

**UNIDAD DE PREPARACIÓN DE CATALIZADOR PARA SU USO EN EL
PROCESAMIENTO DE HIDROCARBUROS PESADOS**

5

Campo de la invención

La invención se relaciona con el campo de procesamiento de hidrocarburos y proporciona una unidad de preparación de catalizador para la producción de una mezcla
10 de catalizador activado para este propósito.

Antecedentes de la invención

El uso de catalizadores en el procesamiento de
15 hidrocarburos es bien conocido. Los catalizadores permiten las reacciones de procesamiento de hidrocarburos, tal como hidro-tratamiento, hidrocraqueo, craqueo al vapor o mejora las reacciones, para proceder más eficientemente bajo diferentes condiciones de reacción con el resultado de que
20 la eficiencia y economía general de un proceso se mejoran. Los diferentes catalizadores son más eficaces en ciertas reacciones que otros y, como resultado, la investigación significativa se realiza en el diseño de catalizadores con el fin de seguir mejorando la eficiencia de las reacciones.
25 Muchos factores tales como químico catalizador, tamaño de partícula, estructura de soporte y la química de reacción para producir el catalizador son muy importantes en la

determinación de la eficiencia de reacción y eficacia, así como la economía de un catalizador especial.

Los catalizadores se pueden categorizar generalmente como catalizadores soportados y no soportados. Los catalizadores soportados son más ampliamente utilizados debido a varias ventajas que incluyen una gran área de superficie disponible para anclar las fases activas (usualmente metales) predominantes responsables de la actividad catalítica en el soporte. Una ventaja de los catalizadores soportados sobre catalizadores no soportados es que no se requiere una separación de catalizadores de reactivos y productos de dentro o fuera del recipiente de reacción.

Aunque eficaces en muchas aplicaciones, los catalizadores soportados están en desventaja cuando se utilizan con materias primas que inevitablemente producen depósitos sólidos dentro de la red porosa del soporte catalizador. En tales casos se produce una pérdida progresiva de rendimiento del catalizador debido al taponamiento de poros, hacer cantidades más grandes de catalizadores necesarios para un proceso determinado para mantener reacciones eficientes.

Los catalizadores no son físicamente soportados en una matriz sólida y por lo tanto son menos costosos de producir. En reacciones donde los catalizadores no

soportados son solubles en el medio de reacción, las dificultades en la recuperación de los catalizadores del flujo de producto aumentan los costos de reacción o producción debido a que el catalizador debe ser reemplazados. También puede haber un requisito para que los reactivos sean sometidos a procesos de separación costosos. Con frecuencia, los catalizadores a base de metal no soportados con tamaños o diámetros de partículas equivalentes para catalizadores soportados ofrecen menor área de superficie de fases activas catalíticas. Sin embargo, los catalizadores no soportados con tamaños de partícula por debajo del rango de micras proporcionan ventajas sobre los catalizadores soportados mediante el aumento del área de superficie disponible de sitios activos para la reacción y por lo tanto, puede permitir que una reacción proceda de manera más eficiente en comparación con un reacción que utiliza un catalizador soportado.

Aunque no existe ninguna regla universal con respecto a la superioridad de una clase de catalizador sobre otra, en muchos sistemas, una consideración primordial en la elección o diseño de un sistema de catalizador es el potencial intercambio entre la eficacia de la reacción y los costos de los catalizadores no soportados versus los catalizadores soportados.

La mejora de hidrocarburos in situ directamente en un

depósito se ha vuelto más factible con el desarrollo de procesos con una alta capacidad de calentamiento de fluido extraído del mismo petróleo crudo producido. Este fluido de calentamiento también puede utilizarse como el conductor de calor para el nanocatalizador que es necesario para promover las reacciones de mejora a temperaturas relativamente bajas.

La opción de usar catalizadores de mejoramiento convencionales (heterogéneos), para procesar el petróleo crudo pesado producido en un depósito o muy cerca al pozo de producción ha sido investigado. Una de las mejoras más significativas en esta área ha conducido a la posibilidad de aplicar el proceso de pozo a pozo, y, consecuentemente, se puede utilizar una menor escala de equipo que resistirá la presión. Debido a que las reacciones de mejora suceden dentro del depósito, la pequeña cantidad de coque que podría ser producida permanecería dentro del depósito (Weissman, J.G. y R.V. Kessler, Downhole heavy crude oil hydroprocessing. Applied Catalysis A: General, 1996. 140(1): p. 1-16, incorporado en el presente por referencia en su totalidad).

El mejoramiento catalítico cerca del pozo de producción ha sido investigado en un proceso de mejoramiento que incluye colocar un catalizador en el pozo de producción a través de las técnicas de inyección

convencionales y el calentamiento de la zona de producción usando elementos eléctricos, e inyectar hidrógeno o gas de síntesis en el pozo de producción. De esta manera, los fluidos provenientes de la combustión *in situ* son obligados a pasar a través de la matriz del depósito. Los resultados de varios experimentos indicaron una mayor producción de hidrógeno y de hidrocarburos en el caso de la prueba catalítica en comparación con la prueba no catalítica. También se observó un aumento de 8 grados API en la densidad del producto catalítico, y una reducción de alrededor del 50% m de azufre (Weissman, J. et al., Down-hole catalytic upgrading of heavy crude oil. Energy & Fuels, 1996. 10(4): p. 883-889, incorporated herein by reference in entirety). Sin embargo, el riesgo de contactar entre fluidos de combustión *in situ* y gas de síntesis o hidrógeno a una alta temperatura es un reto importante para el control de ese proceso.

Las investigaciones mencionadas anteriormente no aportaron soluciones a los grandes desafíos de un proceso de mejoramiento del mundo real. El problema de incorporar un catalizador a través de un medio poroso del depósito en condiciones diferentes a las de inyección de aire, y evitar la desactivación del catalizador no se abordó. Este último desafío consiste en el mantenimiento de un proceso económico mientras reduce la formación de coque que al

mismo tiempo es la causa y la consecuencia de la desactivación del catalizador.

Como tal, uno de los principales retos actuales es la rápida desactivación o envenenamiento del catalizador debido a la gran cantidad de contaminantes tales como: asfaltenos, azufre y metales (Galarrraga, C.E. and P. Pereira-Almao, Hydrocracking of Athabasca bitumen using submicronic multimetallic catalysts at near in-reservoir conditions. Energy & Fuels, 2010, 24(4): p. 2383-2389, incorporado en el presente documento por referencia en su totalidad). Otro desafío involucra el transporte de calor al depósito en una manera convencional (no eléctrica) y continua, sin incurrir en grandes costos de transferencia de energía y mientras se asegura la producción con un aumento estable en la calidad y petróleo crudo. La combustión *in situ* produce productos mejorados sólo al final de su vida útil. Al mismo tiempo, este proceso produce olefinas en cantidades significativas cuando los niveles insuficientes de hidrógeno están presentes.

Se ha descrito el hidrocraqueo de bitumen usando una variedad de catalizadores ultra dispersos basados en partículas metálicas (níquel, cobalto, tungsteno y molibdeno) partículas nano o sub-micras (Patentes de los Estados Unidos 8,551,907, 8,304,363, 8,298,982, 8,283,279, y 7,897,537 cada uno de los cuales se incorpora en el

presente documento por referencia en su totalidad).

Estos catalizadores ultra-dispersos han sido investigados bajo condiciones similares a las condiciones existentes en los depósitos de la región de Athabasca de Alberta, Canadá, con empaque de arena dentro de un rango de permeabilidad entre alrededor de 1 a 12 Darcies. Las pruebas realizadas (con o sin catalizadores) fueron entre alrededor de 270 °C y alrededor de 380 °C y entre alrededor de 8 y alrededor de 210 horas para el petróleo crudo. Con el contacto del catalizador y el hidrógeno que fluye continuamente, se confirmó que los catalizadores ultra-dispersos aumentan la conversión, reducen el residuo de micro carbón, reducen la formación de coque, y aumenta la desulfuración. También se confirmó que después del aumento de temperatura, la conversión de la fracción de residuo del petróleo crudo aumenta y la calidad del producto de hidrocarburo es reproduciblemente mejorada en términos de densidad, viscosidad y los niveles de azufre (Luis Alejandro Coy, P.P.-A. Experimental Reactive Simulation of a Hot Fluid Injection Process for In-Reservoir Upgrading. In World Heavy Oil congress 2014. New Orleans, LA, EE.UU.: DMG Energy Conferences; Galarraga, C.E. and P. Pereira-Almao, Hydrocracking of Athabasca bitumen using submicronic multimetallic catalysts at near in-reservoir conditions. Energy & Fuels, 2010. 24(4): p. 2383-2389; Rendón, V.,

Experimental Evaluation of In Situ Upgrading by Continuous Injection of Submicronic Catalysts at Moderate Temperatures with Hydrogen Addition, in Schulich School of Engineering. 2011, University of Calgary: Calgary. p. 238, cada uno de los que se incorporan en el presente documento por referencia en su totalidad).

