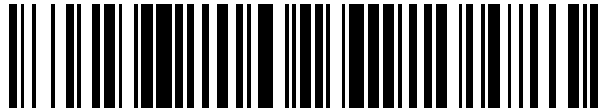


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 862 578**

51 Int. Cl.:

C10G 29/04 (2006.01)

B01J 19/00 (2006.01)

C07C 7/00 (2006.01)

C10G 75/02 (2006.01)

C10G 32/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2012 PCT/US2012/065670**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.05.2013 WO13075021**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2012 E 12849838 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.03.2021 EP 2780434**

54 Título: **Método para mejorar las materias primas petrolíferas utilizando una membrana conductora de metales alcalinos**

30 Prioridad:

16.11.2011 US 201161560653 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.10.2021

73 Titular/es:

**ENLIGHTEN INNOVATIONS INC (100.0%)
Suite 201, 1100 1st St. SE
Calgary, Alberta T2G, 1B1, CA**

72 Inventor/es:

**GORDON, JOHN HOWARD y
ALVARE, JAVIER**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 862 578 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

Método para mejorar las materias primas petrolíferas utilizando una membrana conductora de metales alcalinos

Campo técnico

5 La presente descripción se refiere a un proceso para eliminar el nitrógeno, el azufre, los metales pesados y los protones ácidos del petróleo de esquisto, del betún, del petróleo pesado y de los flujos de las refinerías de petróleo que contienen azufre, nitrógeno y metales, de modo que estos materiales puedan utilizarse como combustibles de hidrocarburos. Más específicamente, la presente divulgación se refiere a la eliminación de nitrógeno, azufre, metales pesados y protones ácidos del petróleo de esquisto, del betún, del petróleo pesado, o de los flujos de las refinerías de petróleo, mientras que al mismo tiempo, se mejoran estos materiales para tener una mayor relación de hidrógeno a carbono.

Antecedentes

La solicitud de patente de EE.UU. nº de serie 12/916.984 ha sido publicada como la publicación nº 2011/0100874 de solicitud de patente de EE.UU. Esta solicitud publicada se denominará en el presente documento "solicitud '874".

15 La demanda de energía (y de los hidrocarburos de los que se obtiene esa energía) aumenta continuamente. Sin embargo, las materias primas de hidrocarburos utilizadas para proporcionar esta energía suelen contener azufre y metales difíciles de eliminar. Por ejemplo, el azufre puede provocar la contaminación del aire y envenenar los catalizadores diseñados para eliminar los hidrocarburos y el óxido de nitrógeno de los gases de escape de los vehículos de motor, lo que obliga a realizar costosos procesos para eliminar el azufre de las materias primas de los hidrocarburos antes de permitir su uso como combustible. Además, en las materias primas de los hidrocarburos se encuentran metales (tales como los metales pesados). Estos metales pesados pueden envenenar los catalizadores que se utilizan normalmente para eliminar el azufre de los hidrocarburos. Para eliminar estos metales, es necesario un mayor procesamiento de los hidrocarburos, lo que aumenta aún más los gastos.

25 En la actualidad, hay una continua búsqueda de nuevas fuentes de energía para reducir la dependencia de Estados Unidos del petróleo extranjero. Se ha planteado la hipótesis de que las extensas reservas de petróleo de esquisto, que constituye el petróleo de retorta a partir de los minerales de esquisto bituminoso, desempeñarán un papel cada vez más importante para satisfacer las futuras necesidades energéticas de este país. En Estados Unidos existe más de un billón de barriles de reservas de petróleo de esquisto utilizables en una zona relativamente pequeña conocida como la formación Green River, situada en Colorado, Utah y Wyoming. A medida que aumenta el precio del crudo, estos recursos de petróleo de esquisto se vuelven más atractivos como fuente de energía alternativa. Para utilizar este recurso, hay que resolver cuestiones técnicas específicas que permitan utilizar estas reservas de petróleo de esquisto, de forma rentable, como combustible de hidrocarburos. Uno de los problemas asociados a estos materiales es que contienen un nivel relativamente alto de nitrógeno, azufre y metales, que deben eliminarse para que este petróleo de esquisto funcione correctamente como combustible de hidrocarburos.

35 Otros ejemplos de potenciales combustibles de hidrocarburos que también requieren la eliminación de azufre, nitrógeno o metales pesados son el betún (que existe en amplias cantidades en Alberta, Canadá) y los aceites pesados (tales como los que se encuentran en Venezuela).

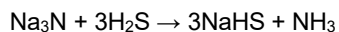
40 El alto nivel de nitrógeno, azufre y metales pesados en el petróleo de esquisto, el betún y el petróleo pesado (que pueden denominarse colectiva o individualmente "materia prima petrolífera") dificulta el procesamiento de estos materiales. Normalmente, estos materiales de materia prima petrolífera se refinan para eliminar el azufre, el nitrógeno y los metales pesados mediante un proceso conocido como "hidrotratamiento".

El hidrotratamiento puede realizarse tratando el material con gas hidrógeno a una temperatura y presión elevadas utilizando catalizadores tales como el Co-Mo/Al₂O₃ o el Ni-Mo/Al₂O₃.

En la presente invención, la materia prima petrolífera se mezcla con un metal alcalino (tal como el sodio) y con gas de hidrógeno.

45 Esta mezcla se hace reaccionar a una presión moderada (y normalmente a una temperatura elevada). Los átomos de azufre y nitrógeno se unen químicamente a los átomos de carbono de las materias primas petrolíferas. Los heteroátomos de azufre y nitrógeno son reducidos por los metales alcalinos para formar sales iónicas (tales como el Na₂S, el Na₃N, el Li₂S, etc.). Para evitar la coquización (por ejemplo, la formación de un producto similar al carbón), la reacción se produce en presencia de gas de hidrógeno que puede formar enlaces con los átomos de carbono de la materia prima petrolífera previamente unidos a los heteroátomos. El átomo de hidrógeno se une a los átomos de carbono que estaban previamente unidos a los heteroátomos, aumentando así la relación de hidrógeno a carbono de la materia prima petrolífera y disminuyendo la relación de heteroátomos a carbono de la materia prima orgánica resultante. Después de la reacción de hidrotratamiento, la fase orgánica (materia prima petrolífera) es menos viscosa y puede enviarse para su refinado adicional en un material de combustible de hidrocarburo.

Las sales iónicas formadas en el proceso de hidrot ratamiento pueden eliminarse de los productos orgánicos mediante filtración, o mezclando primero la materia prima tratada con sulfuro de hidrógeno para formar un hidrosulfuro alcalino, que forma una fase separada de la fase orgánica (materia prima petrolífera). Esta reacción se muestra a continuación, siendo el sodio (Na) el metal alcalino, aunque también pueden utilizarse otros metales alcalinos:



El producto de nitrógeno se elimina en forma de gas amoníaco (NH_3) que puede ser ventilado y recuperado, mientras que el producto de azufre se elimina en forma de hidrosulfuro alcalino, NaHS, que se separa para su posterior procesamiento. Los metales pesados también se separan de los hidrocarburos orgánicos por técnicas de separación gravimétrica.

Como parte del proceso, se utilizan metales alcalinos. Una ventaja de utilizar metales alcalinos tales como el sodio o el litio en lugar de hidrógeno para reducir los heteroátomos es que los metales alcalinos ofrecen una mayor capacidad de reducción. En otras palabras, los metales alcalinos son más capaces de reducir los heteroátomos y formar nitruros de metales alcalinos o sulfuros de metales alcalinos. Además, al utilizar metales alcalinos, hay menos necesidad de saturar los anillos con hidrógeno para desestabilizarlos y así poder reducir los heteroátomos, lo que permite eliminar los heteroátomos con bastante menos hidrógeno.

Cabe señalar que el proceso de tratamiento con metales alcalinos es conocido en la industria y está descrito, por ejemplo, en la Patente de Estados Unidos nº 3.787.315, la Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos nº 2009/0134040 y la Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos nº 2005/0161340.

Una desventaja de utilizar el proceso de hidrot ratamiento es que el gas de hidrógeno es un reactivo necesario para el proceso de hidrot ratamiento. Sin embargo, el gas de hidrógeno puede ser caro. Normalmente, el gas de hidrógeno se forma al hacer reaccionar moléculas de hidrocarburo con agua. Por ejemplo, en Estados Unidos, el 95 % del hidrógeno se forma utilizando el proceso de reformado de metano con vapor a partir del gas natural. En la primera etapa, conocida como etapa de reformado, el metano (CH_4) del gas natural se hace reaccionar con vapor (H_2O) a 750 °C - 800 °C para producir gas de síntesis (sintegás). El sintegás es una mezcla compuesta principalmente por gas hidrógeno (H_2) y monóxido de carbono (CO). En el siguiente paso, conocido como la reacción de desplazamiento de agua a gas, el monóxido de carbono producido en la primera reacción se hace reaccionar con vapor (H_2O) sobre un catalizador para formar gas de hidrógeno (H_2) y dióxido de carbono (CO_2). Este segundo proceso (por ejemplo, la reacción de desplazamiento de agua a gas) tiene lugar en dos etapas: la primera etapa tiene lugar aproximadamente a 350 °C y la segunda etapa tiene lugar aproximadamente a 200 °C.

La reacción global para el proceso de reformado de metano con vapor es la siguiente: $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$

Así, por cada mol (teórico) de gas hidrógeno producido, se requieren 0,25 moles de metano y 0,5 moles de agua. Además, por cada mol de gas de hidrógeno producido, se producen 0,25 moles de dióxido de carbono que se liberan a la atmósfera. Hay que tener en cuenta que el proceso de reformado de metano con vapor suele tener una eficiencia de solamente el 65-75 %. Así, con una eficiencia del 70 %, el proceso de reformado de metano con vapor utiliza 0,36 moles de metano y 0,71 moles de agua, mientras que libera 0,36 moles de dióxido de carbono por cada mol de hidrógeno producido.

Esta producción de dióxido de carbono durante el proceso de hidrot ratamiento es considerada problemática por muchos ambientalistas debido a la creciente preocupación por las emisiones de dióxido de carbono y el impacto que dichas emisiones pueden tener en el medio ambiente.

Un problema adicional en muchas regiones es la escasez de recursos hídricos. Por ejemplo, en la región del oeste de Colorado y en el este de Utah, donde se encuentran partes de la formación Green River de petróleo de esquisto, el clima es árido y el uso de agua para producir gas de hidrógeno puede ser caro.

Alternativamente, algunos industriales han utilizado un proceso de electrolisis para proporcionar el suministro de gas de hidrógeno necesario para su proceso de hidrot ratamiento. Esta reacción de electrolisis implica la descomposición electrolítica del agua. En esta reacción electrolítica, el agua se descompone para formar hidrógeno en el cátodo y oxígeno en el ánodo: $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$

En esta reacción, la energía eléctrica se utiliza para descomponer el agua. Si la celda funciona con una eficiencia del 90 % y funciona a aproximadamente 1,4 voltios, la energía eléctrica necesaria es de aproximadamente 72 kcal por mol de hidrógeno creado. Por cada mol de hidrógeno producido en esta reacción de electrolisis, se consume un mol de agua. Dado que con este método se consume un mol de agua para producir hidrógeno, se necesita más agua para producir el gas de hidrógeno por electrolisis que para producir el hidrógeno mediante el proceso de reformado de metano con vapor (que requiere 0,71 moles de agua). Por lo tanto, en los climas áridos donde el coste del agua es elevado, el uso de un proceso de electrolisis para producir hidrógeno puede no ser económicamente viable.

