un proceso posterior para producir biodiésel.

Ejemplos

Se analizaron varias partes alícuotas de biodiésel derivado de grasa de alcantarilla preparada mediante el proceso anterior para determinar sus componentes químicos y se probaron sus propiedades físicas. En particular, se analizó el contenido de éster metílico. Los resultados se ilustran a continuación en la Tabla 1 y la Tabla 2.

Parámetro del combustible	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3
Contenido en éster (% en peso)	99	98	98,5
Índice de yodo	65	75	70
Índice de cetano	60	65	62,5
Punto de obstrucción del filtro en frío (°C)	5	1	3
Densidad (kgm ⁻³)	875	865	870
Viscosidad cinemática (mm ² s ⁻¹)	4,2	4,6	4,4
Monoglicéridos (% en peso)	0,1065	0,1167	0,1116
Monoglicéridos saturados (% en peso)	0,0376	0,0463	0,0419

Tabla 1 - Propiedades físicas y químicas de Biodiésel Derivado de Grasa de Alcantarillado

Las propiedades físicas y químicas del biodiésel derivado de grasa de alcantarillado, y el sebo y los biodiésel derivados de aceite de cocina usados, se determinaron según las Normas Europeas disponibles ("EN") o Métodos Internacionales de Prueba de Petróleo ("IP"). Se utilizaron las siguientes normas y métodos de prueba:

- 5 i. Determinación del contenido de éster: EN 14103
 ii. Determinación del índice de yodo: EN 14111
 iii) Determinación del índice de cetano: IP 498
 iv. Determinación del punto de obstrucción del filtro en frío: EN 116
 v. Determinación de la densidad: EN ISO 3675
- 10 vi. Determinación de la viscosidad cinemática: ISO 3104 y
 vii. Determinación del contenido de glicéridos: EN 14105.

Éster metílico	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Promedio
octadecanoato de metilo (éster metílico del ácido esteárico/estearato de metilo)	7	10,5	8,75
heptadecanoato de metilo (éster metílico del ácido heptadecanoico/margarato de metilo)	0,5	1,9	1,2
tetradecanoato de metilo en peso (éster metílico del ácido mirístico/miristato de metilo)	2,9	2,4	2,65
hexadecanoato de metilo (éster metílico del ácido palmítico/palmitato de metilo)	22,7	24,4	23,55
<i>cis</i> -9-hexadecenoato de metilo (éster metílico del ácido palmitoleico/palmitoleato de metilo)	1,5	2,1	1,8
<i>cis</i> -9-octadecenoato de metilo (éster metílico del ácido oleico/oleato de metilo)	39	41	40
<i>cis,cis</i> -9,12-octadecadienoato de metilo (éster metílico del ácido linoleico/linoleato de metilo)	20	15	17,5
<i>cis,cis,cis</i> -9,12,15-octadecatrienoato de metilo (éster metílico del ácido linolénico/linolenato de metilo)	3	2	2,5
eicosanoato de metilo (éster metílico del ácido	0,17	0,2	0,185

araquídico/araquidato de metilo)			
<i>cis</i> -9-eicosenoato de metilo (éster metílico del ácido gadoleico/gadoleato de metilo)	0,6	0,4	0,5
docosanoato de metilo (éster metílico del ácido behénico/behenato de metilo)	0,07	0,03	0,5
<i>cis</i> -13-docosenoato de metilo (éster metílico del ácido erúcico/erucato de metilo)	0,04	0,07	0,55
tetracosanoato de metilo (éster metílico del ácido lignocérico/lignocerato de metilo)	0,28	0,3	0,29
<i>cis</i> -15-tetracosenoato de metilo (éster metílico del ácido nervónico/nervonato de metilo)	0,04	0,08	0,06

Tabla 2 - Ésteres metílicos en biodiésel derivado de grasa de alcantarillado (% en peso)

Como se señaló anteriormente, el contenido de éster del biodiésel derivado de grasa de alcantarillado (y el biodiésel derivado de sebo y aceite de cocina usado) se determinó utilizando la Norma Europea EN 14103.