Se ha descrito la transportabilidad de los catalizadores ultra dispersos en gasoil de vacío (VGO) inicialmente a una temperatura cerca de 25 °C. En particular, el surfactante que se podría utilizar en la preparación de los catalizadores ultra dispersos no se descompone completamente bajo las condiciones probadas, y que tenía una tendencia para formar emulsiones dentro de un lecho empacado (previamente saturado con agua), precipitando algunas partículas que causan el bloqueo del embalaje, sobre todo en su entrada. En una prueba posterior que estudia el efecto del agua de formación, se encontró que la retención del catalizador en la superficie de la arena es ligeramente mayor (aprox. 18%) que la cantidad inyectada, dada la ausencia de agua en la superficie de los granos de arena. También se encontró que las partículas metálicas suspendidas en el fluido, dentro del embalaje, fueron arrastradas fuera del sistema, mientras que las partículas previamente retenidas en el lecho no fueron afectadas significativamente. Otros experimentos a mayor

temperatura muestran que el flujo de una corriente de hidrocarburos con catalizadores nano-dispersos pueden propagarse fácilmente a través de un lecho empacado sin afectar negativamente la permeabilidad del lecho empacado

5 (Zamani, A., B. Maini, and P. Pereira-Almao, Experimental study on transport of ultra-dispersed catalyst particles in porous media. *Energy & Fuels*, 2010. 24(9): p. 4980-4988; Zamani, A., B. Maini, and P. Pereira-Almao, Flow of nanodispersed catalyst particles through porous media:

10 Effect of permeability and temperature. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 2012, 90(2): p. 304-314, each of which is incorporated herein by reference in entirety).

Las pruebas a temperatura más alta (150 °C) con baja

15 concentración de catalizadores ultra-dispersos mostraron la retención del catalizador de al menos 20%. A mayor temperatura 280 °C o más no se encontró ninguna evidencia del catalizador en la salida del embalaje. Por lo tanto, se aumenta la retención a altas temperaturas de al menos 150

20 °C. Es posible que las reacciones de hidrodeshmetalación pudieran producirse en las temperaturas más altas indicadas. La reducción de permeabilidad en las pruebas de temperatura más alta fue 5 a 1.9 Darcies después de la inyección de más de 60 volúmenes porosos a través del

25 embalaje y presentándolo a las condiciones de reacción

diversas, con y sin nanocatalizadores (Rendón, V., Experimental Evaluation of In Situ Upgrading by Continuous Injection of Submicronic Catalysts at Moderate Temperatures with Hydrogen Addition, in Schulich School of Engineering. 5 2011, University of Calgary: Calgary. p. 238, incorporado en el presente documento por referencia en su totalidad).

El resultado de estas investigaciones indica que es posible inyectar una emulsión compuesta por hidrocarburos pesados, hidrógeno y catalizadores ultra dispersos en un 10 depósito sin dañar la estructura del depósito. Por otra parte, se confirmó que es posible llenar el lecho empacado con partículas sub micras, y que una vez dentro del depósito, el lecho empacado se convierte en un reactor tipo "lecho fijo", que puede mejorar flujos de hidrocarburos sin 15 más adición de catalizadores mediante la adición de una pequeña cantidad de hidrógeno. Un ejemplo se encuentra en la patente canadiense 2,810,022, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad.

Con estos avances recientes en la tecnología de 20 procesamiento de hidrocarburos, ahora es posible desarrollar sistemas para realizar el procesamiento de hidrocarburos a una mayor escala. Como resultado, se debe abordar un número de problemas para aprovechar al máximo la tecnología. Un problema es un requisito para una unidad de 25 preparación de catalizador con suficiente flexibilidad para

producir catalizadores de procesamiento de hidrocarburos eficientemente y a un costo relativamente bajo.

Breve descripción de la invención

5

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se describe una unidad de preparación de catalizador para producir una mezcla catalizador-hidrocarburo activada, la unidad de preparación de catalizador que comprende: uno o
10 más conductos de entrada de reactivo de catalizador; un conducto de entrada de hidrocarburo; un conducto de entrada de agua; una o más sistemas de transporte y mezcla de reactivo de catalizador para recibir y mezclar los reactivos de catalizador de los conductos de entrada de
15 componente de catalizador y agua proporcionada por el conducto de entrada de agua para proporcionar una o más soluciones de reactivo de catalizador; uno o más sistemas de transporte y mezcla de hidrocarburos para recibir y mezclar las soluciones de reactivo de catalizador e
20 hidrocarburos proporcionados por el conducto de entrada de hidrocarburos para producir una mezcla de reactivo hidrocarburo-catalizador; al menos un reactor ubicado descendente de los mezcladores, para recibir y activar la mezcla de reactivo hidrocarburo-catalizador, produciendo
25 así la mezcla de catalizador de hidrocarburo activado; un

separador gas/líquido ubicado descendente del reactor, para retirar los vapores y gas de la mezcla de catalizador-hidrocarburo activada; y un conducto de salida para transportar la mezcla catalizador-hidrocarburo activada
5 lejos de la unidad de preparación de catalizador.

En una modalidad, los conductos de entrada de reactivo de catalizador, y los sistemas de transporte y mezcla de reactivo de catalizador son químicamente compatibles con heptamolibdato de amonio, metatungstato de
10 amonio, acetato de níquel, acetato de cobalto, sulfuro de amonio y tiourea o cualquier combinación de los mismos.

En una modalidad, los conductos de entrada de reactivo de catalizador incluyen tres conductos de sal metálica y un conducto de compuesto de fuente de azufre.

15 En una modalidad, los conductos de entrada de reactivo de catalizador incluyen dos conductos de sal metálica y un conducto de compuesto de fuente de azufre.

En una modalidad, en donde los conductos de entrada de reactivo de catalizador incluyen un conducto de sal
20 metálica y un conducto de compuesto de fuente de azufre.

En una modalidad adicional, cada uno de los sistemas de transporte y mezcla del reactivo de catalizador incluye un mezclador de solución para la generación de una solución de reactivo de catalizador y una bomba de dosificación para
25 el transporte de volúmenes específicos de la solución de

reactivo catalizador a uno de los sistemas de transporte y mezcla de hidrocarburos.

En una modalidad, cada uno de los sistemas de transporte y mezcla de hidrocarburos comprende una bomba de centrifugación y un mezclador en línea, en donde la bomba de centrifugación es para extraer los hidrocarburos desde el exterior de la unidad de preparación de catalizador y transportar los hidrocarburos al mezclador en línea para mezclar con la solución de reactivo de catalizador.

En una modalidad, se proporcionan dos sistemas de transporte y mezcla de reactivo de catalizador y dos sistemas de transporte y mezcla de hidrocarburos, en donde uno de los dos sistemas de transporte y mezcla de reactivo de catalizador está configurado para transportar una solución de dos diferentes sales metálicas y un compuesto de fuente de azufre y el otro sistema de transporte y mezcla de reactivo de catalizador está configurado para transportar una tercera solución de sal metálica, y en donde uno de los dos sistemas de transporte y mezcla de hidrocarburos está configurado para recibir y mezclar la solución de las dos diferentes sales metálicas y el compuesto de fuente de azufre con los hidrocarburos para producir una primera mezcla de catalizador-hidrocarburo y transportar la primera mezcla de reactivo de catalizador-hidrocarburo al reactor, y el otro sistema de transporte y

mezcla de hidrocarburo está configurado para recibir y
mezclar la solución de la tercera sal metálica con los
hidrocarburos para producir una segunda mezcla de reactivo
de catalizador-hidrocarburo y transportar la segunda mezcla
5 de reactivo de catalizador-hidrocarburo al reactor.

En una modalidad, la unidad de preparación de
catalizador incluye tres sistemas de transporte y mezcla de
reactivo de catalizador, tres sistemas de transporte y
mezcla de hidrocarburos, y tres reactores, en donde cada
10 uno de los tres sistemas de transporte y mezcla de reactivo
de catalizador está configurado para transportar una
solución de una diferente sal metálica y un compuesto de
fuente de azufre a un correspondiente sistema de transporte
y mezcla de hidrocarburos de los tres sistemas de
15 transporte y mezcla de hidrocarburos, produciendo así tres
mezclas diferentes de reactivo catalizador-hidrocarburo y
en donde cada uno de los tres sistemas de transporte y
mezcla de hidrocarburos está configurado además para
transportar su respectiva mezcla de reactivo catalizador-
20 hidrocarburo de las tres diferentes mezclas de reactivo
catalizador-hidrocarburo a uno de los tres reactores
correspondientes.

En una modalidad, la salida del reactor de cada uno
de los tres reactores correspondientes se fusiona
25 ascendente del separador gas/líquido.

En diversas modalidades, la unidad de preparación de catalizador incluye un conducto de entrada de hidrógeno para la adición de hidrógeno a la mezcla catalizador-hidrógeno activada en el conducto de salida.

5 En una modalidad, el conducto de entrada de hidrocarburos está configurado para el transporte de petróleo pesado y en aún otras modalidades, el petróleo pesado es un residuo de la destilación de un proceso de mejoramiento de petróleo pesado con una gravedad API de
10 alrededor de 20 ° o menos.

En diversas modalidades, la unidad de preparación de catalizador es proporcionada en forma modular y configurada para desacoplarse de una instalación de procesamiento de hidrocarburos, transportarse por un vehículo y acoplarse a
15 otra instalación de procesamiento de hidrocarburos.

En todavía más modalidades, la unidad de preparación de catalizador produce una mezcla catalizador-hidrocarburo activado, la unidad de preparación de catalizador que comprende: un conducto de entrada de reactivo de
20 catalizador; un conducto de entrada de hidrocarburo; un sistema de transporte y mezcla de hidrocarburo y reactivo de catalizador para recibir y mezclar los reactivos de catalizador del conducto de entrada de reactivo de catalizador con hidrocarburos proporcionado por el conducto
25 de entrada de hidrocarburos para producir una mezcla de

hidrocarburos y reactivo de catalizador; un reactor ubicado descendente del sistema de transporte y mezcla de hidrocarburos y reactivo de catalizador, para recibir y activar la mezcla de reactivo de catalizador-hidrocarburo, produciendo así la mezcla de catalizador de hidrocarburo activado; un separador gas/líquido ubicado descendente del reactor, para retirar los vapores y gas de la mezcla de catalizador-hidrocarburos activada; y un conducto de salida para transportar la mezcla de catalizador-hidrocarburos activada de la unidad de preparación de catalizador.