Aunque los procesos convencionales de hidrotratamiento son conocidos, son caros y requieren grandes inversiones de capital para obtener una planta de hidrotratamiento que funcione. La industria necesita un nuevo proceso que pueda utilizarse para eliminar heteroátomos tales como el azufre y el nitrógeno de las materias primas petrolíferas, pero que sea menos costoso que el hidrotratamiento. Dicho proceso se describe en el presente documento.

- 5 Además, los ácidos nafténicos deben ser eliminados de muchos flujos orgánicos que se producen en las refinerías. Los ácidos nafténicos ("NAPs") son ácidos carboxílicos presentes en el crudo de petróleo o en varios flujos de refinería. Estos ácidos son responsables de la corrosión en las refinerías. Una medida común de la acidez del petróleo se denomina número de ácido total ("TAN") y se define como los miligramos (mg) de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar el ácido de un gramo de material petrolífero. (Otros ácidos que se encuentran en la materia prima petrolífera también pueden contribuir al valor del TAN). Todos los flujos de petróleo con TAN >1 se denominan de alto TAN. Los NAP son una mezcla de muchos compuestos diferentes y no pueden separarse mediante destilación. Además, los crudos con un TAN alto tienen un descuento sobre los precios del crudo Brent. Por ejemplo, el crudo Doba, con un TAN de 4,7, tiene un descuento de 19 dólares por barril sobre un precio base de 80 dólares para el crudo Brent.
- 10 Los NAP se vaporizan en el mismo intervalo que el queroseno/combustible de aviación. (Sin embargo, los querosenos/combustibles de aviación tienen especificaciones de TAN muy estrictas.) Al intentar neutralizar estos ácidos utilizando sosa cáustica acuosa u otras bases se forman sales. Estas sales, en presencia de agua, conducen a la formación de emulsiones estables. Otras metodologías de reducción de NAP incluyen el hidrotratamiento o la descarboxilación, que son ambas metodologías destructivas y los NAP no pueden ser recuperados utilizando estos métodos. Las metodologías de extracción de disolventes o de adsorción conllevan altos costes y el uso de energía para la regeneración del sorbente o la ebullición del disolvente. Se requiere un nuevo método para la eliminación de los NAP con un menor consumo de energía en el que los NAP puedan ser recuperados y procesados como productos comerciales. En consecuencia, se necesita un nuevo método de neutralización y/o eliminación de NAP. Dicho método y dispositivo se describe en el presente documento. El documento WO 2005/066302 describe un método de desacidificación de una materia prima petrolífera.
- 15 20 25

Resumen

El método y el uso de la invención se definen en las reivindicaciones anexas e incluyen un método de mejora de una materia prima petrolífera con el beneficio de un agente de metal alcalino fuerte sin que sea necesario manipular, almacenar o transportar directamente el metal alcalino. El método comprende la obtención de una cantidad de materia prima petrolífera, comprendiendo la materia prima petrolífera al menos un átomo de carbono y un heteroátomo y/o uno o más metales pesados. La cantidad de materia prima petrolífera se hace reaccionar con un metal alcalino generado en un electrodo dentro del reactor. La reacción con el metal alcalino también puede incluir el uso de un hidrocarburo de mejora, tal como el gas de hidrógeno o un hidrocarburo.

30

Para poner en práctica estas realizaciones, se puede utilizar un reactor con al menos dos cámaras separadas en parte por una membrana conductora de iones de metal alcalino. Esta membrana conduce iones de metal alcalino desde un material fuente de iones de metal alcalino (tal como un líquido compuesto de sales de sodio o metal de sodio). Un electrodo cargado positivamente (ánodo) está en comunicación con la fuente de iones de metal alcalino. La cámara opuesta del reactor (denominada cámara de materia prima) incluye un flujo de materia prima (compuesta por la materia prima de aceite orgánico) y un electrodo cargado negativamente (cátodo). El metal alcalino entra en la cámara de materia prima y reacciona con los heteroátomos y/o los metales pesados de la materia prima para formar uno o más productos inorgánicos, en los que el hidrocarburo de mejora reacciona con la materia prima petrolífera para producir una materia prima petrolífera mejorada. La reacción con el hidrocarburo de mejora se produce de manera tal que el número de átomos de carbono en la materia prima petrolífera mejorada puede ser mayor que el número de átomos de carbono en la materia prima petrolífera original. Los productos inorgánicos se separan entonces de la materia prima petrolífera mejorada. (La reacción de la materia prima petrolífera, el metal alcalino y la molécula de hidrocarburo de mejora puede llevarse a cabo con o sin utilizar gas de hidrógeno. Si se utiliza gas de hidrógeno, la cantidad de gas de hidrógeno necesaria es mucho menor que la que se necesitaría utilizando el hidrotratamiento convencional).

35 40 45

En la invención, el metal alcalino comprende sodio, litio o aleaciones de litio y sodio. La fuente de hidrógeno de mejora puede comprender hidrógeno, gas natural, gas de esquisto y/o mezclas de los mismos. En otras realizaciones, el hidrocarburo de mejora comprende metano, etano, propano, butano, pentano, sus isómeros, eteno, propeno, buteno, penteno, dienos, y/o mezclas de los mismos. (El gas de retorta de petróleo, que es una mezcla de gases que se produce en un proceso de refinería, también puede utilizarse como hidrocarburo de mejora).

50

El proceso de reacción de la materia prima con el metal alcalino puede consistir en dos pasos. Un primer paso consiste en hacer que los iones de metal alcalino se transfieran a través de la membrana y se reduzcan a metal en la superficie de la membrana en un electrodo cargado negativamente (que puede estar directamente fijado a la superficie de la membrana). Un segundo paso consiste en hacer que el metal alcalino formado reaccione directamente con los constituyentes de la materia prima petrolífera (o que sea arrastrado con el petróleo para que reaccione aguas abajo). El electrodo en el que se forma el metal alcalino puede ser poroso o estar compuesto por una malla. En otra realización, el electrodo puede ser una película de metal alcalino metálico conectada a un cable eléctrico (o colector de corriente). Para mantener la continuidad, una pantalla o malla puede proporcionar un divisor para separar una zona donde el

55 60

metal alcalino se reduce de la materia prima petrolífera. Esta pantalla permite el paso del metal alcalino a medida que se forma.

5 La reacción entre el metal alcalino y la materia prima petrolífera puede ocurrir a una presión que está entre la barométrica y aproximadamente 17,237 MPa (2.500 psi) y/o a una temperatura que está entre aproximadamente 100 °C de temperatura y 450 °C. En otras realizaciones, la reacción entre el metal alcalino y la materia prima petrolífera se produce a una temperatura que está por encima del punto de fusión del metal alcalino pero que es inferior a 450 °C. Otras realizaciones pueden utilizar un catalizador en la reacción. El catalizador puede comprender molibdeno, níquel, cobalto o aleaciones de los mismos, óxido de molibdeno, óxido de níquel u óxidos de cobalto y/o combinaciones de los mismos.

10 Como la reacción entre el metal alcalino y la materia prima petrolífera produce productos inorgánicos, puede ser necesario un paso de separación. La separación utilizada en el proceso puede tener lugar en un separador, en el que los productos inorgánicos forman una fase que es separable de una fase orgánica que comprende la materia prima petrolífera mejorada y/o la materia prima petrolífera sin reaccionar. Para facilitar esta separación, puede añadirse un fundente al separador. Después de la separación, se puede regenerar y reutilizar el metal alcalino de los productos
15 inorgánicos.

La materia prima petrolífera mejorada producida en la reacción puede tener una mayor relación de hidrógeno a carbono que la materia prima petrolífera. La materia prima petrolífera mejorada producida en la reacción también puede tener un mayor valor energético que la materia prima petrolífera. Además, la relación de heteroátomos a carbono de la materia prima petrolífera mejorada puede ser menor que la relación de heteroátomos a carbono de la materia prima
20 petrolífera.

La invención también se refiere al uso de un metal alcalino para reducir el valor del TAN de la materia prima petrolífera. En concreto, el metal alcalino reacciona con la materia prima petrolífera para eliminar los componentes ácidos, reduciendo así el valor del TAN. En la invención, la materia prima petrolífera original (sin reaccionar) tiene un valor del TAN mayor o igual a 1, pero después de la reacción con el metal alcalino, tiene un valor del TAN menor o igual a 1.

25 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra un dibujo esquemático de un dispositivo que puede utilizarse para desacidificar una cantidad de materia prima petrolífera;

la figura 2 muestra un dibujo esquemático de un dispositivo que puede utilizarse para mejorar una cantidad de materia prima petrolífera;

30 la figura 3 muestra un dibujo esquemático de un dispositivo que puede utilizarse para desacidificar una cantidad de materia prima petrolífera;

la figura 4 muestra un dibujo esquemático de otra realización de un dispositivo que puede utilizarse para desacidificar una cantidad de materia prima petrolífera;

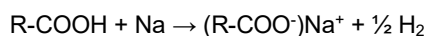
35 la figura 5 muestra un dibujo esquemático de otra realización de un dispositivo que puede utilizarse para mejorar una cantidad de materia prima petrolífera;

la figura 6 es un diagrama de flujo de un método para mejorar una cantidad de materia prima petrolífera; y

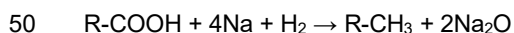
la figura 7 es un dibujo esquemático de otra realización de un sistema que puede utilizarse para mejorar una cantidad de materia prima petrolífera.

Descripción detallada

40 Las presentes realizaciones se refieren a un método para desacidificar materias primas y flujos de refinería. Dicha desacidificación es beneficiosa ya que puede funcionar para reducir la corrosión de las tuberías y puede convertir los ácidos nafténicos a una forma de sal. Las presentes realizaciones implican la adición de metales alcalinos (sodio o metal de litio) a las materias primas como medio para reaccionar con los ácidos nafténicos, desacidificando así estos ácidos. Cuando se produce esta reacción, los ácidos nafténicos pueden convertirse en las correspondientes sales de
45 sodio o litio (u otros productos inorgánicos). En esta reacción también se forma gas de hidrógeno. Esta reacción se resume como sigue:



Alternativamente, el sodio puede reaccionar además con átomos de oxígeno para eliminar el grupo carboxilo como se muestra en la siguiente fórmula:



La reacción con NAP de esta manera puede ser deseable y puede resultar en una reducción del número de ácido total ("TAN") asociado con la materia prima petrolífera. Hay múltiples formas diferentes en las que el metal alcalino puede ser añadido a la materia prima. En una realización, el metal de sodio o de litio se añade directamente al flujo. Una vez que esto ocurre, los productos inorgánicos pueden ser filtrados del flujo de petróleo. Otras realizaciones también pueden diseñarse (como se describe en el presente documento) para proporcionar otros mecanismos para añadir el metal alcalino al flujo de materia prima petrolífera (como, por ejemplo, mediante la formación del metal alcalino in situ).

Cabe señalar que, además de reaccionar con los ácidos (tales como los ácidos nafténicos), los metales alcalinos que se añaden a la materia prima también pueden reaccionar para eliminar el azufre, el nitrógeno, los metales (tales como los metales pesados), etc. Este proceso para eliminar estos metales/heteroátomos se examina en la solicitud '874. Por lo tanto, al añadir metales alcalinos a la materia prima petrolífera, se pueden superar los problemas asociados con los metales/heteroátomos en el flujo, así como los problemas con los ácidos en el flujo.