5 El biodiésel derivado de grasa de alcantarillado se comparó con otras muestras de biodiésel que se prepararon a partir de grasa animal (sebo) o aceite de cocina usado (UCO). Los resultados se ilustran en la Tabla 3 y la Tabla 4.

Parámetro del combustible	SG	Sebo	UCO
Contenido en éster (% en peso)	98,5	99,6	99,1
Índice de yodo	70	44	73
Índice de cetano	62,5	59,9	56,7
Punto de obstrucción del filtro en frío (°C)	3	11	6
Densidad (kgm ⁻³)	870	878	877
Viscosidad cinemática (mm ² s ⁻¹)	4,4	4,6	4,4

Tabla 3 - Propiedades físicas de biodiésel derivado de grasa de alcantarillado (SG), sebo y aceite de cocina usado (UCO)

Éster metílico	SG	Sebo	UCO
octadecanoato de metilo (éster metílico del ácido esteárico/estearato de metilo)	8,75	19,11	11,41
heptadecanoato de metilo (éster metílico del ácido heptadecanoico/margarato de metilo)	1,2	5,9	3,5
tetradecanoato de metilo en peso (éster metílico del ácido mirístico/miristato de metilo)	2,65	2,64	1,53
hexadecanoato de metilo (éster metílico del ácido palmítico/palmitato de metilo)	23,55	24,75	20,02
<i>cis</i> -9-hexadecenoato de metilo (éster metílico del ácido palmitoleico/palmitoleato de metilo)	1,8	2,45	1,29
<i>cis</i> -9-octadecenoato de metilo (éster metílico del ácido oleico/oleato de metilo)	40	36,03	40,25
<i>cis,cis</i> -9,12-octadecadienoato de metilo (éster metílico del ácido linoleico/linoleato de metilo)	17,5	6,42	18,42

ES 2 791 274 T3

<i>cis,cis,cis</i> -9,12,15-octadecatrienoato de metilo (éster metílico del ácido linolénico/linolenato de metilo)	2,5	1,02	2,7
eicosanoato de metilo (éster metílico del ácido araquídico/araquidato de metilo)	0,185	0,18	0,25
<i>cis</i> -9-eicosenoato de metilo (éster metílico del ácido gadoleico/gadoleato de metilo)	0,5	0,24	0,32
docosanoato de metilo (éster metílico del ácido behénico/behenato de metilo)	0,5	0,11	0,04
<i>cis</i> -13-docosenoato de metilo (éster metílico del ácido erúcico/erucato de metilo)	0,55	0,19	0,07
tetracosanoato de metilo (éster metílico del ácido lignocérico/lignocerato de metilo)	0,29	0,2	0,025
<i>cis</i> -15-tetracosenoato de metilo (éster metílico del ácido nervónico/nervonato de metilo)	0,06	0,15	0,06

Tabla 4 - Ésteres metílicos en biodiésel derivado de grasa de alcantarillado (SG), sebo y aceite de cocina usado (UCO) (% en peso)

En otros ejemplos, el biodiésel de la presente invención se mezcla con diésel derivado del petróleo para proporcionar una mezcla de combustible. Se dan ejemplos en la Tabla 5.

Mezcla	Biodiésel de SG (% en volumen)	Biodiésel de Petróleo (% en volumen)
B5	5	95
B10	10	90
B15	15	85
B20	20	80
B25	25	75
B30	30	70
B35	35	65
B40	40	60
B45	45	55
B50	50	50
B55	55	45
B60	60	40
B65	65	35
B70	70	30
B75	75	25
B80	80	20
B85	85	15

B90	90	10
B95	95	5

Tabla 5 - Mezclas de combustible que comprende biodiésel derivado de grasa de alcantarillado (SG) y diésel de petróleo (% en volumen)