En una modalidad adicional, el conducto de entrada de reactivo de catalizador está configurado para el transporte de una mezcla compuesta de reactivos de catalizador en forma sólida.

En todavía una modalidad adicional, el conducto de entrada de reactivo de catalizador, y el sistema de transporte y mezcla de hidrocarburos y reactivo de catalizador son químicamente compatibles con heptamolibdato de amonio, metatungstato de amonio, acetato de níquel, acetato de cobalto, sulfuro de amonio y tiourea o cualquier combinación de los mismos.

En una modalidad adicional, el sistema de transporte y mezcla de hidrocarburos y reactivo de catalizador comprende un molino para reducir el tamaño de las partículas de reactivos, un mezclador de alto cizallamiento

descendente del molino para reducir más el tamaño de las partículas de los reactivos.

En una modalidad, la unidad de preparación de catalizador incluye además una bomba de centrifugación para el transporte de la mezcla de reactivo hidrocarburo-catalizador al reactor.

En todavía otra modalidad, la unidad de preparación de catalizador incluye un conducto de entrada de hidrógeno para la adición de hidrógeno a la mezcla catalizador-hidrógeno activada en el conducto de salida.

En una modalidad, el conducto de entrada de hidrocarburos está configurado para el transporte de petróleo pesado y más específico, en otras modalidades, el petróleo pesado es un residuo de la destilación de un proceso de mejoramiento de petróleo pesado con una gravedad API de alrededor de 20 ° o menos.

En otro aspecto, la invención describe una combinación de unidad de preparación de catalizador para producir una mezcla de hidrocarburos-catalizador activada por un proceso de preparación de catalizador mono-metálico un proceso de alimentación de sal compuesta, la combinación de la unidad de preparación de catalizador que comprende: la unidad de preparación de catalizador como la anterior para el proceso de preparación de catalizador mono-metálico; y la unidad de preparación de catalizador como se

mencionó anteriormente para el proceso de alimentación de sal compuesta, en donde al menos uno de los tres reactores utilizados para el proceso de preparación de catalizador mono-metálico es compartido por la unidad de preparación de catalizador para el proceso de alimentación de sal compuesta; y el separador gas/líquido y el conducto de salida utilizado para el proceso de preparación de catalizador mono-metálico son ambos compartidos por la unidad de preparación de catalizador para el proceso de alimentación de sal compuesta.

En otra modalidad, la unidad de preparación de catalizador incluye un conducto de entrada de hidrógeno para la adición de hidrógeno a la mezcla catalizador-hidrógeno activada en el conducto de salida.

Adicionalmente, el conducto de entrada de hidrocarburos está configurado para el transporte de petróleo pesado y en otras modalidades, en donde el petróleo pesado es un residuo de la destilación de un proceso de mejoramiento de petróleo pesado con una gravedad API de alrededor de 20 ° o menos.

Además, la unidad de preparación de catalizador puede ser proporcionada en forma modular y configurada para desacoplarse de una instalación de procesamiento de hidrocarburos, transportarse por un vehículo y acoplarse a otra instalación de procesamiento de hidrocarburos.

En otro aspecto, la invención describe una instalación de mejoramiento de hidrocarburos *in situ* configurada para procesar los hidrocarburos por medio de inyección de una mezcla de catalizador activado e hidrocarburos en un depósito en donde la mezcla de catalizador activado e hidrocarburos es generada usando cualquiera de las unidades de preparación de catalizador como se describe en el presente documento.

Breve descripción de los dibujos

Diversos objetos, características, y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción de las modalidades particulares de la invención, como se ilustra en los dibujos adjuntos. Se hace hincapié en ilustrar los principios de varias modalidades de la invención. Números de referencia similares indican componentes similares.

La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una modalidad de un proceso de mejoramiento de hidrocarburos.

La Figura 2A es la primera parte de un diagrama de flujo del proceso para una unidad de preparación de catalizador que produce una mezcla de un catalizador ultra disperso activado (UDC) en petróleo, de acuerdo con un primer proceso señalado como Preparación del Catalizador

Tri-metálico.

La Figura 2B es la segunda parte de un diagrama de flujo del proceso de dos partes descrito en la Figura 2A.

La Figura 3A es la primera parte de un diagrama de
5 flujo del proceso para una unidad de preparación de catalizador que produce una mezcla de un catalizador ultra disperso activado en petróleo, de acuerdo con un segundo proceso designado como Proceso de Alimentación de Compuesto de Sal.

10 La Figura 3B es la segunda parte de un diagrama de flujo del proceso de dos partes descrito en la Figura 3A.

La Figura 4A es la primera parte de un diagrama de flujo del proceso de tres partes para una unidad de preparación de catalizador que produce una mezcla de un
15 catalizador ultra disperso activado en petróleo, de acuerdo con un tercer proceso designado como Preparación del Catalizador Mono-metálico.

La Figura 4B es la segunda parte de un diagrama de flujo del proceso descrito en la Figura 4A.

20 La Figura 4C es la tercera parte de un diagrama de flujo del proceso descrito para la Figura 4A.

La Figura 5A es la primera parte de un diagrama de flujo del proceso de tres partes para una unidad de preparación de catalizador que produce una mezcla de un
25 catalizador ultra disperso activado en petróleo, de acuerdo

con tanto el segundo proceso descrito para la Figura 3A como el tercer proceso descrito para la Figura 4A.

La Figura 5B es la segunda parte de un diagrama de flujo del proceso descrito en la Figura 5A.

5 La Figura 5C es la tercera parte de un diagrama de flujo del proceso descrito para la Figura 5A.

Descripción detallada de la invención

10 Introducción y Vista general

Ahora se describirá un número de modalidades con referencia a las Figuras que ilustran el flujo del proceso de las modalidades ejemplares. Se pone énfasis en destacar las contribuciones de varios de los componentes de la funcionalidad de los diversos aspectos de la invención. Un número de posibles características alternativas se introduce durante el transcurso de esta descripción. Es de entenderse que, de acuerdo con el conocimiento y juicio de personas expertas en la materia, dichas características alternativas pueden ser sustituidas en varias combinaciones para llegar a modalidades alternativas de la presente invención y que dichas modalidades alternativas están dentro del alcance de la invención. Siempre que sea posible, los números de referencia similares indican

20 características similares.

25

Se describen las modalidades de una unidad de preparación de catalizador. La unidad de preparación de catalizador está diseñada para producir una mezcla de catalizador ultra disperso en petróleo para su posterior uso en una operación de procesamiento de hidrocarburos que normalmente incluirá importantes mejoramientos *in situ* de hidrocarburos pesados en un depósito para producir productos de hidrocarburos mejorados.

Las definiciones de diversos términos según lo proporcionado en el presente documento están destinadas a proporcionar guía al lector experto con respecto a los principios y el alcance de la invención y donde sea apropiado definir límites particulares como razonablemente se entiende por dicho lector.

Definiciones

Como se utiliza en el presente documento, el término "petróleo pesado" se refiere a cualquier producto de petróleo líquido con un valor de gravedad API entre 22.2 ° y 10°. La gravedad API es una escala desarrollada por el American Petroleum Institute y representa una modificación de la ecuación para la determinación de gravedad específica. La gravedad API y métodos para su determinación son bien conocidos para los expertos en la materia de la extracción de petróleo. Un ejemplo de un sistema de clasificación del petróleo crudo de acuerdo con los valores

de gravedad API se proporciona en la Tabla 1 (www.petroleum.co.uk), incorporadas en el presente documento por referencia en su totalidad). Otros sistemas de clasificación pueden tener diferentes rangos de valor y posiblemente otras categorías tales como petróleo crudo "extra ligero".

Tabla 1: Clasificación de gravedad API del Petróleo Crudo

Clasificación del Petróleo Crudo	Valor de Gravedad API
Ligero	31.1° o superior
Medio	22.3° a 31°
Pesado	22.2° a 10°
Extra Pesado (Bitumen)	Inferior a 10°

Como se utiliza en el presente documento, el término "conducto" se utiliza para describir cualquier medio para el transporte de sólidos o líquidos dentro de la unidad de preparación de catalizador. Los ejemplos incluyen, pero no se limitan a tubos o tuberías que pueden ser acoplados a medios de transporte impulsados por varios tipos de bombas de líquido o fuentes de vacío para el transporte de líquidos, así como rampas de gravedad o cintas transportadoras impulsadas por medios mecánicos para el transporte de sólidos.

Como se utiliza en el presente documento, los términos "descendente" y "ascendente" son términos relativos que se utilizados para identificar ubicaciones en un proceso con respecto a una o más otras ubicaciones. Una
5 ubicación descendente con respecto a otra ubicación es una posición más cerca al final del proceso que la otra ubicación. Una ubicación ascendente con respecto a otra ubicación es una posición más cercada al inicio del proceso que la otra ubicación. Estos términos son de uso común en
10 las materias que se relacionan al proceso de ingeniería y son bien entendidos por los expertos en la materia.

Como se utiliza en el presente documento, el término "mezcla de catalizador-hidrocarburos activada" se refiere a una mezcla de un catalizador activo e hidrocarburos en
15 forma líquida. El catalizador es un catalizador a base de metal diseñado para el craqueo de hidrocarburos. Ejemplos incluyen, pero no se limitan a, los catalizadores que se describe en 8,304,363, 8,298,982, 8,283,279 y 7,897,537 (cada uno de los cuales se incorpora en el presente por
20 referencia en su totalidad).