Cabe señalar que muchos en la industria del procesado de petróleo se sienten incómodos manejando sodio o litio metálicos debido a su naturaleza reactiva. En otras palabras, estos profesionales se sienten incómodos utilizando sodio/litio y se sienten incómodos añadiendo estos reactivos directamente a sus flujos de materia prima petrolífera. En consecuencia, las presentes realizaciones también proporcionan métodos y dispositivos que operan para producir electroquímicamente metales alcalinos dentro de una cámara de materia prima petrolífera (por ejemplo, in situ), poniendo así un metal alcalino tal como el sodio en contacto directo con la materia prima. Una vez que este metal alcalino se produce en la cámara, se consume al reaccionar con los metales pesados/heteroátomos y/o los ácidos de la materia prima. Estas realizaciones pueden ser deseables porque proporcionan el fuerte poder reductor y la reactividad asociada a los metales alcalinos sin tener nunca presente una cantidad apreciable del metal. En otras palabras, las presentes realizaciones mejoran una materia prima de petróleo utilizando el metal alcalino (por ejemplo, un agente fuerte) sin que el profesional tenga que manejar, almacenar o transportar el metal alcalino.

Refiriéndose ahora a la figura 1, se ilustra un dispositivo 2 que puede utilizarse para desacidificar una cantidad de una primera materia prima petrolífera 9. Como se muestra en la figura 1, la materia prima petrolífera 9 es un líquido que se coloca dentro de una cámara 3. La cámara 3 puede ser un vaso de reacción, una cámara de una celda de electrolisis (como se describirá en el presente documento), etc. Los expertos en la técnica apreciarán qué vasos, contenedores, etc., pueden utilizarse como cámara 3.

La materia prima petrolífera 9 comprende una cantidad de ácidos nafténicos 8. Como se ha descrito anteriormente, los ácidos nafténicos 8 comprenden ácidos carboxílicos presentes en el crudo de petróleo o en diversos flujos de refinería. Los ácidos nafténicos 8 son una mezcla de muchos compuestos diferentes y no pueden separarse mediante destilación. Para eliminar los ácidos nafténicos 8 de la materia prima petrolífera 9, se añade una cantidad de un metal alcalino 5 a la cámara 3. (El metal alcalino se abrevia como "M. A."). En algunas realizaciones, el metal alcalino puede ser sodio, litio o aleaciones de sodio y litio. La cámara 3 puede mantenerse a una temperatura superior al punto de fusión del metal alcalino 5, de manera que el metal alcalino 5 líquido pueda añadirse fácilmente a la materia prima petrolífera líquida. En algunas realizaciones, la reacción se produce a una temperatura que está por encima del punto de fusión del metal alcalino (o por encima de una temperatura de aproximadamente 100 °C). En otras realizaciones, la temperatura de la reacción es inferior a aproximadamente 450 °C.

Cuando se añade a la cámara 3, el metal alcalino 5 puede reaccionar con la materia prima petrolífera 9. Más concretamente, el metal alcalino 5 reacciona con la cantidad de ácidos nafténicos 8 para formar una materia prima desacidificada 12. Como a partir de esta reacción también pueden formarse productos ácidos inorgánicos 13, puede utilizarse un separador 10 de productos para separar la materia prima petrolífera desacidificada 12 de los productos ácidos inorgánicos. Los expertos en la técnica apreciarán cómo puede producirse esta separación. Además, los expertos en la técnica apreciarán las estructuras (tales como una cámara de decantación, etc.) que pueden utilizarse como separador 10 de productos. El separador 10 de productos puede estar integrado en la cámara 3 o puede ser una estructura separada, como se muestra en la figura 1.

Como se explica en el presente documento, la reacción entre el metal alcalino 5 y los ácidos nafténicos 8 opera para eliminar los ácidos nafténicos 8 de la materia prima petrolífera 9. Por lo tanto, el valor del TAN de la materia prima petrolífera desacidificada 12 será menor que el valor del TAN de la primera materia prima petrolífera 9 original (sin reaccionar). Por ejemplo, en algunas realizaciones, el valor del TAN de la materia prima petrolífera 9 original (sin reaccionar) puede ser mayor o igual a 1 (como, por ejemplo, 3, 4, 5, etc.) mientras que el valor del TAN de la materia prima petrolífera desacidificada 12 es un valor inferior, por ejemplo menor o igual a 1. Como se ha indicado anteriormente, otros ácidos presentes en la materia prima petrolífera 9 pueden contribuir al valor del TAN de la materia prima 9. Estos ácidos también pueden reaccionar con el metal alcalino de manera similar, reduciendo aún más el valor del TAN.

Esta reducción del valor del TAN puede proporcionar un beneficio financiero significativo al propietario de la materia prima petrolífera. Como se ha señalado anteriormente, los precios por barril de los productos petrolíferos que se considera que tienen un TAN alto (por ejemplo, con un valor del TAN superior a 1) suelen tener un descuento significativo con respecto a los barriles de productos petrolíferos que tienen un TAN bajo. Por lo tanto, al reducir el valor del TAN de la materia prima petrolífera, el valor de la materia prima petrolífera puede aumentar significativamente.

En referencia ahora a la figura 2, se ilustra otra realización del dispositivo 2a. Como se ha indicado anteriormente, el dispositivo 2a es similar al dispositivo 2 mostrado en la figura 1. El dispositivo 2a puede estar diseñado para desacidificar la materia prima petrolífera 9. Al mismo tiempo, el dispositivo 2a puede estar diseñado para mejorar aún más la primera materia prima petrolífera 9 mediante la eliminación de los metales pesados 14 y/o uno o más heteroátomos 11 presentes en la materia prima petrolífera 9.

Como se ha descrito anteriormente, los metales pesados 14 (tales como el níquel, el vanadio, el hierro, el arsénico, etc.) se encuentran a menudo en muestras de materiales de materias primas petrolíferas 9. En algunas realizaciones, puede ser deseable eliminar estos metales pesados 14, ya que tales metales pueden envenenar los catalizadores que se utilizan normalmente en el procesamiento de hidrocarburos. Sin embargo, como se muestra en la figura 2, el dispositivo 2a puede diseñarse de manera tal que el metal alcalino 5 pueda reaccionar con los metales pesados 14 de la materia prima petrolífera 9. Más concretamente, además de que el metal alcalino 5 reaccione con los ácidos nafténicos 8 para desacidificar la materia prima (como se ha descrito anteriormente), la cantidad de metal alcalino 5 puede reaccionar además con los metales pesados 14, reduciendo así los metales pesados a sus estados metálicos. Esta reacción también puede producirse en la cámara 3.

Como se muestra en la figura 2, estos metales pesados 16 pueden separarse y recuperarse (utilizando el separador 10 de productos). Cabe señalar que los metales pesados 16, en su estado metálico, son materiales inorgánicos y, por lo tanto, pueden separarse de los materiales de la materia prima petrolífera orgánica. Por consiguiente, el separador 10 de productos puede utilizar esta propiedad como medio para separar los metales pesados 16. Los expertos en la técnica apreciarán que también pueden utilizarse otras técnicas de separación para separar los metales pesados 16. Una vez separados los metales 16, pueden recuperarse, venderse, utilizarse en otros procesos, etc. Dado que estos metales son generalmente productos caros, el hecho de que tales metales puedan ser recogidos (y utilizados / vendidos) puede proporcionar una ventaja comercial significativa para el propietario de la materia prima.

Además de eliminar los metales pesados, el metal alcalino 5 también puede reaccionar con uno o más heteroátomos 11 (tales como el N, el S) que están presentes en la materia prima petrolífera 9. Estos átomos de N, S pueden estar unidos a los átomos de carbono/hidrógeno en la materia prima petrolífera 9 orgánica. Sin embargo, como se indica en el presente documento, el metal alcalino 5 puede reaccionar con estos -uno o más- heteroátomos 11 para formar productos inorgánicos 17 de azufre/nitrógeno. Por ejemplo, si el metal alcalino 5 es sodio, entonces la reacción con los heteroátomos 11 forma productos inorgánicos 17 de azufre/nitrógeno tales como el Na_2S , el Na_3N y/u otros productos inorgánicos. (De nuevo, puede utilizarse un separador 10 de productos para separar los productos inorgánicos 17 de azufre/nitrógeno de la materia prima petrolífera). Una vez eliminados los productos inorgánicos 17 de azufre/nitrógeno, la relación de heteroátomos a carbono de la materia prima petrolífera resultante es menor que la relación de heteroátomos a carbono de la materia prima petrolífera 9 original (sin reaccionar).

Cabe señalar que después de que la materia prima petrolífera 9 haya sido desacidificada, desmetalizada, desulfurada y/o desnitrógenada, esta materia prima petrolífera se denomina materia prima petrolífera "mejorada" 12a, ya que este material es más adecuado para su posterior refinado, comercialización, etc.

Cabe señalar que en la realización mostrada en la figura 2, se muestra un único separador 10 de productos que separa los metales pesados 16, los productos ácidos inorgánicos 13 y los productos inorgánicos 17 de azufre/nitrógeno, eliminando así estos materiales de la materia prima petrolífera mejorada 12a. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que se pueden utilizar múltiples separadores 10 de producto y/o técnicas de separación para realizar dichas separaciones. Además, también puede haber una separación secuencial de los diversos materiales de la materia prima petrolífera mejorada 12a.

Asimismo, cabe señalar que en la realización de la figura 2, se utiliza una única cámara 3 para hacer reaccionar la materia prima petrolífera 9 con el metal alcalino 5 (y así eliminar los ácidos nafténicos 8, los metales pesados 14 y los heteroátomos 11 de la materia prima orgánica). Los expertos en la técnica apreciarán que tales reacciones también podrían producirse en diferentes cámaras. En otras palabras, pueden diseñarse realizaciones en las que se utilice una primera cámara para hacer reaccionar el metal alcalino 5 con los metales pesados 14 (y los metales pesados 14 se separen posteriormente), una segunda cámara para hacer reaccionar el metal alcalino 5 con el ácido nafténico 8 (y los productos ácidos 13 se separen posteriormente) y una tercera cámara para hacer reaccionar el metal alcalino 5 con los heteroátomos 11 (y los productos de azufre/nitrógeno 17 se separen posteriormente).

Por supuesto, si se utilizaran diferentes cámaras para cada una de estas reacciones, las condiciones de reacción, tales como la presión, la temperatura, los caudales, etc., podrían ajustarse o adaptarse para optimizar cada reacción específica.

En las realizaciones mostradas en las figuras 1 y 2, el metal alcalino 5 se muestra añadido a la cámara 3. Los expertos en la técnica apreciarán que hay una variedad de maneras diferentes por las que el metal alcalino 5 puede ser añadido con el fin de inducir una reacción. Por ejemplo, se puede simplemente añadir una muestra del metal alcalino 5 a la cámara 3. Sin embargo, muchos en la industria de procesamiento del petróleo se sienten incómodos manejando sodio metálico (u otros metales alcalinos metálicos) debido a su naturaleza reactiva. Por ello, pueden diseñarse otras realizaciones en las que el metal alcalino 5 se forme in situ dentro de la cámara 3 a partir de iones de metales alcalinos. En otras palabras, los iones de metales alcalinos (que son seguros y fáciles de manejar) se añaden a la cámara 3 y

luego dichos iones se reducen de nuevo al estado metálico a través de una reacción de reducción electroquímica. Una vez que estos iones de metal alcalino se han reducido in situ para formar el metal alcalino 5 metálico, estos metales alcalinos 5 formados reaccionan inmediatamente con la materia prima petrolífera 9 (de la manera descrita en el presente documento) y, por tanto, se consumen casi instantáneamente después de su formación. Las realizaciones que forman electroquímicamente el metal alcalino in situ pueden ser ventajosas en el sentido de que proporcionan el fuerte poder reductor y la reactividad del metal alcalino a la materia prima petrolífera sin que haya nunca presente una cantidad apreciable del metal.