5 El biodiésel derivado de la grasa de alcantarillado es al menos tan bueno como los biodiésel disponibles actualmente y, en muchos aspectos, ofrece una serie de ventajas potenciales sobre los productos de biodiésel actualmente en el mercado. Por ejemplo, la composición de biodiésel de la presente invención tiene un índice de cetano relativamente alto. Como se ha descrito anteriormente, el índice de cetano es una característica importante que indica la calidad de ignición de los combustibles diésel. Mayores índices de cetano significan solo un breve retraso entre la inyección de combustible y el encendido, lo que garantiza un buen arranque en frío y un funcionamiento suave del motor. Los combustibles con un bajo índice de cetano tienden a causar "detonaciones" y muestran mayores emisiones de gases y partículas en los gases de escape debido a una combustión incompleta. El índice de cetano mínimo actual para un combustible diésel es 51.

10 El punto de obstrucción del filtro en frío es la temperatura a la cual un biodiésel ya no pasará por un cierto grado de filtro. Un elevado punto de obstrucción del filtro en frío puede evitar que se use combustible a temperaturas más bajas. Sorprendentemente, la composición de biodiésel de la presente invención tiene un punto de obstrucción del filtro en frío relativamente bajo, lo cual es particularmente inusual para un biodiésel que tiene un índice de cetano relativamente alto. Por ejemplo, el biodiésel derivado de sebo tiene un índice de cetano relativamente alto, pero también tiene un punto de obstrucción del filtro en frío relativamente alto, lo que significa que el biodiésel derivado de sebo no siempre es adecuado para su uso en condiciones más frías. Por lo tanto, el punto de obstrucción del filtro en frío relativamente bajo y el índice de cetano relativamente alto del biodiésel de la presente invención es inusual, inesperado y ventajoso. Sin desear limitarse a la teoría, se cree que el punto de obstrucción del filtro en frío puede atribuirse al perfil de ésteres de un combustible biodiésel.

15 Además de lo anterior, la densidad de la composición de biodiésel de la presente invención es relativamente baja. Esto es ventajoso ya que permite añadir más biodiésel a mezclas de combustible que tienen una densidad máxima permitida. Por ejemplo, a menudo se establecen límites de densidad en combustibles mezclados (es decir, combustibles que contienen biodiésel y diésel de petróleo). Estos límites de densidad se basan en el promedio ponderado del biodiésel y el diésel de petróleo. En tales circunstancias, cuanto menor sea la densidad del biodiésel, mayor será el volumen de biodiésel que se puede añadir mientras que todavía permanece dentro de los límites de densidad establecidos.

20 Sin desear limitarse a la teoría, se cree que el perfil único de la composición de biodiésel derivado de la grasa de alcantarillado proporciona estas propiedades ventajosas. En particular, y como se puede ver en las Tablas 1 y 3, la composición de biodiésel derivado de la grasa de alcantarillado tiene una cantidad menor de octadecanoato de metilo (éster metílico de ácido esteárico/estearato de metilo) que el biodiésel obtenido de sebo o aceite de cocina usado. Nuevamente, sin querer limitarse a la teoría, se cree que esto puede proporcionar los efectos inesperados y beneficiosos observados y descritos anteriormente. En particular, es inusual e inesperado que tenga una cantidad relativamente baja de octadecanoato de metilo (éster metílico de ácido esteárico/estearato de metilo) y un índice de cetano relativamente alto.

25 Nuevamente, sin desear limitarse a la teoría, otra diferencia apreciada entre la composición de biodiésel derivado de la grasa de alcantarillado y el biodiésel obtenido de sebo o aceite de cocina usado es la menor cantidad de heptadecanoato de metilo (éster metílico de ácido heptadecanoico/margarato de metilo) en la composición de biodiésel derivado de la grasa de alcantarillado. Otras diferencias entre las composiciones son evidentes de las Tablas 1 y 3 en particular.