Como se utiliza en el presente documento, el término "sistema de transporte y mezcla del reactivo de catalizador" se refiere a un sistema que tiene cualquier medio para mezclar un reactivo de catalizador con un
25 líquido y para transportar la mezcla resultante a un

componente de procesamiento descendente de la unidad de preparación de catalizador. El equipo para la mezcla y transporte de líquidos es conocido para los expertos en la materia que se relacionan con ingeniería de procesos y puede ser adaptado a la unidad de preparación de catalizador de la presente invención sin una experimentación indebida. Como se utiliza en el presente documento, el término similar "sistema de transporte y mezcla de hidrocarburos" se refiere a un sistema que tiene cualquier medio para mezclar un hidrocarburo líquido con un líquido y para transportar la mezcla resultante a un componente de procesamiento descendente de la unidad de preparación de catalizador. "Transporte" en ambas definiciones significa que puede ser proporcionado por las bombas o medios de vacío. El equipo utilizado para la mezcla y transporte de mezclas líquidas y mezclas líquidas de hidrocarburos es conocido para expertos en la materia que se relacionan con ingeniería de procesos y puede ser adaptado a la unidad de preparación de catalizador de la presente invención sin una experimentación indebida.

Como se utiliza en el presente documento, el término "reactor" se refiere a un recipiente en donde ocurre una reacción química. Los reactores pueden ser proporcionados con medios para controlar la temperatura, presión y otros parámetros para la promoción de reacciones químicas.

Como se utiliza en el presente documento el término "compuesto de fuente de azufre" es cualquier compuesto que se puede utilizar para proporcionar azufre como un reactivo en la preparación de catalizadores activados incluyendo, pero no limitado a, los catalizadores descritos en 8,304,363, 8,298,982, 8,283,279 y 7,897,537 (cada uno incorporado en el presente por referencia en totalidad).

Como se utiliza en el presente documento, el término "bomba de dosificación" es cualquier bomba proporcionada con un medio para controlar la adición de un líquido a un proceso.

Como se utiliza en el presente documento, el término "mezclador de alto cizallamiento" se refiere a un aparato configurado para dispersar o transportar una fase o ingrediente (líquido, sólido, gas) en una fase continua principal (líquido), con la que normalmente sería inmisible. Un rotor o impulsor, junto con un componente estacionario conocido como un estator, o matriz de rotores y estatores, se utiliza tanto en un tanque que contiene la solución a ser mezclada, como en una tubería a través de la cual pasa la solución, para crear el cizallamiento. Un mezclador de alto cizallamiento puede utilizarse para crear emulsiones, suspensiones, liosoles (gas dispersado en líquido), y productos granulados.

Como se utiliza en el presente documento, el término

"molino" se refiere a un aparato para moler material sólido en partículas de menor tamaño.

Como se utiliza en el presente documento, los términos "mejoramiento de hidrocarburos" y "mejorar" son
5 sinónimos y se refieren a los procesos para obtener productos de mayor valor de una mezcla de calidad inferior de hidrocarburos, generalmente en forma líquida y generalmente se refieren a procesos que resultan en un producto de gravedad API más alto en comparación con el
10 material de inicio de gravedad API menor.

Procesos de mejoramiento de hidrocarburos

Las modalidades de la unidad de preparación de catalizador de la presente invención están diseñados para la operación como parte de los procesos de mejoramiento de
15 hidrocarburos, que pueden ser un proceso *in situ* (es decir, donde el procesamiento de hidrocarburos se produce dentro de un depósito), o un proceso de mejoramiento basado en la superficie. En un ejemplo de un proceso de mejoramiento de hidrocarburos, una fracción de petróleo pesado se destila
20 para separar productos de hidrocarburos de bajo punto de ebullición y la fracción menos volátil restante (menor gravedad API) se procesa además por la unidad de preparación de catalizador. Un catalizador ultra-dispersado en petróleo es el producto final del procesamiento
25 adicional y este producto final puede ser inyectado en un

depósito para producir un lecho catalítico empacado que promueve el resultante proceso de mejoramiento *in situ*. Los componentes de un ejemplo de un proceso de mejoramiento se describen en términos generales. El experto comprenderá las funciones de estos componentes y así comprenderán el contexto de operación de la unidad de preparación de catalizador de la presente invención.

En la Figura 1 se muestra un ejemplo de un proceso de mejoramiento (4) para tratar el petróleo crudo que normalmente se recupera de un depósito de petróleo. El petróleo crudo puede estar comprendido de una pluralidad de fracciones que incluyen varias fracciones como se describe anteriormente. En la materia de la invención, el petróleo crudo normalmente tendrá una mayor proporción de fracciones de petróleo pesado y por lo tanto se describe como un petróleo pesado (HO). El petróleo pesado (HO) primero se somete a la desalación en la unidad de desalación (6). En general, la extracción de sal y agua se requieren para prevenir la corrosión en las unidades de procesamiento, así como la prevención de la interacción química de las sales con los catalizadores diseñados para el proceso de mejoramiento. El proceso de desalación también se proporciona para reducir la mayoría de las impurezas y sedimentos suspendidos presentes en la muestra de petróleo crudo. La muestra desalada después se envía a una unidad de

destilación (8) desde donde se obtienen dos fracciones; una fracción de petróleo sintético (S0) que está compuesto de los productos tal como nafta, queroseno y otros compuestos con puntos de ebullición iniciales generalmente menos de 250 °C. Dichos compuestos se pueden considerar como "productos de mayor valor". La fracción restante se indica como petróleo (O) en la Figura 1 y estará comprendida de aquellos compuestos que son generalmente considerados como compuestos de petróleo pesado y/o "productos de menor valor". En algunas modalidades (no se muestra en la Figura 1), la fracción restante se somete además a la destilación al vacío para eliminar otros compuestos con puntos de ebullición iniciales generalmente menor de 450 °C. Como se entiende, varias combinaciones de procesos de separación pueden ser utilizados para producir una alimentación de petróleo (O) deseada. En una modalidad, y para los propósitos de la descripción presente en el presente documento, el petróleo restante es residuo de vacío señalado (gravedad API menor de 8) y se utiliza para alimentar la unidad de preparación de catalizador (10). Las entradas en la unidad de preparación de catalizador (10) incluyen agua (H₂O), sales catalíticas (CS) e hidrógeno (H₂) y la salida de la unidad de preparación de catalizador es una mezcla de petróleo en catalizador ultra-dispersada (CO). En las modalidades preferidas, los tamaños de

partícula de los catalizadores están en un rango de partícula sub-micra o nano-partícula, con el fin de proporcionar mayor longevidad y eficiencia catalítica. El equipo específico utilizado para desalar y destilar es conocido por la persona experta y puede ser fácilmente adaptada para uso en este proceso sin la experimentación indebida. Las modalidades de la unidad de preparación de catalizador (10) son descrito más adelante en el presente documento.

10 Unidad de Preparación de Catalizador

Ahora se describirá una serie de modalidades de una unidad de preparación de catalizador. Cada una de estas modalidades pueden usar el residuo de vacío descrito anteriormente con respecto al proceso de mejoramiento de la Figura 1, o petróleo pesado de diferentes fuentes como el componente de petróleo para formar un catalizador ultra disperso en el petróleo.

Los procesos desarrollados para producir modalidades de un catalizador ultra-disperso se describen en las patentes estadounidenses 8,304,363, 8,298,982, 8,283,279 y 7,897,537 (cada uno incorporada en el presente documento por referencia en su totalidad). Mientras que las patentes anteriores describen catalizadores en el rango de tamaño de nano-partículas, se entiende que no es esencial que los productos y procesos descritos en el presente documento

estén restringidos en la aplicación de la materia a los tamaños de partícula descritos en estas patentes. Se describen tres procesos distintos que se señalan como (i) preparación de catalizadores mono-, bi- o tri-metálicos
5 ultra-dispersos, (ii) alimentación de compuesto de sal y (iii) preparación de catalizador mono-metálico ultra-disperso.

Estas tres opciones de proceso se describen en el presente documento como que incluye tres zonas funcionales
10 (como se muestra en las Figuras 2 a 5); (a) una zona de mezcla, (b) una zona de activación de catalizador, y (c) una zona de separación. En términos generales, el petróleo se mezcla con las sales en la zona de mezcla y la mezcla es transportada a la zona de activación del catalizador donde
15 se activan los metales. A continuación, la mezcla de petróleo/metal activado es transportada a la zona de separación, donde todos los gases y vapores se separan del líquido. En una modalidad particular, que es aplicable a cada preparación de catalizador tri-metálico, alimentación
20 de compuesto de sal, y preparación de catalizador mono-metálico, el catalizador ultra-disperso en el petróleo es utilizado para el mejoramiento catalítico *in situ* como se describe en la patente canadiense 2,810,022 (incorporado en el presente documento por referencia en su totalidad), el
25 hidrógeno se mezcla con el catalizador ultra-disperso en el

petróleo y la mezcla resultante se inyecta en el pozo de acuerdo con los métodos conocidos. El experto reconocerá que la unidad de preparación de catalizador de la invención no necesita ser configurada para la mezclar de inmediato con hidrógeno en casos donde puede ser deseable almacenar el catalizador ultra-disperso acumulado en el petróleo para la posterior inyección en un pozo. El hidrógeno se puede entonces mezclar fuera de la unidad de preparación de catalizador justo antes de la inyección. En este caso, se omite la entrada de hidrógeno en la zona de separación de las modalidades de la unidad de preparación de catalizador descrita a continuación en el presente documento.