En referencia ahora a la figura 3, se ilustra una realización de un dispositivo 100 que puede utilizarse para desacidificar materias primas petrolíferas, así como para eliminar los heteroátomos/metales pesados y/o mejorar la materia prima. En concreto, el dispositivo 100 consta de al menos dos cámaras, a saber, una cámara 20 de materia prima y una cámara 30 fuente del metal alcalino. La cámara 20 de materia prima tiene una pared 21 exterior y puede tener una entrada 22 y una salida 23.

La cámara 20 de materia prima puede estar separada de la cámara 30 fuente del metal alcalino por un separador 25 conductor de iones de metales alcalinos. El separador 25 de iones puede estar compuesto por materiales cerámicos conocidos generalmente como Nasicon, □-alúmina de sodio, □-alúmina de sodio o vidrio conductor de iones de sodio si el metal alcalino es sodio; o Lisicon, □-alúmina de litio, □-alúmina de litio o vidrio conductor de iones de litio si el metal alcalino es litio. Los materiales utilizados para construir el separador 25 de iones están disponibles comercialmente en Ceramtec, Inc. de Salt Lake City, Utah.

Un cátodo 26 cargado negativamente y conectado a una fuente de alimentación 40 (mediante cables 42) puede estar, al menos parcialmente, alojado dentro de la cámara 20 de materia prima. Preferiblemente, el cátodo 26 está situado muy cerca del separador 25 de iones para minimizar la resistencia iónica. El cátodo 26 puede estar en contacto con el separador 25 de iones (como se muestra en la figura 3) o serigrafado en el separador 25 de iones. En otras realizaciones, el cátodo 26 puede estar integrado con el separador 25 de iones, como se describe en la publicación de patente estadounidense 2010/0297537 titulada "ELECTROCHEMICAL CELL COMPRISING IONICALLY CONDUCTIVE MEMBRANE AND POROUS MULTIPHASE ELECTRODE". Al colocar el cátodo 26 en el separador 25 de iones o cerca de él, la materia prima petrolífera no tiene que ser necesariamente conductora de iones para transferir iones/cargas.

La cámara 30 fuente del metal alcalino tiene una pared 31 exterior y puede tener una entrada 32 y una salida 33. Un ánodo 36 (que está cargado positivamente) y conectado a la fuente de alimentación 40 (a través de cables 42) puede estar, al menos parcialmente, alojado dentro de la cámara 30 fuente. Los materiales adecuados para el cátodo 26 incluyen materiales que comprenden el carbono, el grafito, el níquel y el hierro, los cuales son electrónicamente conductores. Los materiales adecuados para el ánodo 36 incluyen materiales que comprenden el titanio, el titanio platinizado, el carbono y el grafito. En la realización mostrada en la figura 3, el cátodo 26 y el ánodo 36 se conectan a la misma fuente de alimentación 40. Además, la figura 3 muestra los cables 42 que salen de las cámaras 20, 30 a través de las entradas 22, 32. Dichas representaciones se realizan para mayor claridad y no son limitantes. Los expertos en la técnica apreciarán cómo la fuente de alimentación 40 / cables 42 pueden disponerse de otra manera para conectarse al cátodo 26 y/o al ánodo 36. Asimismo, los expertos en la técnica apreciarán que el cátodo 26 y el ánodo 36 pueden conectarse a las fuentes de alimentación de diversas maneras, etc.

A continuación se describirá un modo de funcionamiento del dispositivo 100. Específicamente, una primera materia prima petrolífera 50 puede entrar en la cámara 20 de materia prima (como, por ejemplo, fluyendo a través de la entrada 22). Al mismo tiempo, una solución disuelta de metales alcalinos 51 fluirá a través de la cámara 30 fuente de metales alcalinos. Esta solución de metales alcalinos puede ser, por ejemplo, una solución de sulfuro de sodio, sulfuro de litio, cloruro de sodio, hidróxido de sodio, etc. A continuación, se aplica una tensión al ánodo 36 y al cátodo 26 desde la fuente 40. Esta tensión hace que se produzcan reacciones químicas. Estas reacciones hacen que los iones 52 del metal alcalino (abreviado "iones del M. A." 52) pasen a través del separador 25 de iones. En otras palabras, los iones 52 del metal alcalino fluyen desde la cámara 30 fuente del metal alcalino, a través del separador 25 de iones, hacia la cámara 20 de materia prima.

Una vez que los iones 52 del metal alcalino (tales como, por ejemplo, iones de sodio o iones de litio) pasan a través del separador 25 de iones, los iones 52 se reducen al estado de metal alcalino 55 (por ejemplo, a metal de sodio o metal de litio) en el cátodo 26. Una vez formado, el metal alcalino 55 se mezcla con la materia prima 50 (como muestra la flecha 58). Como se describe en el presente documento, la reacción entre la materia prima petrolífera 50 y el metal alcalino 55 puede implicar una reacción entre los ácidos (tales como el ácido nafténico) de la materia prima petrolífera 50. Así, la reacción con el metal alcalino 55, que se formó in situ dentro de la cámara 20, opera para reducir el contenido de ácido de la materia prima petrolífera 50, reduciendo así el valor del TAN de la materia prima petrolífera 50.

Adicionalmente y/o alternativamente, la reacción entre la materia prima petrolífera 50 y el metal alcalino 55 formado dentro de la cámara 20 puede causar una reacción con las fracciones de azufre o nitrógeno dentro de la materia prima petrolífera 50. Esta reacción también puede reducir los metales pesados, tales como el vanadio y el níquel de la materia prima 50. Además, como se explica en la solicitud '874, a una temperatura y presión elevadas, la reacción entre los metales alcalinos 55 y los heteroátomos (S, N) obliga a los heteroátomos de azufre y nitrógeno a ser reducidos por los metales alcalinos a sales iónicas (tales como el Na_2S , el Na_3N , el Li_2S , etc.). Estas sales iónicas pueden

entonces ser eliminadas de la materia prima petrolífera 50. De este modo, el contenido de azufre y nitrógeno dentro de la materia prima petrolífera 50 puede reducirse significativamente por la reacción del metal alcalino 55 formado dentro de la cámara 20. En otras palabras, la relación de heteroátomos a carbono de la materia prima petrolífera mejorada puede ser menor que la relación de heteroátomos a carbono de la materia prima petrolífera original (sin reaccionar). Además, la cantidad de metales pesados de la materia prima puede reducirse aún más. Por lo tanto, la relación de carbono a metales pesados en la materia prima mejorada (que se ha hecho reaccionar) es menor que la relación de carbono a metales pesados en la materia prima original (sin reaccionar).

Así mismo, además de la materia prima petrolífera 50, la cámara 20 puede incluir una cantidad de hidrocarburo 60 de mejora que reacciona con la materia prima petrolífera 50 (como se muestra mediante la flecha 74). Específicamente, como se enseña en la solicitud '874, cuando las fracciones de azufre/nitrógeno de la materia prima petrolífera 50 reaccionan con los metales alcalinos 55, se forman especies radicales que pueden reaccionar con el hidrocarburo 60 de mejora. En algunas realizaciones, el hidrocarburo 60 de mejora puede ser gas de hidrógeno, incluyendo el gas de hidrógeno formado por la reacción con el ácido nafténico. (Cabe señalar que si se utiliza hidrógeno como hidrocarburo 60, la cantidad de hidrógeno necesaria es menor que la cantidad de hidrógeno que se requeriría si se utilizara un proceso típico de hidrotreamiento). En otras realizaciones, el hidrocarburo 60 de mejora comprende gas natural, gas de esquisto y/o mezclas de los mismos, metano, etano, propano, butano, pentano, sus isómeros, eteno, propeno, buteno, penteno, dienos, y/o mezclas de los mismos. Como se explica en la solicitud '874, esta reacción con el hidrocarburo 60 de mejora puede operar para producir un hidrocarburo mejorado que tiene una mayor relación de hidrógeno a carbono que la materia prima petrolífera 60 original. La materia prima petrolífera mejorada producida en la reacción también puede tener un mayor valor energético que la materia prima petrolífera 60 original. Normalmente, la presencia del hidrocarburo 60 de mejora puede dar lugar a una reducción de la formación de sólidos insolubles durante la reacción. Se cree que estos sólidos son grandes polímeros orgánicos que se forman como parte de las reacciones radicales. Sin embargo, al utilizar el hidrocarburo 60 de mejora, este hidrocarburo 60 actúa como una especie de "limitación" que impide la formación de estos polímeros orgánicos sólidos. Por lo tanto, al utilizar el hidrocarburo 60, se puede aumentar el rendimiento posterior de la materia prima petrolífera líquida (por ejemplo, el producto deseado).

Las reacciones descritas en la figura 3 pueden llevarse a cabo a temperaturas elevadas. Por ejemplo, las reacciones pueden producirse a temperaturas superiores a la temperatura de fusión del sodio o a temperaturas más altas que resulten eficaces para la materia prima concreta. El modo de funcionamiento del dispositivo 100 puede consistir además en utilizar sodio fundido como fuente 51 de sodio en la cámara 30 fuente de metales alcalinos o metal de litio como fuente de litio. Las reacciones pueden llevarse a cabo además a una presión elevada, por ejemplo en el intervalo de 2 - 13,79 MPa (300 - 2.000 libras por pulgada cuadrada).

En algunas realizaciones, la materia prima petrolífera 50 puede pasar a través del dispositivo 100 (como también pasó la solución de sulfuro de sodio). Una vez que ha pasado a través del dispositivo 100, la materia prima petrolífera puede fluir hacia otro vaso operado a una temperatura y presión diferentes (por ejemplo, temperaturas y presiones más propicias para las reacciones deseadas y donde el tiempo de permanencia de la materia prima en el segundo tamaño de vaso se ajusta a la cinética de reacción y a los caudales).

Como se describe en el presente documento, se pueden formar varios sólidos, compuestos inorgánicos, etc., al realizar las reacciones descritas en el presente documento. Estos productos inorgánicos pueden comprender el Na_2S , el NaN_3 , metales pesados y polímeros orgánicos sólidos que se forman por las reacciones radicales. Para tratar estos compuestos inorgánicos, el proceso utilizado junto con el dispositivo de la figura 3 puede implicar además el filtrado o la separación por fuerzas centrífugas de la materia prima después de haber sido expuesta al sodio durante el tiempo suficiente para eliminar los sólidos de los líquidos. Esta separación puede implicar el uso de un separador 80, como se describe a continuación.