30 Una ventaja adicional de la composición de biodiésel de la presente invención es que proporciona un biodiésel que se puede usar como combustible y/o como parte de una mezcla de combustible, y que se deriva de un material de partida que de otro modo sería un material de desecho. Este es el caso independientemente de si el biodiésel de la presente invención tiene propiedades físicas mejoradas sobre biodiésel conocidos. Por ejemplo, si el biodiésel de la presente invención fuera idéntico o similar en propiedades físicas a los biodiésel conocidos, aún sería ventajoso dada la impureza y el bajo costo del material de partida.

35 Los procesos mejorados que se describen en el presente documento permiten el uso de materias primas impuras y de baja calidad para producir biodiésel de alta calidad. Hasta la fecha, ha sido impracticable utilizar tales materias primas como fuente de grasas y aceites (y grasas de cocina) para producir combustibles como el biodiésel.

5 Además, los procesos mejorados que se describen en el presente documento permiten una reducción en el tiempo de producción para la producción de biodiésel a partir de una materia prima. Esto da como resultado una mayor cantidad de producción de biodiésel, lo cual es beneficioso. Por ejemplo, los presentes inventores han descubierto que sus procesos mejorados permiten la producción de biodiésel en aproximadamente 7 a 8 horas menos que el tiempo empleado en los procesos existentes. Para la instalación actual utilizada por los inventores, esto representa 38 toneladas adicionales de biodiésel producido en un período de 24 horas.

REIVINDICACIONES

1. Una composición de biodiésel que comprende una mezcla de ésteres, en donde la mezcla de ésteres comprende de 7% en peso a 10,5% en peso de octadecanoato de metilo, y de 39% en peso a 41% en peso de *cis*-9-octadecenoato de metilo.
- 5 2. Una composición de biodiésel según la reivindicación 1, en donde la mezcla de ésteres comprende de 0,5% en peso a 1,9% en peso de heptadecanoato de metilo.
3. Una composición de biodiésel según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde la mezcla de ésteres comprende de 2,4% en peso a 2,9% en peso de tetradecanoato de metilo.
- 10 4. Una composición de biodiésel según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la mezcla de ésteres comprende de 22,7% en peso a 24,4% en peso de hexadecanoato de metilo.
5. Una composición de biodiésel según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la mezcla de ésteres comprende de 1,5% en peso a 2,1% en peso de *cis*-9-hexadecenoato de metilo.
6. Una composición de biodiésel según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la mezcla de ésteres comprende de 15% en peso a 20% en peso de *cis,cis*-9,12-octadecadienoato de metilo.
- 15 7. Una composición de biodiésel según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la mezcla de ésteres comprende de 2% en peso a 3% en peso de *cis,cis,cis*-9,12,15-octadecatrienoato de metilo.
8. Una composición de biodiésel según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición comprende un índice de cetano de 60 a 65.
- 20 9. Una composición de biodiésel según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición comprende un punto de obstrucción del filtro en frío de 1°C a 5°C.
10. Una composición de biodiésel según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición comprende una densidad de 865 kgm⁻³ a 875 kgm⁻³.
11. Una composición de biodiésel según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición de biodiésel se obtiene de una mezcla que comprende grasa, aceite y/o grasa de cocina.
- 25 12. Una composición de biodiésel según la reivindicación 11, en donde la grasa, el aceite y/o la grasa de cocina se obtienen de las aguas residuales.
13. Una composición de biodiésel según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición comprende de 98% en peso a 99% en peso de mezcla de ésteres.
14. Un combustible que comprende la composición de biodiésel de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.
- 30 15. Una mezcla de combustible que comprende de 5% en volumen a 95% en volumen de la composición de biodiésel de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 y de 5% en volumen a 95% en volumen de un diésel de petróleo.