Se emplea un número de conductos a lo largo de la unidad de preparación de catalizador para el transporte de materiales a y de los diferentes componentes de la unidad de preparación de catalizador. La selección de y la manera de hacer las conexiones entre diversos conductos y los componentes de la unidad de preparación de catalizador son tareas rutinarias para los expertos en la materia de la ingeniería de procesos. Algunos de los factores a considerar en la selección de materiales del conducto son compatibilidad química, presiones, velocidades de flujo y temperaturas de los fluidos a ser transportados.

Modalidad 1: Unidad de preparación de catalizador para la preparación del catalizador tri-metálico

De acuerdo con una modalidad de la presente invención, se proporciona una unidad de preparación de catalizador que está diseñada para preparar el catalizador ultra-disperso en petróleo de acuerdo con un proceso
5 señalado en el presente documento como "preparación de catalizador tri-metálico". Esta modalidad de la unidad de preparación de catalizador se muestra en dos partes (100A y 100B) en las Figuras 2A y 2B, respectivamente. Un ejemplo particular de un proceso para la producción de
10 catalizadores trimetálicos es la producción de catalizador Ni-W(S)MoO₃ que se describe en el Ejemplo 4 de la patente de los Estados Unidos 7,897,537, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad. La presente modalidad es una plataforma adecuada para producir
15 este y otros catalizadores de procesamiento de hidrocarburos a base de metal similares.

Volviendo ahora a la Figura 2A, que muestra parte (100A) de la unidad de preparación de catalizador, se ve que las entradas de material en esta parte (100A) de la
20 unidad de preparación de catalizador incluye un petróleo (O) (que puede ser una fracción de petróleo pesado o residuo de destilación al vacío o muestra similar), tres diferentes sales metálicas ((MS-1), (MS-2) y (MS-3)), agua (H₂O) y uno o más compuestos que proporcionan una fuente de
25 reactivo de azufre (S).

En algunas modalidades, las sales metálicas utilizadas para preparar el catalizador incluyen sales de un grupo VIIIB de metal no noble y dos grupos VIB de metales, como se describe en las patentes de los Estados Unidos 8,304,363, 8,298,982, 8,283,279 y 7,897,537, cada una de las cuales se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad. En ciertas modalidades, los dos grupos VIB de metales son molibdeno y el tungsteno y el grupo VIIIB de metal es níquel o cobalto. En ciertas modalidades, la sal metálica 1 (MS-1) es heptamolibdato de amonio, la sal metálica 2 (MS-2) es metatungstato de amonio y la sal metálica 3 (MS-3) es el acetato de níquel. En algunas modalidades, la fuente de azufre (S) es sulfuro de amonio o tiourea.

El petróleo (O) se extrae en la unidad de preparación de catalizador (100A) por una bomba de centrifugación (112) ubicada en la zona de mezcla (110) de la unidad de preparación de catalizador (100A). Todos los pasos de procesamiento descritos a continuación en el presente documento con respecto a la Figura 2A se producen dentro de la zona de mezclado (110). La bomba de centrifugación (112) después envía el petróleo a un primer mezclador (126) para la mezcla de la sal metálica 1 (MS-1) y la sal metálica 2 (MS-2) con el petróleo (O) y a un segundo mezclador (130) para la mezcla de la sal metálica 3 (MS-3) con el petróleo

(O).

En cada caso, las sales metálicas (MS-1), (MS-2) y (MS-3) son transportadas a mezcladores de solución donde se mezclan con agua para formar soluciones. El agua (H₂O) se transporta a los mezcladores desde el exterior de la unidad de preparación del catalizador. La sal metálica 1 (MS-1) y la sal metálica 2 (MS-2) son transportadas por los respectivos conductos al mezclador de solución de sal metálica 1, 2 (118). Después de mezclar para formar una solución de ambas de estas sales metálicas, la solución se almacena en un tanque (120). La sal metálica 3 (MS-3) se mezcla en un modo por lotes con agua en el mezclador de solución de sal metálica 3 (114) hasta que todas las sales se disuelven, y luego la solución resultante se almacena en el tanque (116). La mezcla de la solución del tanque (120) que contiene la mezcla de sal metálica 1 (MS-1) y (MS-2) está en comunicación fluida con una bomba de dosificación (124) que extrae volúmenes específicos de solución del tanque (120) y transporta estos volúmenes al mezclador (126). Asimismo, la mezcla de la solución del tanque (116) que contiene la solución de la sal metálica 3 (MS-3) en comunicación fluida con otra bomba de dosificación (128) que extrae volúmenes específicos de la solución del tanque (116) y transporta estos volúmenes al mezclador (130). En esta modalidad y en la modalidad 3

descrita a continuación en el presente documento, la combinación de un mezclador de solución, tanque y bomba de dosificación dados (como mezclador (118), tanque (120) y bomba de dosificación (124)) se conoce como un "sistema de transporte y mezcla de reactivo de catalizador".

El compuesto de fuente de azufre (S) externo en forma de solución se extrae en la zona de mezcla (110) por otra bomba de dosificación (122). Esta bomba de dosificación (122) transporta volúmenes específicos de la solución de la fuente de azufre a la línea que conecta el tanque (120) con la bomba de dosificación (124). Así la solución transportada al mezclador en línea (126) de la bomba de dosificación (124) también incluye el compuesto de la fuente de azufre (S).

El mezclador en línea (126) recibe y mezcla el petróleo (O) y la solución que contiene sal metálica 1, sal metálica 2, y el compuesto de fuente de azufre. La mezcla resultante se transporta lejos del mezclador en línea (126) a la zona de activación del catalizador (170) que se muestra en la Figura 2B como parte de la parte de la unidad de preparación de catalizador (100B). El mezclador en línea (130) recibe y mezcla el petróleo (O) y la solución que contiene sal metálica 3 (MS-3). Ventajosamente, el último paso se realizó lo más cerca posible del recipiente del reactor que será descrito a continuación en el presente

documento. La mezcla resultante se transporta lejos del mezclador en línea (130) y se une al transporte descendente de la salida desde el mezclador en línea (126) a la zona de activación de catalizador (170). Descendente de la salida del punto de unión de los mezcladores en línea (126) y (130), la mezcla que se transporta a la zona de activación del catalizador (170) incluye una emulsión de petróleo (O), agua, sal metálica 1 (MS-1), sal metálica 2 (MS-2), sal metálica 3 (MS-3) y el compuesto de fuente de azufre (S).

Las condiciones específicas y las fracciones molares de los metales usados en una modalidad ejemplar adecuada para el mejoramiento catalítico *in situ* se describirá en lo ejemplos proporcionados a continuación en el presente documento. Debe señalarse que en esta modalidad, los mezcladores en línea (126) y (130) son conocidos como "sistemas de mezcla y transporte de hidrocarburos". Los mezcladores en línea similares descritos en modalidades adicionales a continuación en el presente documento son otros ejemplos de sistemas de mezcla y transporte de hidrocarburos.

Volviendo ahora a la Figura 2B, que es una continuación del proceso de la Figura 2A, se muestra la segunda parte (100B) de la unidad de producción del catalizador. La mezcla de emulsión que incluye el petróleo (O), las tres sales metálicas (MS-1), (MS-2), y (MS-3), el

compuesto de fuente de azufre (S) y el agua (H₂O) se transporta a un reactor (172) en la zona de activación del catalizador (170) que calienta la mezcla de emulsión para vaporizar el agua y generar el catalizador ultra-disperso.

5 La mezcla de emulsión entra en la parte superior del reactor (172) y sale de la parte inferior del reactor (172), donde es transportado a la zona de separación (180) de la segunda parte (100B) de la unidad de preparación del catalizador. La zona de separación (180) incluye un

10 separador de gas/líquido (182) cuya función es quitar el gas y vapor de agua (G) para proporcionar el catalizador ultra-disperso en el petróleo (CO). Después de este paso, el producto es transportado a una bomba de dosificación (184) donde la mezcla con hidrógeno (H₂) (desde fuera de la

15 unidad de preparación de catalizador) está controlada. Con la adición de hidrógeno (H₂), el catalizador ultra-disperso en el petróleo está listo para la inyección en un pozo en un proceso de mejoramiento catalítico *in situ*. El experto reconocerá que en las modalidades alternativas, el

20 catalizador ultra-disperso en el petróleo (CO) puede utilizarse en otros procesos de recuperación de hidrocarburos que no requieren la presencia de hidrógeno. En dichas modalidades alternativas, la fuente de hidrógeno y la línea de entrada sería omitida del flujo de proceso

25 mostrado en la Figura 2B. Esto también se aplica a otras

modalidades descritas a continuación en el presente documento.

También se entiende que la modalidad como se describe anteriormente se puede utilizar para formular catalizadores bi-metálicos donde una de las sales metálicas 1 ó 2 puede omitirse de manera que la sl en (126) contiene sólo la sal metálica de manera que el catalizador bi-metálico se forma en la zona de activación de catalizador (170).

Modalidad 2: Unidad de preparación de catalizador para un proceso de alimentación de compuesto de sal

De acuerdo con otra modalidad de la presente invención, se proporciona una unidad de preparación de catalizador que está diseñada para preparar el catalizador ultra-disperso en petróleo de acuerdo con un proceso señalado en el presente documento como "alimentación de compuesto de sal". En una manera similar a las Figuras 2A y 2B, la presente modalidad de la unidad de preparación de catalizador se muestra en dos partes ((200A) y (200B)) en las Figuras 3A y 3B, respectivamente.