La materia prima petrolífera 50, la solución 51 de metal alcalino y otros componentes del dispositivo 100 pueden disolverse en un disolvente polar tal como la formamida, la metilformamida, la dimetilformamida, la acetamida, la metilacetamida, la dimetilacetamida, la trietilamina, la dietilacetamida, el etilenglicol, el dietilenglicol, el trietilenglicol, el tetraetilenglicol, el carbonato de etileno, el carbonato de propileno, la dimetilpropilenurea, el carbonato de butileno, el ciclohexanol, el 1,3-ciclohexanodiol, el 1,2 etanodiol, el 1,2-propanodiol, la etanolamina, el metilsulfóxido, el dimetilsulfóxido, el tetrametilsulfóxido, el sulfolano, la gammabutirolactona, el nitrobenzono, el acetonitrilo, la piridina, la quinoleína, el amoniaco, los líquidos iónicos o las sales fundidas. Por ejemplo, se puede disolver la solución 51 de metal alcalino en uno o más de estos disolventes y luego dejar que fluya a la cámara 30 fuente del metal alcalino. (Las sales que se utilizan para la solución 51 de metal alcalino pueden ser cloruros de metal alcalino, hidróxidos, fosfatos, carbonatos, sulfuros y similares). Del mismo modo, dichos disolventes pueden utilizarse con la materia prima petrolífera 50 y/o el hidrocarburo 60 y, a continuación, se puede permitir que la mezcla fluya a la cámara 20.

Dependiendo de la fuente de metal alcalino (por ejemplo, la solución 51 de metal alcalino), la reacción anódica en la cámara 30 fuente del metal alcalino puede variar. Por ejemplo, los sulfuros pueden formar polisulfuros y/o azufre elemental, los cloruros pueden formar cloro gaseoso, los hidróxidos pueden formar oxígeno gaseoso, los carbonatos pueden formar oxígeno gaseoso y evolucionar a dióxido de carbono y similares. Si la fuente de metal alcalino es un metal alcalino, simplemente se formarán iones metálicos. Estas variaciones constituyen diferentes realizaciones. El manejo y la recuperación del gas pueden formar parte del proceso general.

Como se muestra en la figura 3, los productos formados en la cámara 20 de materia prima petrolífera pueden ser enviados a un separador 80 de producto (como se muestra mediante la flecha 82). En este separador 80 de producto, los productos inorgánicos pueden formar una fase que es separable de una fase orgánica que comprende la materia prima petrolífera mejorada y/o la materia prima petrolífera sin reaccionar. Para facilitar esta separación, puede añadirse un fundente al separador de productos. (Los expertos en la técnica están familiarizados con los materiales que pueden utilizarse como fundente que facilitará la separación entre los materiales orgánicos de la materia prima y los productos inorgánicos). Después de la separación, se puede regenerar y reutilizar el metal alcalino de los productos inorgánicos. En algunas realizaciones, el separador 80 de producto puede ser una cámara de decantación u otra estructura similar.

La figura 4 es un esquema que incluye otra realización del dispositivo 100. Gran parte de las estructuras/elementos representados en la figura 4 son similares a los descritos en la figura 3. En consecuencia, por motivos de brevedad, se omite el examen de muchas de estas estructuras/elementos.

La figura 4 representa una realización esquemática similar a la representación de la figura 3, a excepción de que entre el separador 25 de iones y la materia prima 50 se halla una pared 101 porosa. Esta pared 101 puede ser una malla metálica o una lámina metálica perforada, o una malla de fibra de vidrio, una malla de fibra de carbono u otro material con agujeros o poros que permitan que el metal alcalino fluya a su través. El metal alcalino 102 se forma en el separador 25 de iones y puede servir como cátodo con un colector de corriente 103 cargado negativamente en contacto con el metal alcalino 102. (Alternativamente, la pared 101 porosa, si es electrónicamente conductora, puede estar cargada negativamente y servir como colector de corriente). Una vez formado el metal alcalino 102, éste puede fluir a través de la pared 101 porosa y puede reaccionar con la materia prima petrolífera 50 de la manera descrita anteriormente.

Así, como se indica en el presente documento, hay al menos tres procesos diferentes como parte de esta invención para desacidificar estos flujos:

- 1) Añadir sodio o litio directamente al flujo para formar la sal del ácido y el hidrógeno, luego filtrar las sales del ácido del flujo;
 - 2) Utilizar el dispositivo en un modo en el que una fuente de sodio o de litio está en la cámara fuente del metal alcalino y la materia prima está en la cámara de la materia prima, y donde el metal de sodio se forma en el cátodo situado en la cámara de materia prima, donde el metal alcalino reacciona con la materia prima para convertir los ácidos en las sales de sodio o de litio de los ácidos y el hidrógeno evoluciona como subproducto;
 - 3) Utilizar el dispositivo en un modo en el que una fuente de sodio o litio está en la cámara fuente del metal alcalino y la materia prima está en la cámara de materia prima, y en el que los iones alcalinos son transportados a través del separador de iones que divide las dos cámaras bajo un gradiente de potencial, y el hidrógeno evoluciona en el cátodo situado en la cámara de materia prima, donde los iones de metales alcalinos se combinan con los aniones del ácido orgánico para formar una sal; en este caso puede ser preferible utilizar un material de cátodo con un bajo sobrepotencial de hidrógeno (tal como el platino u otros materiales).
- En el caso de la eliminación del ácido, puede no haber ninguna razón para añadir un hidrocarburo (gas) 60 de mejora a la cámara de alimentación con el cátodo, ya que el gas de hidrógeno puede ser un subproducto. Como tal, este hidrógeno formado puede actuar como el hidrocarburo 60 de mejora. Si hay heteroátomos tales como el azufre o el nitrógeno, puede ser necesario un gas 60 de mejora tal como el hidrógeno, el gas natural, el gas de esquisto y/o sus mezclas.
- También debe tenerse en cuenta que la adición del metal alcalino 102 no puede simplemente neutralizar el hidrógeno del grupo ácido del ácido nafténico. Específicamente, el ácido nafténico tiene la estructura R-COOH. En algunas realizaciones, el metal alcalino 102 puede reaccionar con los átomos de oxígeno (además de los átomos de hidrógeno) de manera que el hidrocarburo restante después de la adición del metal alcalino tiene la estructura R-CH₃, R-H, etc. (La razón de esto es que el metal alcalino 102 también puede reducir la fracción de oxígeno así como la fracción de hidrógeno). Los productos inorgánicos formados pueden incluir, por tanto, el NaOH, el Na₂O, etc. Como se ha indicado anteriormente, después de la reacción con el metal alcalino 103, se reduce el valor del TAN de la materia prima 50. Sin embargo, dadas las reacciones citadas anteriormente con las fracciones de oxígeno, el valor del TAN no puede aumentarse (o volver a su estado original) simplemente haciendo reaccionar la materia prima petrolífera desacidificada con una base (tal como el NaOH). Más bien, como se describe en el presente documento, la reducción del valor del TAN también puede operar para convertir los grupos nafténicos u otros grupos ácidos en grupos funcionales de hidrocarburos puros (tales como R-CH₃, R-H, etc.).

En referencia ahora a la figura 5, se ilustra otra realización de un dispositivo 100. Específicamente, el dispositivo 100 puede usarse para mejorar una materia prima petrolífera 50. Más específicamente, la materia prima 50 puede ser mejorada haciendo que la materia prima 50 sea desacidificada, desulfurada, desmetalizada y desnitrógenada. En otras palabras, el dispositivo 100 puede eliminar el azufre, los metales pesados, los ácidos (tales como el ácido nafténico) y el nitrógeno de la materia prima petrolífera 50.

La realización del dispositivo 100 que se muestra en la figura 5 es similar a la que se muestra y describe en la figura 3. Por razones de brevedad, se omitirá gran parte de este examen. Sin embargo, para mayor claridad, los cables 42

y la fuente de alimentación 40 no se muestran en la figura 5. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que tales estructuras están efectivamente presentes y pueden ser necesarias para llevar a cabo las reacciones electrolíticas asociadas con el dispositivo 100.

5 Como se describe en el presente documento, la materia prima petrolífera 50 mostrada en la figura 5 puede incluir cantidades de metales pesados, ácido nafténico y al menos un heteroátomo (por ejemplo, nitrógeno y azufre). En consecuencia, dichos materiales pueden eliminarse de la materia prima petrolífera 50 mediante los métodos descritos en el presente documento. Específicamente, la materia prima petrolífera 50 se pone en contacto con cantidades de metales alcalinos 55a, 55b, 55c. (Las flechas 58 están diseñadas para representar las reacciones entre los metales alcalinos 55a, 55b, 55c y la materia prima petrolífera 50). Más específicamente, la materia prima 50 puede ponerse en
10 contacto con una primera cantidad de un metal alcalino 55a. La reacción entre la primera cantidad del metal alcalino 55a y la materia prima 50 es tal que el metal alcalino 55a reacciona con los metales pesados que se encuentran en la materia prima 50. Esta materia prima que se ha hecho reaccionar puede salir de la cámara 20 y pasar a través de un separador 80 de productos. El propósito del separador 80 de producto es eliminar los metales pesados de la materia prima petrolífera. Estos metales pesados pueden ser recuperados, vendidos, etc.

15 Como se muestra en la figura 5, después de pasar por el separador 80 de producto, la materia prima 50 (menos los metales pesados que se eliminaron previamente) puede llevarse de nuevo a la cámara 20. Esta cámara 20 puede ser la misma cámara que se utilizó previamente para eliminar los metales pesados, o puede ser una cámara 20 de un dispositivo 100 diferente que se coloca aguas abajo del separador 80 de producto.

20 Una vez en la cámara 20, se puede hacer reaccionar la materia prima petrolífera 50 (de la que se han eliminado los metales pesados) con una segunda cantidad del metal alcalino 55b. Esta vez, el metal alcalino 55b reacciona con el ácido nafténico para formar una materia prima petrolífera desacidificada, en la que un valor del TAN de la materia prima petrolífera sin reaccionar es mayor que un valor del TAN de la materia prima petrolífera desacidificada. De nuevo, después de que los ácidos hayan reaccionado, la materia prima petrolífera 50 que se ha hecho reaccionar puede enviarse al separador 80 de producto, que puede operar para eliminar los materiales inorgánicos que se
25 formaron durante la reacción con la segunda cantidad de metales alcalinos 55b. Esta separación de materiales inorgánicos puede ocurrir dentro del mismo separador 80 de producto que se utilizó para eliminar los metales pesados o puede llevarse a cabo en un separador 80 de producto distinto.

Después de pasar por el separador 80 de producto, la materia prima 50 (menos los metales pesados y los ácidos nafténicos que se eliminaron previamente) puede llevarse de nuevo a la cámara 20. Esta cámara 20 puede ser la
30 misma cámara que se utilizó previamente para eliminar los metales pesados/ácidos nafténicos, o puede ser una cámara 20 de un dispositivo 100 diferente que se coloca aguas abajo del separador 80 de productos. Una vez en la cámara 20, la materia prima petrolífera 50 (de la que se han eliminado los metales pesados/ácidos nafténicos) puede reaccionar con una tercera cantidad del metal alcalino 55c. Esta reacción con la tercera cantidad de metal alcalino 55c elimina al menos un heteroátomo (por ejemplo, N, S) de la materia prima 50 para formar una materia prima petrolífera
35 mejorada. La relación de heteroátomos a carbono de la materia prima petrolífera mejorada es menor que la relación de heteroátomos a carbono de la materia prima petrolífera. Una vez más, este producto puede pasar a través de un separador 80 de producto para eliminar los materiales inorgánicos y/o las moléculas de N, S de la materia prima petrolífera, lo que da lugar a una materia prima petrolífera mejorada.