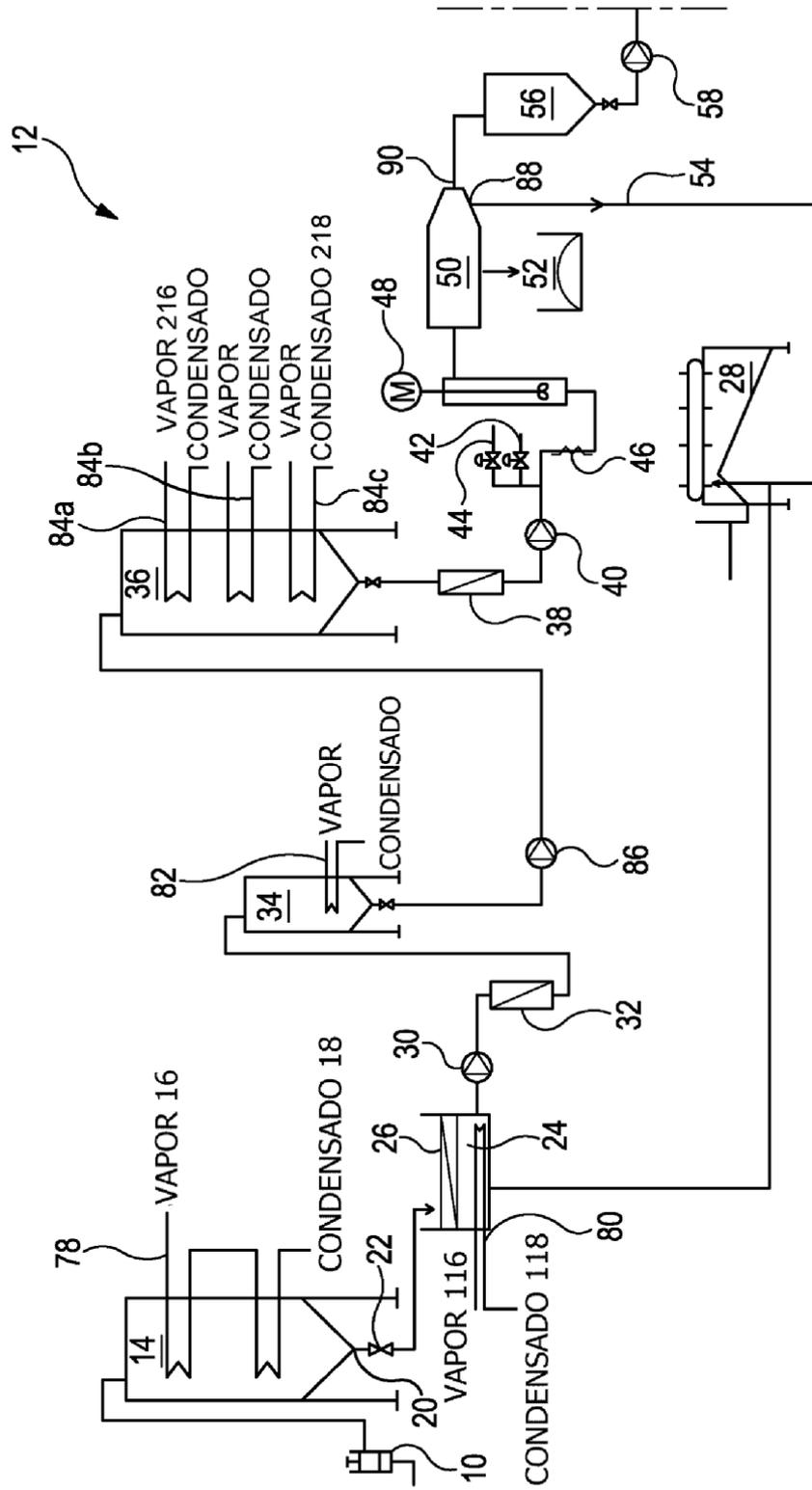


Figura 1