Regresando ahora a la Figura 3A, se muestra una zona de mezcla (210) en la parte (200A) de la unidad de preparación de catalizador. Se ve que las entradas de material incluyen un petróleo (O) (que puede ser una fracción de petróleo pesado o residuo de destilación de vacío o muestra similar), y una mezcla de tres diferentes

sales metálicas, cada una en forma sólida y uno o más compuestos que proporcionan una fuente de reactivo de azufre. Esta mezcla se conoce como un "compuesto de sal metálica" (MS-C).

5 El compuesto de sal metálica (MS-C) es transportado a un molino (234) cuya función es moler los sólidos para reducir los tamaños de partícula a al menos dentro del rango de micrómetro (típicamente 5-100 micras). A diferencia de la preparación del catalizador tri-metálico
10 descrita con respecto a las Figuras 2A y 2B, el presente proceso no requiere adición de agua para preparar soluciones de sal metálica acuosas antes de mezclar con el petróleo. El compuesto de sal metálica de tamaño de partículas reducido (MS-C) que sale del molino (234) se
15 transporta a un mezclador de solución salina (236) donde se mezcla directamente con el petróleo (O). Cuando se mezclan uniformemente, la mezcla es transportada a un mezclador de alto cizallamiento (238) que además reduce el tamaño de las partículas suspendidas en el petróleo (O).

20 Después de la mezclar suficiente en el mezclador de cizallamiento (238), la mezcla se transporta al reactor (272) en la zona de activación del catalizador (270) que se muestra en la Figura 3B.

 La Figura 3B es una continuación del proceso de la
25 Figura 3A. El petróleo que contiene la mezcla (O), las tres

sales metálicas (MS-1), (MS-2) y (MS-3) y el compuesto de fuente de azufre (S) se transporta a un reactor (272) en la zona de activación del catalizador (270) que calienta la mezcla de emulsión para generar el catalizador ultra-disperso. La mezcla de emulsión entra en la parte superior del reactor (272) y sale de la parte inferior del reactor (272). Luego es transportada a la zona de separación (280) de la segunda parte (200B) de la unidad de preparación del catalizador. La zona de separación (280) incluye un separador de gas/líquido (282) cuya función es quitar el gas y vapor de agua (G) para proporcionar el catalizador ultra-disperso (UDC) en el petróleo (CO). Después de este paso, el producto es transportado a una bomba de dosificación (284) donde la mezcla con hidrógeno (H₂) (desde fuera de la unidad de preparación de catalizador) está controlada. Con la adición de hidrógeno el catalizador ultra-disperso en el petróleo está listo para su inyección en un pozo en un proceso de mejoramiento catalítico *in situ*. Como se describió anteriormente para las Figuras 2A y 2B, el experto reconocerá que en las modalidades alternativas, el catalizador ultra-disperso en el petróleo (CO) puede utilizarse en otros procesos de recuperación de hidrocarburos que no requieren la presencia de hidrógeno, como se describe anteriormente con respecto a la modalidad 1.

Como se señaló anteriormente, no se agrega agua en este proceso debido a que se emplea un compuesto de sal metálica sólido. En casos donde puede ser razonablemente asegurado que la cantidad de agua en el petróleo fuente (O) y en el compuesto de sal metálica es insignificante, puede ser posible omitir el separador de gas/líquido de la unidad de preparación de catalizador. Dicha modalidad alternativa también está dentro del alcance de la invención.

Del mismo modo, como con la modalidad 1, un catalizador mono- o bi-metálico puede sintetizarse con la modalidad como se describe en la modalidad 2 alternando el número de sales metálicas dentro del compuesto de sal metálica según sea apropiado.

Modalidad 3: Unidad de preparación de catalizador para un proceso de preparación de catalizador mono-metálico

De acuerdo con otra modalidad de la presente invención, se proporciona una unidad de preparación de catalizador que está diseñada para preparar el catalizador ultra-disperso en petróleo de acuerdo con un proceso señalado en el presente documento como "preparación de catalizador mono-metálico". En una manera similar a las Figuras 2A y 2B así como las Figuras 3A y 3B, la presente modalidad de la unidad de preparación de catalizador se muestra en tres partes ((300A) y (300B) y (300C)) en las Figuras 4A, 4B y 4C, respectivamente. Esta modalidad

proporciona una mezcla de tres diferentes compuestos de catalizador mono metálico por reacciones separadas de tres diferentes compuestos de sal metálica con un compuesto de fuente de azufre. Sin embargo, el experto reconocerá que las modalidades alternativas son posibles en donde sólo uno, sólo dos o más de tres sales metálicas se utilizan para generar compuestos distintos de catalizador mono-metalico. Por lo tanto, se contemplan modalidades alternativas en donde menos o más sistemas de transporte y mezcla del reactivo de catalizador se incluyen en la unidad de preparación de catalizador y estas modalidades alternativas también están dentro del alcance de la invención debido a que la unida de preparación de catalizador de la modalidad 3 puede ser apropiadamente modificado para llegar a dichas modalidades alternativas sin experimentación indebida.

En la Figura 4A, se muestra una zona de mezcla (310) en la parte (300A) de la unidad de preparación de catalizador. Se ve que las entradas de material incluyen las sales metálicas 1, 2 y 3 ((MS-1), (MS-2) y (MS-3)), un compuesto de fuente de azufre (S) y agua (H₂O). Cada una de las sales metálicas se mezclan por separado con agua para formar una solución, transportada a su propio tanque de solución y bomveada descendente por si propia bomba de dosificación. Por consiguiente, la sal metálica 1 (MS-1) es

transportada al mezclador de solución salina (318) donde es mezclada con agua para formar una solución y luego enviarla al tanque (320) donde se extrae descendente por la bomba de dosificación (324). Asimismo, la sal metálica 2 (MS-2) es transportada al mezclador de solución salina (325), se mezcla con agua, y se envía al tanque (327) y se extrae a la bomba de dosificación (329). La sal metálica 3 (MS-3) es transportada al mezclador de solución salina (314), se mezcla con agua, y se envía al tanque (316) y se extrae descendente por la bomba de dosificación (328).

El compuesto de fuente de azufre (S) es transportado por la bomba de dosificación (322) a las líneas descendente de cada uno de los tanques (316), (320) y (327) para agregar el compuesto de fuente de azufre a cada una de las soluciones de sal metálica antes de la entrada en cada una de las bombas de dosificación de sal metálica individuales (324), (328) y (329). El transporte descendente de estas mezclas de la sal metálica y el compuesto de fuente de azufre lleva a una serie de correspondientes mezcladores en línea (344), (346) y (342) que se muestran en la Figura 4B.

En la Figura 4B, que es una continuación de la Figura 4A, se ve que la salida de cada uno de las bombas de dosificación (324), (328) y (329) es transportado a los correspondientes mezcladores en línea (344), (346) y (342) (que también se ubica en la zona de mezcla (310)) donde las

mezclas de sal metálica y azufre se mezclan además con petróleo (O) transportado por la bomba de centrífugación (340). Después de suficiente mezcla de las mezclas de reacción completas en cada uno de los mezcladores en línea (344), (346) y (342) son transportados a la zona de activación de catalizador (370) y a correspondientes reactores (374), (376) y (372) que se muestran en la Figura 4C.

En la Figura 4C, que es una continuación de la Figura 4B, se puede observar que las tres mezclas de reacción individuales transportadas de mezcladores en línea (342), (344) y (346) son transportadas a los correspondientes reactores (372), (374) y (376). Los reactores calientan las tres mezclas y generan mezclas individuales de catalizadores ultra-dispersos mono-metálicos en petróleo, en cuanto a las modalidades 1 y 2. La salida de estos tres reactores (372), (374) y (376) se fusiona descendente y se envía a la zona de separación (380) donde entra en el separador de gas/líquido (382). El procesamiento descendente posterior es el mismo que se describe para las modalidades 1 y 2 con la salida del separador de gas/líquido (382) transportado a la bomba de dosificación (384) donde la mezcla con hidrógeno (H₂) (desde fuera de la unidad de preparación de catalizador) es controlada. El vapor y gas (G) es retirado y se obtiene el catalizador

ultra-disperso en petróleo (CO).

Con la adición de hidrógeno el catalizador ultra-disperso en el petróleo está listo para su inyección en un pozo en un proceso de mejoramiento catalítico *in situ*. Como
5 se describe anteriormente el experto reconocerá que, en las modalidades alternativas, el catalizador ultra-disperso en el petróleo (CO) puede utilizarse en otros procesos de recuperación de hidrocarburos que no requieren la presencia de hidrógeno.

10 *Modalidad 4: Unidad de preparación de catalizador de combinación configurada para la alimentación de sal compuesta y para la preparación de catalizador mono-metálico*

Se reconoce que es ventajoso proporcionar una unidad
15 de preparación de catalizador con medios para realizar más de un proceso de los procesos descritos anteriormente. Por lo tanto, se configura una cuarta modalidad de la unidad de preparación de catalizador para generar un catalizador ultra-disperso en petróleo por el proceso de alimentación
20 de sal compuesta o por el proceso de preparación de catalizador mono-metálico. En consecuencia, ciertos componentes únicos de las modalidades 2 y 3 se incluyen en esta unidad de combinación, mientras que se comparten otros componentes que son comunes para cada una de estas
25 modalidades.

En una manera similar a las Figuras 4A, 4B y 4C, la presente modalidad de la unidad de preparación de catalizador se muestra en tres partes ((400A) y (400B) y (400C)) en las Figuras 5A, 5B y 5C, respectivamente.