40 Cabe señalar que las cantidades de metales alcalinos 55a, 55b, 55c de la figura 5 se introdujeron utilizando el método del dispositivo 100, por ejemplo, haciendo que los iones de metales alcalinos pasen a través del separador 25 de iones y luego se reduzcan al estado metálico in situ dentro de la cámara 20. Por supuesto, pueden diseñarse otras realizaciones en las que una o más de las cantidades de metal alcalino 55a, 55b, 55c se introduzcan directamente en la materia prima petrolífera 50 (por ejemplo, sin que el metal se forme a través de una reacción de reducción). Las diferentes cantidades de los metales alcalinos 55a, 55b, 55c pueden ser el mismo metal alcalino o pueden ser
45 diferentes metales alcalinos.

En referencia ahora a la figura 6, se muestra un diagrama de flujo de un método 190 que puede utilizarse para mejorar una cantidad de una primera materia prima petrolífera 50a. Específicamente, se puede obtener la cantidad de materia prima petrolífera 50. Esta materia prima petrolífera 50 puede incluir cantidades de metales pesados, ácidos (tales como el ácido nafténico), y/o uno o más heteroátomos (tales como fracciones de azufre y nitrógeno). Para mejorar la
50 materia prima petrolífera 50a, estos metales/heteroátomos/ácidos pueden eliminarse de la materia prima petrolífera 50a. En concreto, la cantidad de materia prima petrolífera 50a puede añadirse a una cámara 110a. Esta cámara 110a puede denominarse cámara de "desmetalización", ya que los metales pesados se eliminan de la materia prima petrolífera 50a en esta cámara 110a. En algunas realizaciones, la cámara 110a puede ser una cámara 20 de materia prima petrolífera del tipo descrito anteriormente. Sin embargo, en otras realizaciones, la cámara 110a puede ser
55 simplemente otro tipo de vaso que está diseñado para eliminar los metales de la materia prima petrolífera 50a. Para eliminar los metales de la materia prima petrolífera 50a, puede añadirse una cantidad de metales alcalinos (tales como los metales alcalinos 55a mostrados en la figura 5) a la materia prima 50a. Una vez que se ha producido la reacción, los productos pueden colocarse en un separador 80a de producto. Los expertos en la técnica apreciarán los tipos de dispositivos (tales como una cámara de decantación) que pueden utilizarse como separador 80a de producto. En este
60 separador 80a de producto, los metales pesados 125 se separan, dejando solamente una cantidad de materia prima petrolífera 50b "desmetalizada".

- Esta materia prima petrolífera 50b puede entonces añadirse a una cámara 110b. La cámara 110b puede ser la misma cámara que la cámara 110a (por ejemplo, el material de la materia prima petrolífera se vuelve a introducir en la cámara 110a) o puede ser un vaso diferente. La cámara 110b puede denominarse cámara de "desacidificación", ya que la materia prima petrolífera 50b puede desacidificarse en esta cámara 110b. Para llevar a cabo esta reacción, la materia prima petrolífera 50b se hace reaccionar con una cantidad de un metal alcalino (tal como la segunda cantidad del metal alcalino 55b mostrada en la figura 5). Esta reacción con el metal alcalino 55b reacciona con el ácido nafténico de la materia prima 50b. Más concretamente, el metal alcalino 55b elimina el ácido nafténico de tal manera que la materia prima petrolífera que se ha hecho reaccionar tiene un valor del TAN que es menor que el valor del TAN de la materia prima petrolífera 50a (sin reaccionar).
- Una vez que se ha producido la reacción, los productos pueden colocarse dentro de un separador 80b de producto. Los expertos en la técnica apreciarán los tipos de dispositivos (tales como una cámara de decantación) que pueden utilizarse como el separador 80b de producto. El separador 80b de producto puede ser la misma estructura que el separador 80a de producto o puede ser un elemento diferente. En este separador 80b de producto, se separan los productos ácidos inorgánicos 127, dejando solamente una cantidad de materia prima petrolífera 50c "desacidificada".
- Esta materia prima petrolífera 50c desacidificada (que también ha sido desmetalizada) puede entonces añadirse a una cámara 110c. Esta cámara 110c puede ser la misma que una o ambas cámaras 110a, 110b, o en otras realizaciones, la cámara 110c puede ser una cámara diferente a las cámaras 110a, 110b. Se puede denominar a esta cámara 110c cámara de "desulfuración" en la que se pueden eliminar las fracciones de azufre de la materia prima petrolífera. Más específicamente, se puede añadir un metal alcalino (tal como una tercera cantidad del metal alcalino 55c) para que reaccione con la materia prima petrolífera. Más específicamente, esta reacción implica la reacción del metal alcalino con un heteroátomo, tal como el azufre. (Esta reacción se ha descrito anteriormente). Una vez reaccionados, los productos pueden añadirse a un separador 80c de producto que opera para eliminar los productos inorgánicos de azufre 129 de la materia prima petrolífera, produciendo así materia prima 50d desulfurada.
- Esta materia prima 50d puede añadirse además a una cámara 110d. Esta cámara 110d puede ser la misma o distinta a las cámaras 110a, 110b, 110c. En esta cámara, los heteroátomos tales como el nitrógeno, se eliminan de la materia prima petrolífera haciendo reaccionar la materia prima con una cantidad de metal alcalino (como, por ejemplo, el metal alcalino 55c de la figura 5). Después de que se ha producido esta reacción, los productos inorgánicos de nitrógeno 131 pueden eliminarse a través del separador 80d de producto (que puede ser el mismo que los separadores 80a, 80b, 80c de producto, o ser una estructura diferente). La materia prima petrolífera resultante, una vez eliminados todos estos productos, puede clasificarse como materia prima petrolífera "mejorada" 50e.
- En la realización mostrada en la figura 6, las reacciones con las fracciones de azufre y las fracciones de nitrógeno (por ejemplo, los heteroátomos) se muestran como pasos diferentes. Los expertos en la técnica reconocerán que otras realizaciones pueden implicar un único paso (por ejemplo, una única adición de una tercera cantidad de un metal alcalino) para eliminar todos los heteroátomos de S y N. Si el azufre y el nitrógeno se eliminan juntos a través de una sola adición de metal alcalino, se pueden diseñar realizaciones en las que se puede eliminar hasta el 80 % del azufre de la materia prima petrolífera antes de que las fracciones de nitrógeno comiencen a reaccionar con el metal alcalino. También se entiende que, dependiendo de las condiciones reales de funcionamiento y de la naturaleza de la materia prima, el orden en el que se eliminan las distintas especies puede diferir del orden ilustrado en la figura 6.
- En referencia ahora a la figura 7, se muestra otra realización de un sistema 200 para mejorar una materia prima petrolífera. Debe observarse que el sistema 200 incluye muchas de las mismas características que están asociadas con el dispositivo 100 de la figura 3. Por razones de brevedad, se omitirá gran parte de este examen. Sin embargo, para mayor claridad, los cables 42 y la fuente de alimentación 40 no se muestran en la figura 7. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que tales estructuras están efectivamente presentes y pueden ser necesarias para llevar a cabo las reacciones electrolíticas asociadas con el sistema 200.
- En la realización de la figura 7, se añade una cantidad de una primera materia prima petrolífera 150a a una cámara 205 de reducción del TAN. Esta cámara 205 es una cámara en la que se puede añadir un metal alcalino (en su forma metálica). Esta adición del metal alcalino a la materia prima 150a opera para eliminar el ácido nafténico de la materia prima 150a. Por consiguiente, el valor del TAN de la materia prima 150a después de que haya reaccionado en el vaso 205 de reducción del TAN se reduce significativamente. Puede utilizarse un separador (que no se muestra en la figura 7) para eliminar de la materia prima los materiales inorgánicos formados. La materia prima que sale de esta cámara 205 puede denominarse materia prima petrolífera 150b desacidificada.
- La materia prima 150b desacidificada puede ser añadida a una cámara 20 para que pueda ser expuesta al metal alcalino 155b, eliminando así los heteroátomos y/o los metales pesados de la materia prima 150b. Así, la figura 7 muestra una realización en la que la cámara 205 utilizada para reducir el valor del TAN está separada de la cámara 20 que se utiliza para desnitrógenizar/desulfurar la materia prima. Por lo tanto, como se muestra en la figura 7, la temperatura, la presión y el caudal para la reducción óptima del TAN pueden utilizarse en el vaso 205 de TAN, y luego se pueden utilizar diferentes temperaturas, presiones, caudales, etc. en la cámara 20 para las otras reacciones químicas. Estas diferentes temperaturas/presiones/caudales pueden ajustarse a la cinética de las reacciones específicas.

5 La realización mostrada en la figura 7 ilustra que hay una cantidad significativa de flexibilidad asociada con las presentes realizaciones. Por ejemplo, como se muestra en la figura 7, puede haber una cámara 205 de reducción del TAN que está diseñada para reducir el valor del TAN de la materia prima petrolífera. Una vez que se ha reducido el valor del TAN (por ejemplo, a un valor inferior o igual a 1), se pueden utilizar otros procesos para eliminar los heteroátomos, los metales pesados, etc. asociados a la materia prima petrolífera. De este modo, el propietario de la materia prima petrolífera puede diseñar un sistema que sea apropiado para procesar su muestra particular de material de hidrocarburos.

10 Una vez que los heteroátomos/metales pesados han sido eliminados mediante la cámara 20, la materia prima petrolífera 150c puede fluir fuera de la cámara 20. Esta materia prima petrolífera se denominará materia prima petrolífera 150c "mejorada".

15 Además, los expertos en la técnica apreciarán que la cantidad de metal alcalino que se necesita para reducir el valor del TAN por debajo de 1, para eliminar los heteroátomos, para reaccionar con los metales pesados, etc., dependerá de la muestra particular de materia prima petrolífera/material de hidrocarburo. Por consiguiente, al realizar pruebas con la muestra de materia prima petrolífera, un experto puede determinar cuánto metal alcalino puede ser necesario para mejorar la materia prima petrolífera.

REIVINDICACIONES

1. Un método de desacidificación de una materia prima petrolífera que comprende:

obtener una cantidad de una primera materia prima petrolífera, conteniendo la primera materia prima petrolífera ácidos nafténicos; y

5 hacer reaccionar la cantidad de la primera materia prima petrolífera con un metal alcalino metálico para formar una materia prima petrolífera desacidificada;
en donde el metal alcalino metálico reacciona con los ácidos nafténicos y en donde la primera materia prima petrolífera tiene un valor del TAN mayor o igual a 1 y la materia prima petrolífera desacidificada tiene un valor del TAN inferior a 1;

10 en donde el metal alcalino metálico consiste en litio, sodio y/o aleaciones de los mismos.

2. El método según la reivindicación 1, en donde una cámara alberga la cantidad de primera materia prima petrolífera, en donde el metal alcalino metálico se forma in situ a partir de iones de metal alcalino dentro de la cámara y reacciona con la primera materia prima petrolífera dentro de la cámara.

15 3. El método de la reivindicación 2, en donde la reacción de la cantidad de la primera materia prima petrolífera con un metal alcalino metálico para formar una materia prima petrolífera desacidificada comprende proporcionar una cámara fuente del metal alcalino, con un separador de iones situado entre la cámara fuente del metal alcalino y la cámara de materia prima petrolífera, y en donde el separador de iones permite que los iones del metal alcalino pasen de la cámara fuente del metal alcalino, a través del separador de iones, a la cámara de materia prima petrolífera.