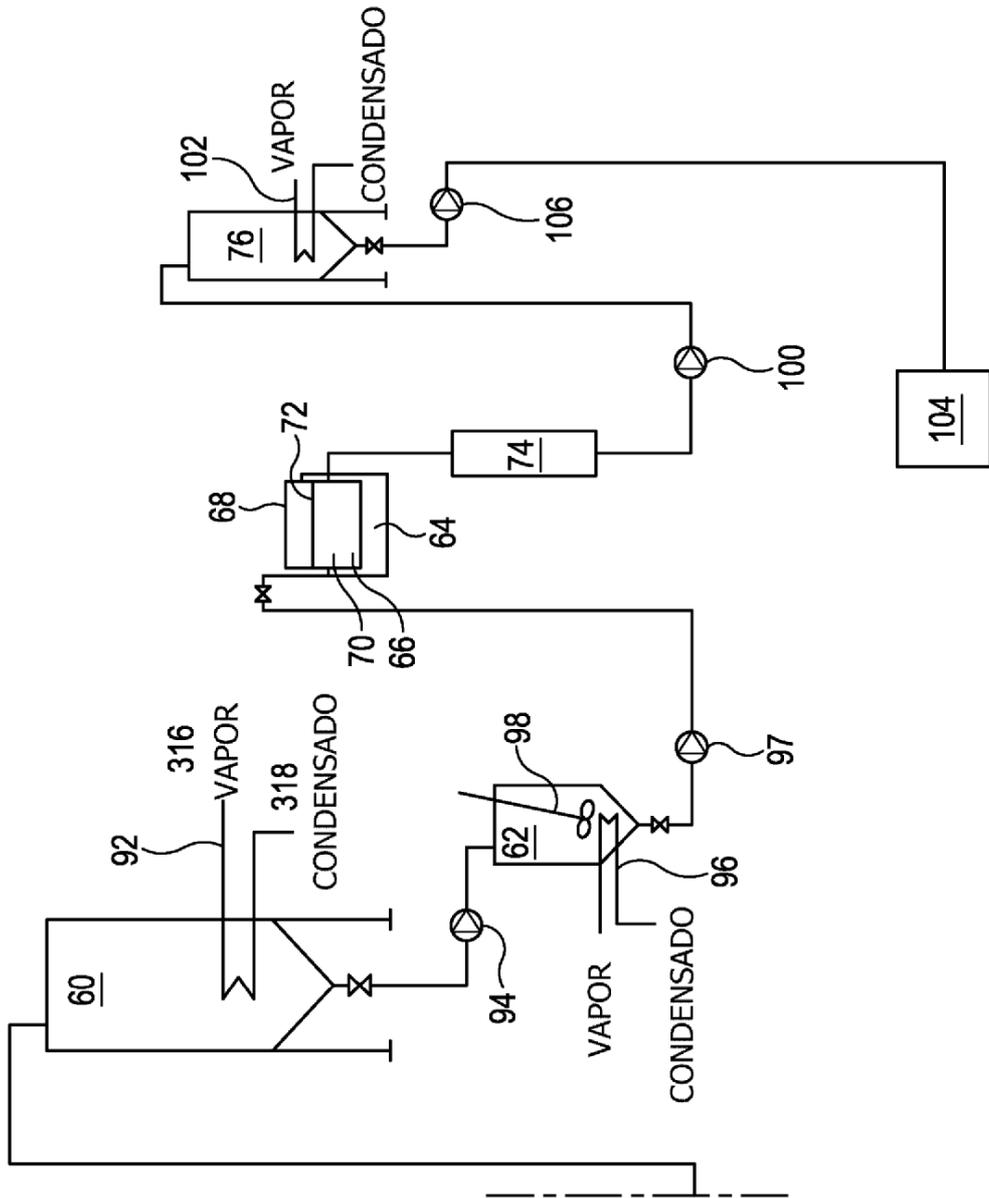


Figura 1 (continuación)