5 En primer lugar, se describirán los componentes de la unidad de preparación de catalizador responsables del proceso de alimentación de la sal compuesta, seguido por una descripción de los componentes responsables del proceso de preparación de catalizador mono-metálico.

10 Regresando ahora a la Figura 5A, se muestra una zona de mezcla (410) en la parte (400A) de la unidad de preparación de catalizador. Se ve que las entradas de material incluyen un petróleo (O) (que puede ser una fracción de petróleo pesado o residuo de destilación de
15 vacío o muestra similar), y una mezcla de tres diferentes sales metálicas, cada una en forma sólida y uno o más compuestos que proporcionan una fuente de reactivo de azufre. Esta mezcla se conoce como un "compuesto de sal metálica" (MS-C).

20 El compuesto de sal metálica (MS-C) es transportado a la zona de mezcla (410) y a un molino (434) cuya función es moler los sólidos para reducir los tamaños de partícula a al menos dentro del rango de micrómetro (normalmente 5-100 micras). El proceso de alimentación de compuesto no
25 requiere la adición de agua para preparar las soluciones de

sal metálica acuosa antes de la mezcla con el petróleo. El compuesto de sal metálica (MS-C) que emerge del molino (434) se transporta a un mezclador de solución salina (436) donde se mezcla directamente con el petróleo (O). Cuando se
5 mezclan uniformemente, la mezcla es transportada a un mezclador de alto cizallamiento (438) que además reduce el tamaño de las partículas suspendidas en el petróleo (O).

Después de mezclar suficiente en el mezclador de cizallamiento (438), la mezcla se transporta a cada uno de
10 los reactores (472), (474) y (476) en la zona de activación del catalizador (470) que se muestra en la Figura 5C. En los reactores (472), (474) y (476), la mezcla de reacción es calentada para generar el catalizador ultra-disperso en petróleo, que posteriormente es transportado fuera de la
15 zona de activación del catalizador y en la zona de separación (480) donde se separa el vapor y gas (G). El procesamiento descendente posterior es el mismo que se describe para las modalidades descritas anteriormente con la salida del separador de gas/líquido (482) transportado a
20 la bomba de dosificación (484) donde la mezcla con hidrógeno (H₂) (desde fuera de la unidad de preparación de catalizador) es controlada. Con la adición de hidrógeno el catalizador ultra-disperso en el petróleo (CO) está listo para su inyección en un pozo en un proceso de mejoramiento
25 catalítico *in situ*.

Regresando ahora a la Figura 5A, ahora se describirán los componentes responsables para el proceso de preparación de catalizador mono-metálico.

En la Figura 5A, se ve que las entradas de material para el proceso de preparación del catalizador mono-metálico incluye las sales metálicas 1, 2 y 3 ((MS-1), (MS-2) y (MS-3)), un compuesto de fuente de azufre (S) y agua (H₂O). Cada una de las sales metálicas se mezclan por separado con agua para formar una solución, transportada a su propio tanque de solución y bombeada descendente por su propia bomba de dosificación. Por consiguiente, la sal metálica 1 (MS-1) es transportada al mezclador de solución salina (448) donde es mezclada con agua para formar una solución y luego enviarla al tanque (450) donde se extrae descendente por la bomba de dosificación (452). Asimismo, la sal metálica 2 (MS-2) es transportada al mezclador de solución salina (454), mezclada con agua, enviada al tanque (456) y se extrae a la bomba de dosificación (458). La sal metálica 3 (MS-3) es transportada al mezclador de solución salina (414), se mezcla con agua, y se envía al tanque (416) y se extrae descendente por la bomba de dosificación (428).

El compuesto de fuente de azufre (S) es transportado por la bomba de dosificación (422) a las líneas descendentes de cada uno de los tanques (450), (454) y

(416) para agregar el compuesto de fuente de azufre a cada una de las soluciones de sal metálica antes de la entrada en cada una de las bombas de dosificación de sal metálica individuales (452), (458) y (428). El transporte
5 descendente de estas mezclas de la sal metálica y el compuesto de fuente de azufre (S) lleva a una serie de correspondientes mezcladores en línea (444), (442) y (446) que se muestran en la Figura 5B.

En la Figura 5B, que es una continuación de la Figura
10 5A, se ve que la salida de cada uno de las bombas de dosificación (452), (458) y (428) es transportado a los correspondientes mezcladores en línea (444), (442) y (446) (que también se ubica en la zona de mezcla (410)) donde las mezclas de sal metálica y azufre se mezclan además con
15 petróleo (O) transportado por la bomba de centrifugación (440). Después de suficiente mezcla de las mezclas de reacción completas en cada uno de los mezcladores en línea (444), (446) y (442) son transportados a la zona de activación de catalizador (470) y a correspondientes
20 reactores (472), (474) y (476) que se muestran en la Figura 5C.

En la Figura 5C, que es una continuación de la Figura 5B, se puede observar que las tres mezclas de reacción individuales transportadas de los mezcladores en línea
25 (444), (442) y (446) son transportadas a los

correspondientes reactores (472), (474) y (476). Los reactores calientan las tres mezclas y generan mezclas individuales de catalizadores ultra-dispersos mono-metálicos en petróleo. La salida de estos tres reactores (472), (474) y (476) se fusiona descendente y se envía a la zona de separación (480) donde entra en el separador de gas/líquido (482). El procesamiento descendente posterior es el mismo que se describe para las otras modalidades con la salida del separador de gas/líquido (482) transportado a la bomba de dosificación (484) donde la mezcla con hidrógeno (H₂) (desde fuera de la unidad de preparación de catalizador) es controlada. Por lo tanto, se ve que todos los componentes de la zona de activación de catalizador (470) y la zona de separación (480) se comparten entre los dos procesos. Con la adición de hidrógeno el catalizador ultra-disperso en el petróleo está listo para su inyección en un pozo en un proceso de mejoramiento catalítico *in situ*.

Ejemplos

La descripción anterior será más plenamente entendida con referencia a los siguientes ejemplos. Estos ejemplos son, sin embargo, ejemplares de los métodos para usar ciertos aspectos de la presente invención y no pretenden imponer límites en el alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

En cada uno de los ejemplos, la sal metálica 1 es heptamolibdato de amonio, la sal metálica 2 es metatungstato de amonio, la sal metálica 3 es acetato de níquel, el compuesto de fuente de azufre es sulfuro de amonio o tiourea y el petróleo es residuo al vacío de un proceso de destilación, que es en lo sucesivo simplemente conocido como "residuo al vacío". En cada ejemplo, la cantidad de hidrógeno a ser mezclada con el catalizador ultra-disperso en petróleo antes de la inyección en un proceso de mejoramiento in situ es 120 Scc/gr/h de residuos al vacío. El residuo al vacío que se alimenta a la unidad de preparación de catalizador no debe exceder de 240 ° C. El flujo del catalizador ultra-disperso en petróleo no debe ser menor a alrededor de 280 °C antes de la inyección en un pozo para el mejoramiento catalítico *in situ* de hidrocarburos.

Ejemplo 1: Preparación de catalizadores trimetálicos ultra-dispersos en petróleo para uso en mejoramiento catalítico in situ

En este proceso, que puede ser realizado por una unidad de preparación de catalizador con características similares a las de la Modalidad 1 descrita anteriormente, la cantidad total de agua utilizada para la preparación de las soluciones salinas debe ser alrededor 2% en peso de la alimentación (residuos al vacío). Este valor se establece

para asegurar una cantidad mínima de agua en la que las sales pueden disolverse completamente (a temperatura ambiente) para cumplir el requisito de vapor del reactor, y asegurar la formación de una suspensión estable (residuo al vacío/solución salina) con una mínima dispersión de tamaño de burbuja. En este ejemplo y ejemplos posteriores, la sal metálica 1 es heptamolibdato de amonio, la sal metálica 2 es metatungstato de amonio, la sal metálica 3 es acetato de níquel, el compuesto de fuente de azufre es sulfuro de amonio o tiourea y el petróleo es residuo al vacío de un proceso de destilación.

La cantidad de sal en la solución también depende de la alimentación y la concentración objetivo deseada. En ciertas modalidades, para un proceso de mejoramiento catalítico in situ representativo, una concentración (metal) de catalizador total de 720 ppm se añade. La cantidad de cada metal requerido se calcula mediante las siguientes relaciones:

$$(1) \text{ Fracción molar de Ni: } \quad \text{Ni}/(\text{Ni} + \text{Mo} + \text{W}) = 0.3$$

$$(2) \text{ Relación de Ni a Ni + W: } \text{Ni}/(\text{Ni} + \text{W}) = 0.653$$

$$(3) \text{ Relación de Ni a Ni + Mo: } \quad \text{Ni}/(\text{Ni} + \text{Mo}) = 0.36$$

$$(4) \text{ Relación de Mo a W: } \quad \text{Mo}/\text{W} = 3$$

Se determina la cantidad de sulfuro de amonio (o tiourea) basada en la estequiometría de los compuestos de

níquel, molibdeno y tungsteno sulfurado. Esto sería un mol de azufre por mol de níquel y dos moles de azufre por mol de molibdeno y tungsteno. Sin embargo, en esta opción (como fue probado en el laboratorio) se utilizó una relación de
5 tres moles de azufre por mol de molibdeno y tungsteno. De esta forma el sulfuro de amonio se añade solamente al flujo de la solución de las sales metálicas 1 y 2.