4. El método según la reivindicación 3, en donde la cámara comprende además:

20 una fuente de alimentación; un cátodo que se aloja, al menos parcialmente, dentro de la cámara de materia prima petrolífera; y
un ánodo que se aloja al menos parcialmente en la cámara fuente del metal alcalino,

en donde cuando los iones de metal alcalino pasan a la cámara de materia prima petrolífera, los iones de metal alcalino se reducen para formar el metal alcalino dentro de la cámara de materia prima petrolífera.

25 5. El método de la reivindicación 1 en donde el metal alcalino reacciona además con los heteroátomos/metales pesados que se encuentran dentro de la primera materia prima petrolífera de manera que la relación de heteroátomos a carbono de la materia prima petrolífera desacidificada es menor que la relación de heteroátomos a carbono de la primera materia prima petrolífera.

30 6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además separar de la materia prima petrolífera desacidificada cualquier producto inorgánico formado por reacción del metal alcalino metálico y la materia prima petrolífera.

7. El método de la reivindicación 1 que comprende:

obtener la primera materia prima petrolífera que comprende una cantidad de metales pesados, ácido nafténico y al menos un heteroátomo;

35 hacer reaccionar la primera materia prima petrolífera con una primera cantidad de un metal alcalino, en donde el metal alcalino elimina los metales pesados de la primera materia prima petrolífera;

hacer reaccionar la primera materia prima petrolífera con una segunda cantidad de un metal alcalino, en donde la segunda cantidad del metal alcalino reacciona con el ácido nafténico para formar una materia prima petrolífera desacidificada, en donde un valor del TAN de la primera materia prima petrolífera es mayor que un valor del TAN de la materia prima petrolífera desacidificada; y los metales pesados se separan de la primera materia prima petrolífera antes de que la segunda cantidad del metal alcalino reaccione con la primera materia prima petrolífera;

40 hacer reaccionar la materia prima petrolífera desacidificada con una tercera cantidad de un metal alcalino, en donde la tercera cantidad del metal alcalino reacciona con el al menos un heteroátomo para formar una materia prima petrolífera mejorada, en donde la relación de heteroátomos a carbono de la materia prima petrolífera mejorada es inferior a la relación de heteroátomos a carbono de la primera materia prima petrolífera.

45 8. El método de la reivindicación 7, en donde las reacciones con la primera, segunda y tercera cantidades del metal alcalino se producen todas dentro de una misma cámara.

9. El método de la reivindicación 7, en donde las reacciones con la primera, segunda y tercera cantidades del metal alcalino se producen todas dentro de diferentes cámaras.

50 10. El método de la reivindicación 5 comprendiendo además un hidrocarburo de mejora que reacciona con la primera materia prima petrolífera de manera que la materia prima petrolífera desacidificada tiene un valor energético mayor que un valor energético de la primera materia prima petrolífera.

11. El método de la reivindicación 10 en donde el hidrocarburo de mejora comprende gas de hidrógeno, metano, etano, propano, butano, pentano, eteno, propeno, buteno, penteno, dienos, isómeros de los anteriores, y/o mezclas de los mismos.
- 5 12. El método según la reivindicación 1 en donde la reacción se produce a una temperatura superior al punto de fusión del metal alcalino metálico pero inferior a 450 °C.
13. El método según la reivindicación 1 en donde la reacción se produce a una presión superior a unos 17 bar (250 psi) pero a una presión inferior a unos 172 bar (2.500 psi).
- 10 14. Un uso de metal alcalino en la desacidificación de una materia prima petrolífera, en donde el metal alcalino comprende litio, sodio y/o aleaciones de los mismos y en donde la desacidificación reduce un valor del TAN de la materia prima petrolífera igual o mayor a 1 a un valor del TAN que es inferior a 1.