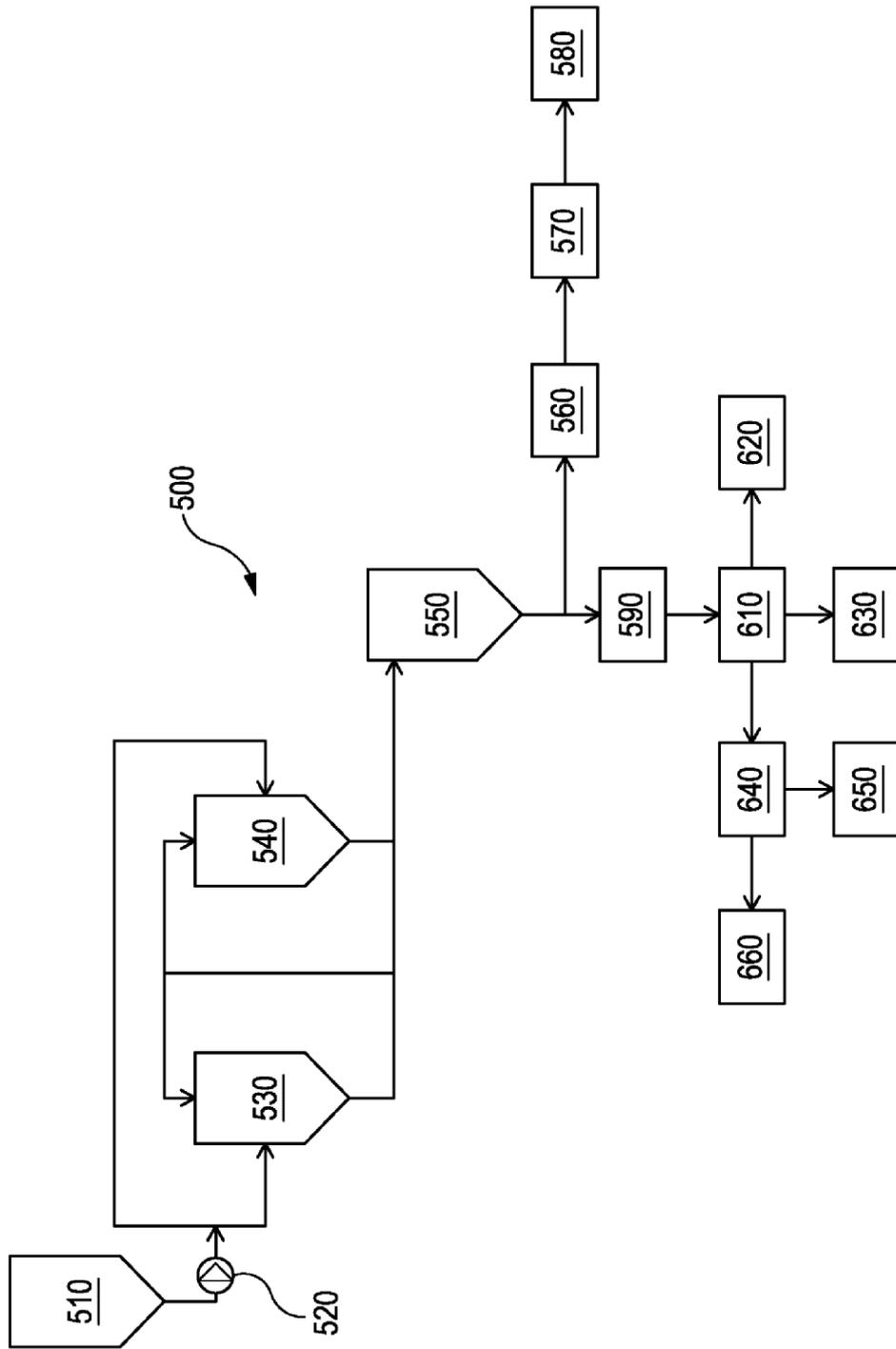


Figura 2