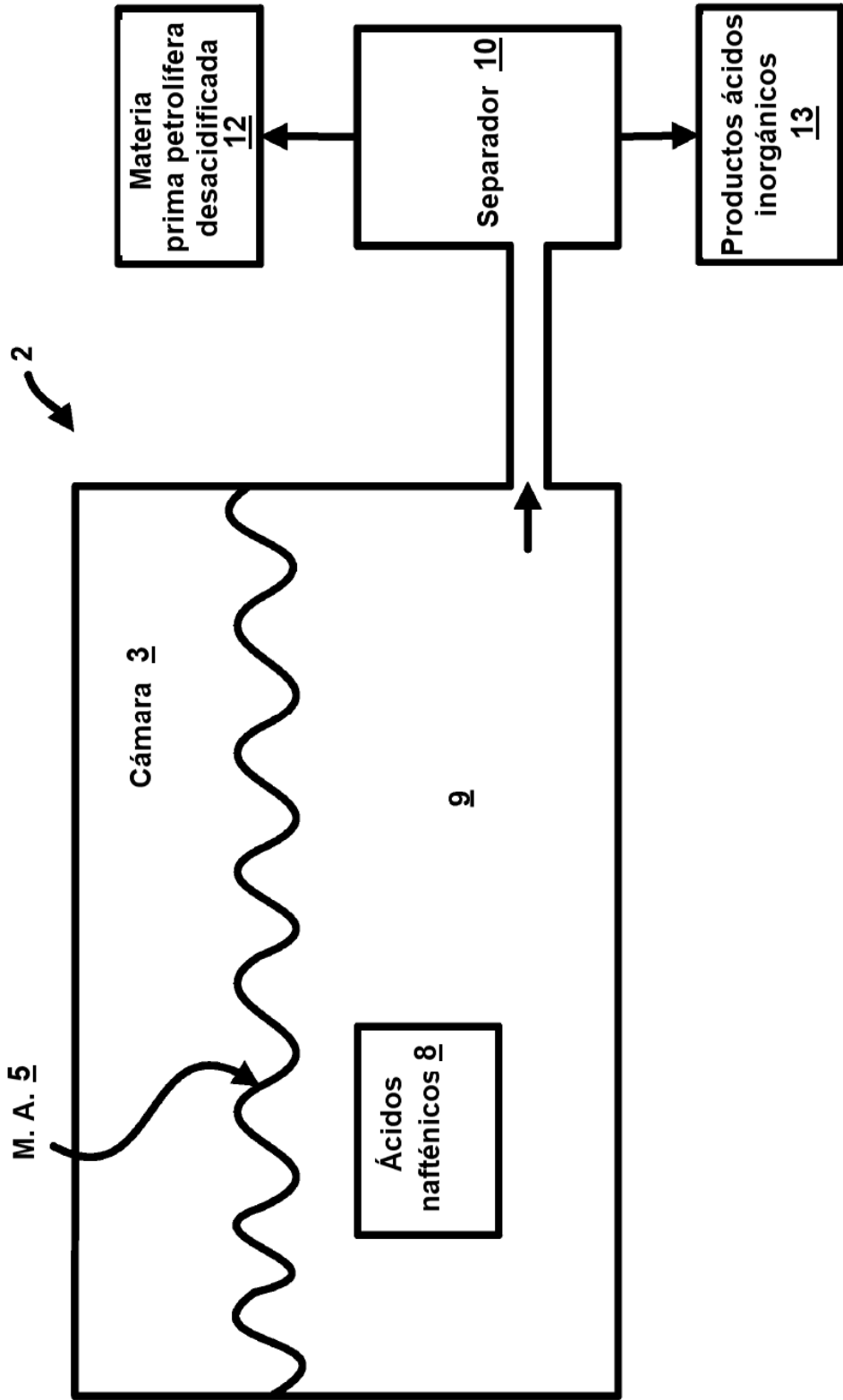


FIGURA 1

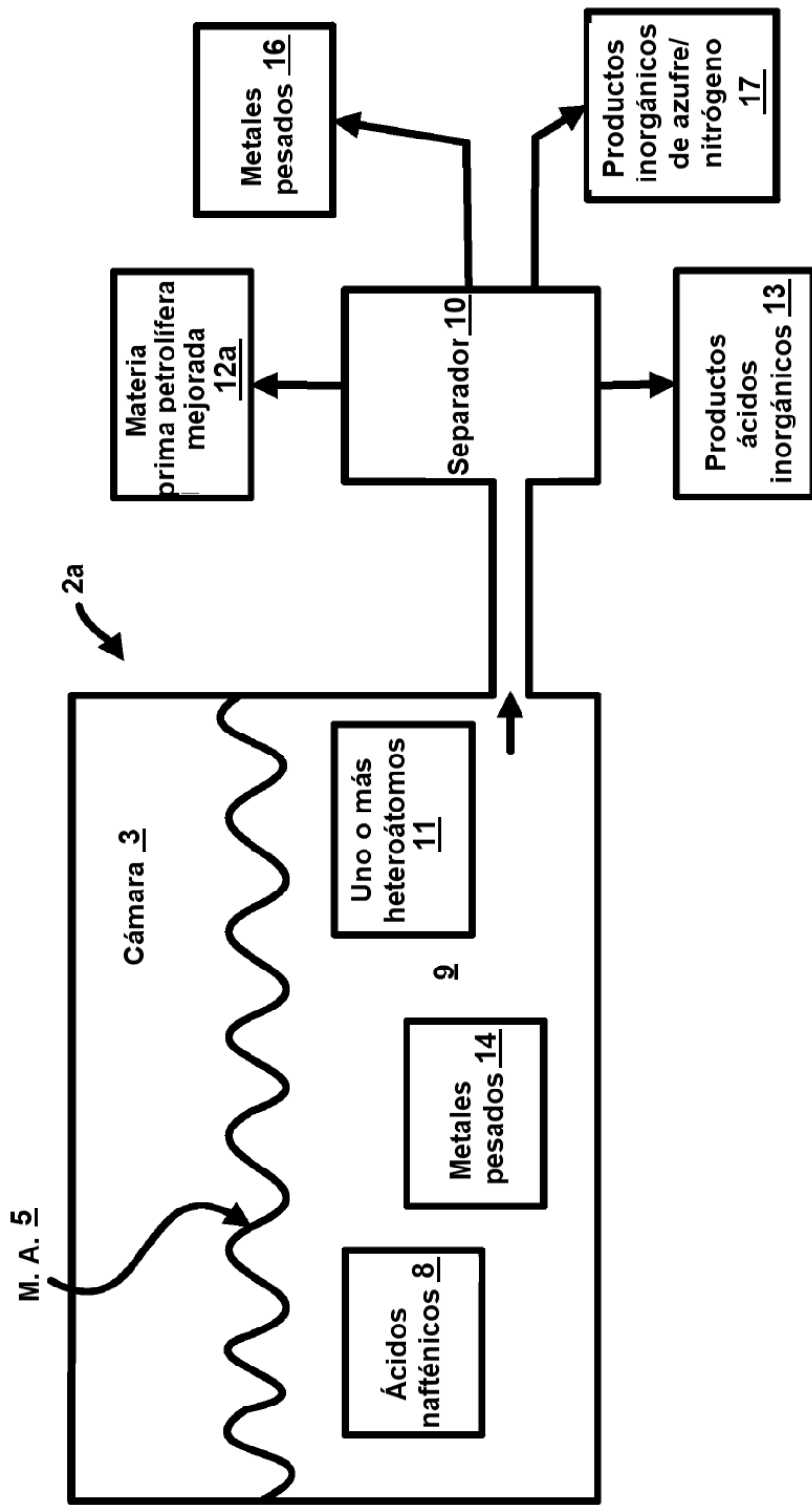


FIGURA 2

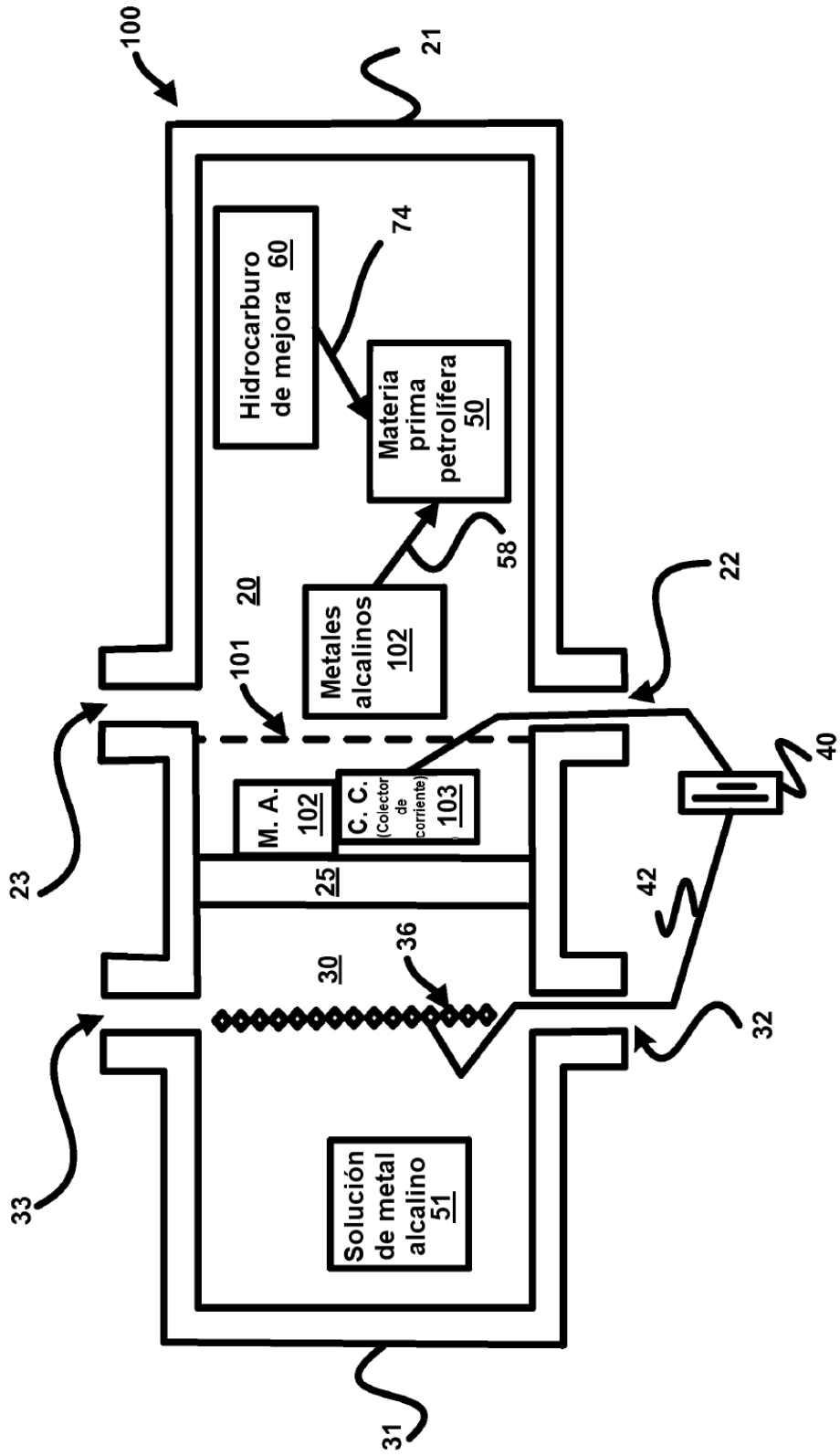


FIGURA 4

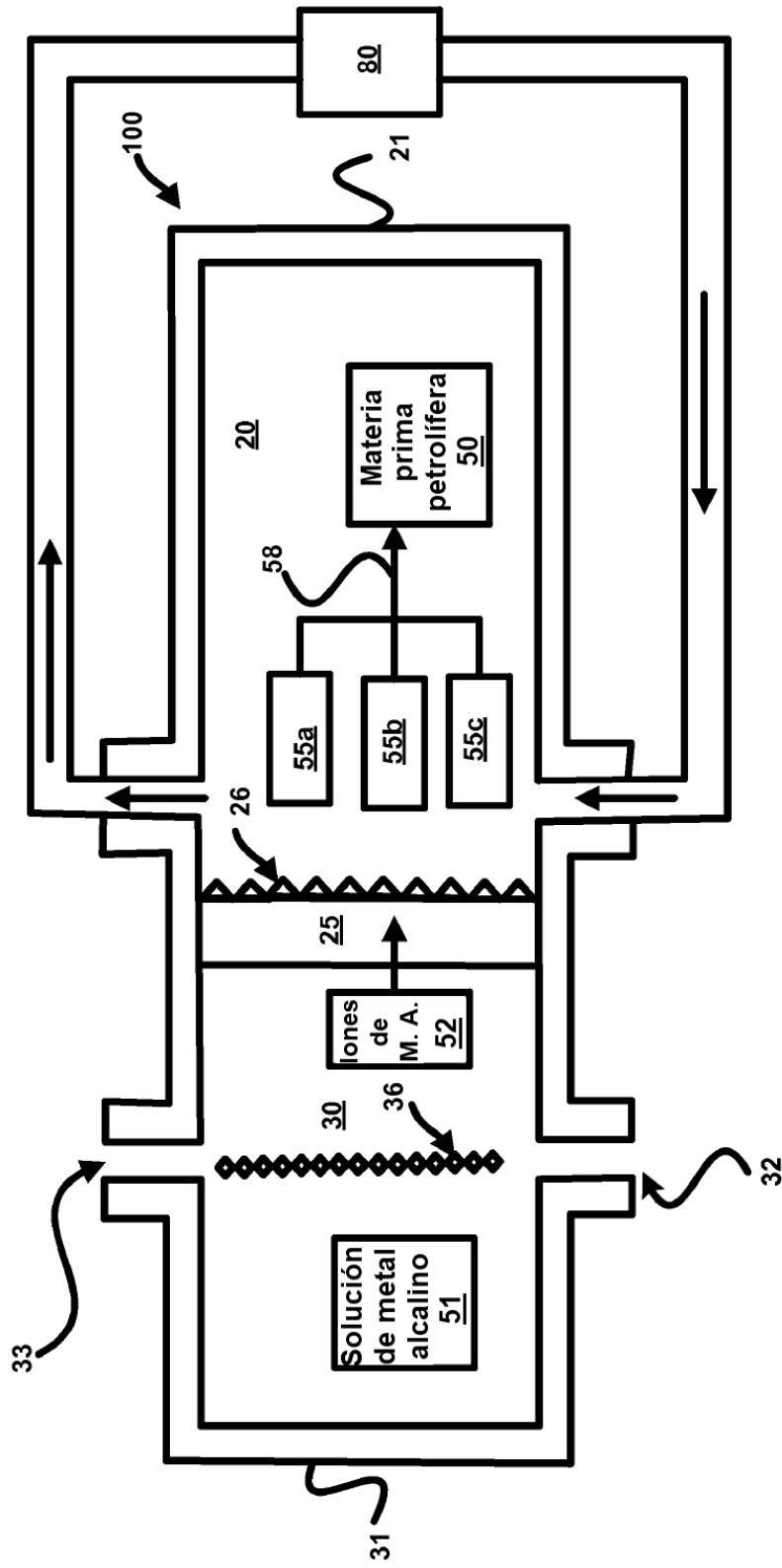


FIGURA 5

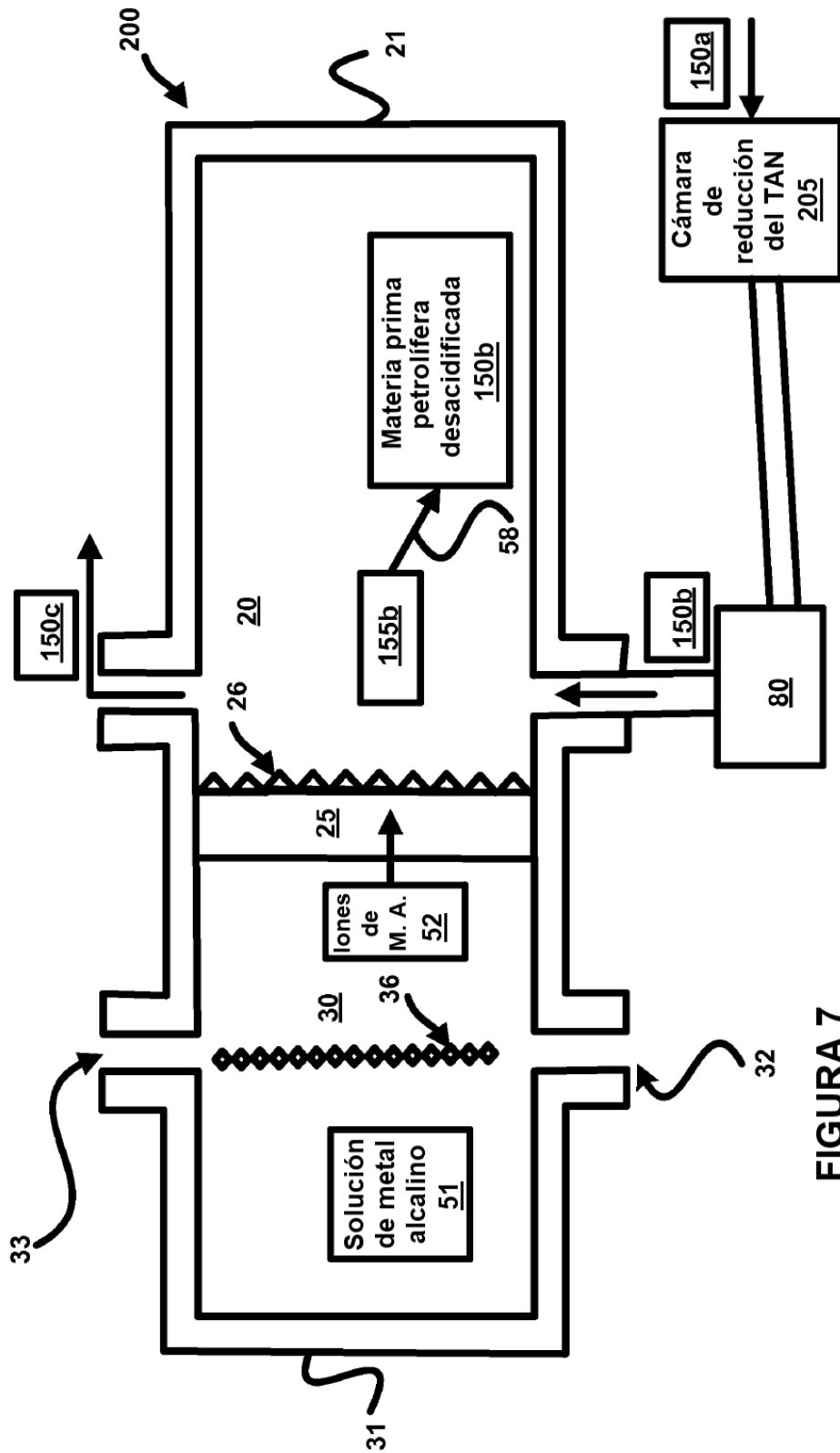


FIGURA 7