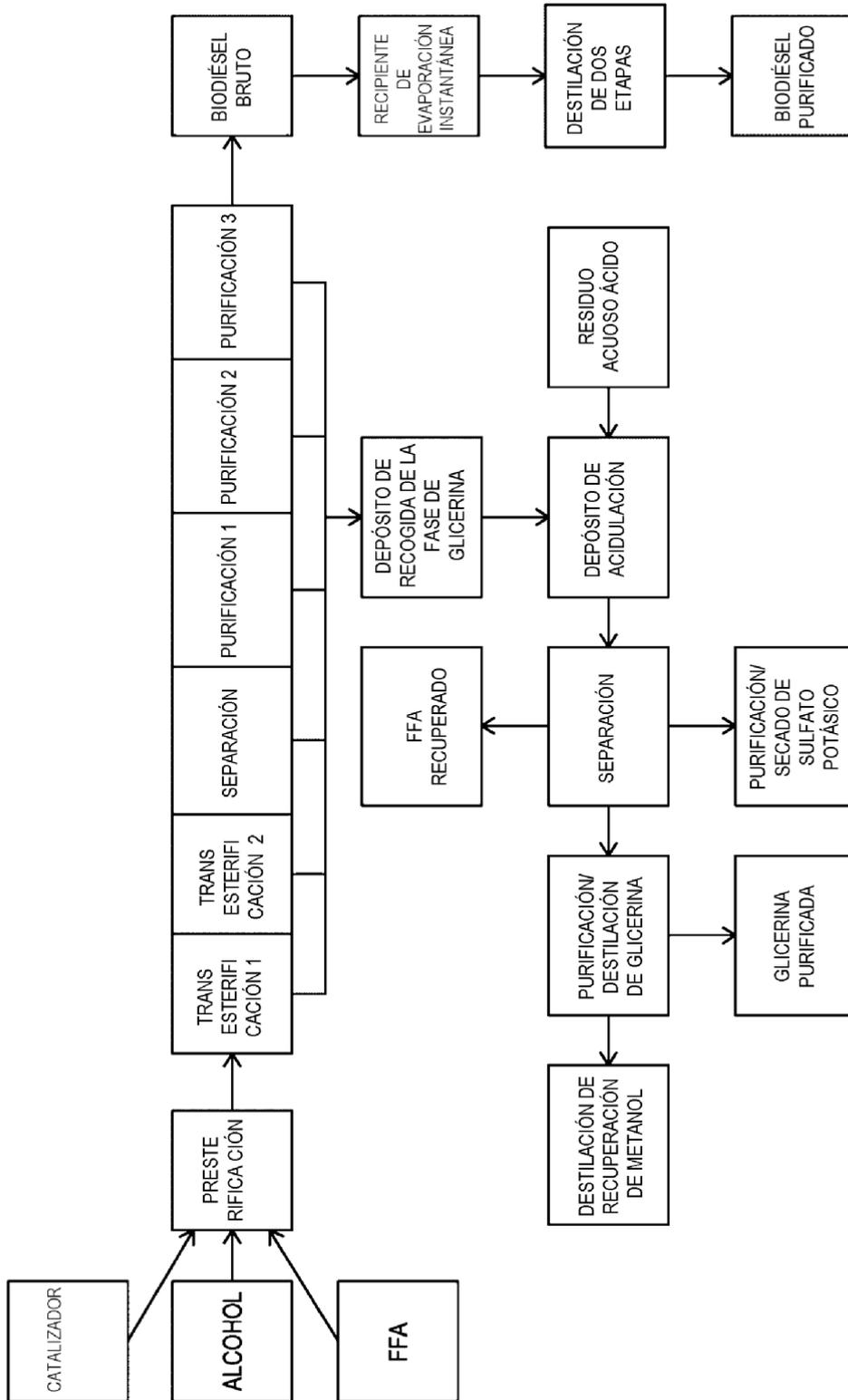


Figura 3