Mientras se mezcla con los residuos al vacío el agua debe permanecer en forma líquida de manera que se puede
10 formar una suspensión estable antes de entrar al reactor. Por esta razón una temperatura máxima en el residuo al vacío que entra en la unidad se fija en 240 °C y una presión máxima en la unidad se fija a 4000 KPa. Una vez que las soluciones salinas son preparadas y mezcladas con
15 residuos al vacío las soluciones entran a la zona de activación del catalizador y entrar en el reactor. Las condiciones representativas incluyen el calentamiento de la emulsión a 370 °C. Para cuando el fluido alcance esta temperatura, el agua debe ser completamente vaporizada y el
20 catalizador debe estar activo y ultra-disperso como nano partículas en el residuo al vacío. Un volumen dado de líquido debe permanecer en el reactor entre cerca de 2.4 a unos 2.6 minutos para permitir tiempo suficiente para la unión de los iones metálicos a los hidrocarburos. El
25 líquido debe entrar en el reactor desde la parte superior y

salir a través de parte inferior para evitar la acumulación de metales en la parte inferior del reactor.

Puesto que la dirección del flujo es de arriba hacia abajo en un reactor que tiene la forma de un tubo vertical y se produce la vaporización, se desea la prevención del flujo con burbujas y se obtiene manteniendo la velocidad menor a 0.09 m/s y el volumen del vapor dentro del reactor bajo 50% vol.

El flujo de vapor-líquido que sale del reactor luego entra en la zona de separación y es transportado a un separador gas-líquido. Este separador debe estar cerca al reactor y debe ser aislado con el fin de evitar pérdida de calor. Los vapores y gases producidos deben ser probados y tratados si es necesario antes de mandarlos a la atmósfera o cualquier otra instalación. El líquido del separador se mezcla con hidrógeno y después se inyecta al pozo como se describe en la patente canadiense 2,810,022, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad.

Ejemplo 2: Condiciones del proceso de alimentación de compuesto de sal para producir un catalizador ultra-disperso para el mejoramiento catalítico in situ

En este proceso, que puede ser realizado por una unidad de preparación de catalizador con características similares a las de la Modalidad 2 descrita anteriormente,

las soluciones salinas son sustituidas con un compuesto que incluye todas las sales metálicas requeridas y un compuesto de fuente de azufre. Las relaciones molares de los metales son las mismas que las descritas en el Ejemplo 1.

5 El compuesto de sal entra al molino para reducir cualquier partícula grande dentro del molino a un tamaño de polvo en el rango de 50 to 100 μm . Este compuesto luego se mezcla directamente con el residuo al vacío en un tanque con un mezclador de alto cizallamiento. Como se describe en
10 el Ejemplo 1, el compuesto/petróleo se mezclan en un modo de lotes.

 El reactor en la zona de activación del catalizador en este ejemplo debe proporcionar las condiciones similares a las descritas en el Ejemplo 1. Ya que no se agrega agua
15 al proceso, el requisito de velocidad para la preparación puede variar.

 La cantidad de vapor producido en el reactor puede ser insignificante sin la adición de agua. En dicho caso, el uso de un separador gas/líquido en el proceso es
20 opcional.

Ejemplo 3: Preparación de catalizador monometálico ultra-disperso en petróleo para uso en el mejoramiento catalítico in situ

 En este ejemplo, el residuo al vacío que entra en la
25 unidad se divide en tres flujos a ser mezclados con tres

soluciones salinas.

De manera similar a la descrita para el Ejemplo 1 y Modalidad 1, las soluciones se preparan mezclando las sales metálicas y agua. La operación se realiza en un modo por lotes durante un periodo de tiempo, para asegurar las disoluciones completas de las sales en cada caso. Posteriormente, cada solución se envía a un correspondiente tanque, para ser mezclado más tarde con sulfuro de amonio o tiourea. Las soluciones resultantes se mezclan luego con residuo al vacío por separado. La cantidad total de agua usada para la preparación de las soluciones salinas es alrededor del 2% en peso de la alimentación (residuo al vacío).

Las relaciones molares y cantidades de los metales son las mismas que en el Ejemplo 1. Se determina la cantidad de sulfuro de amonio (o tiourea) basada en la estequiometría de los compuestos de níquel, molibdeno y tungsteno sulfurado. Una vez determinado, cada flujo de sulfuro de amonio (o tiourea) entonces se mezcla con la correspondiente solución agua-sal.

Las condiciones para la mezcla de agua/residuo al vacío son las mismas que en el Ejemplo 1 (máxima temperatura en el residuo al vacío que entra a la unidad 240 °C y una presión máxima en la unidad se establece a 4000 KPa). Una vez que las soluciones salinas son

preparadas y mezcladas con residuos al vacío, cada flujo separado (tres en total) entra a diferentes reactores bajo las condiciones descritas en el Ejemplo 1.

Los flujos de vapor-líquido que salen de los
5 reactores luego son mezclados, y entran en el separador gas-líquido en la zona de separación. Este separador gas/líquido debe estar cerca a los reactores y debe ser aislado con el fin de evitar la pérdida de calor. Los vapores y gases producidos deben ser probados y tratados si
10 es necesario antes de mandarlos a la atmósfera o cualquier otra instalación. El líquido del separador se mezcla con hidrógeno y después se inyecta al pozo como se describe en la patente canadiense 2,810,022, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad.

15 Equivalente y Alcance

Aunque la presente invención ha sido descrita e ilustrada con respecto a las modalidades preferidas y usos preferidos de las mismas, no debe ser tan limitada ya que las modificaciones y cambios pueden hacerse en la misma,
20 los cuales están dentro del completo alcance esperado de la invención como se entiende por los expertos en la materia. Cada una de las referencias citadas en el presente documento se incorporan en el presente documento por referencia en su totalidad.

25

REIVINDICACIONES

1. Una unidad de preparación de catalizador para producir una mezcla de catalizador-hidrocarburo activado,
5 la unidad de preparación de catalizador que comprende:

i) uno o más conductos de entrada de reactivo de catalizador;

ii) un conducto de entrada de hidrocarburos;

iii) un conducto de entrada de agua;

10 iv) Uno o más sistemas de transporte y mezcla de reactivo de catalizador para recibir y mezclar los reactivos de catalizador de los conductos de entrada de componente de catalizador y agua proporcionada por el conducto de entrada de agua para proporciona una o más
15 soluciones de reactivo de catalizador;

v) uno o más de sistemas de transporte y mezcla de hidrocarburos para recibir y mezclar las soluciones de reactivo de catalizador e hidrocarburos proporcionados por el conducto de entrada de hidrocarburos para producir una
20 mezcla de reactivo de hidrocarburos-catalizador;

vi) por lo menos un reactor ubicado descendente de los mezcladores, para recibir y activar la mezcla de reactivo de hidrocarburos-catalizador, produciendo así la mezcla de catalizador de hidrocarburos activados;

25 vii) un separador de gas/líquido ubicado descendente

del reactor, para retirar vapores y gas de la mezcla de hidrocarburos-catalizador activado; y

viii) un conducto de salida para transportar la mezcla de catalizador-hidrocarburos activados lejos de la unidad de preparación de catalizador.

2. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 2, en donde los conductos de entrada de reactivo de catalizador, y los sistemas de transporte y mezcla de reactivo de catalizador son químicamente compatibles con heptamolibdato de amonio, metatungstato de amonio, acetato de níquel, acetato de cobalto, sulfuro de amonio y tiourea o cualquier combinación de los mismos.

3. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde los conductos de entrada de reactivo de catalizador incluyen conductos de la sal metálica tres y un conducto del compuesto de fuente de azufre.

4. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde los conductos de entrada de reactivo de catalizador incluyen conductos de la sal metálica dos y un conducto del compuesto de fuente de azufre.

5. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 1 o reivindicación 2, en

donde los conductos de entrada de reactivo de catalizador incluyen conductos de la sal metálica uno y un conducto del compuesto de fuente de azufre.

6. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde cada uno de los sistemas de transporte y mezcla del reactivo de catalizador incluye un mezclador de solución para la generación de una solución de reactivo de catalizador y una bomba de dosificación para el transporte de volúmenes específicos de la solución de reactivo catalizador a uno de los sistemas de transporte y mezcla de hidrocarburos.

7. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 6, en donde cada uno de los sistemas de transporte y mezcla de hidrocarburos comprende una bomba de centrifugación y un mezclador en línea, en donde la bomba de centrifugación es para extraer los hidrocarburos desde el exterior de la unidad de preparación de catalizador y transportar los hidrocarburos al mezclador en línea para mezclar con la solución de reactivo de catalizador.

8. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende dos sistemas de transporte y mezcla de reactivo de catalizador y dos sistemas de transporte y

mezcla de hidrocarburos, en donde

uno de los dos sistemas de mezcla y transporte de reactivo de catalizador está configurado para transportar una solución de dos diferentes sales metálicas y un
5 compuesto de fuente de azufre y el otro sistema de transporte y mezcla de reactivo de catalizador está configurado para transportar una tercera solución de sal metálica, y

en donde uno de los dos sistemas de transporte y
10 mezcla de hidrocarburos está configurado para recibir y mezclar la solución de las dos diferentes sales metálicas y el compuesto de fuente de azufre con los hidrocarburos para producir una primera mezcla de hidrocarburos-catalizador y transportar la primera mezcla de reactivo de catalizador-
15 hidrocarburo al reactor, y el otro sistema de transporte y mezcla de hidrocarburos está configurado para recibir y mezclar la solución de la tercera sal metálica con los hidrocarburos para producir una segunda mezcla de reactivo de catalizador-hidrocarburos y transportar la segunda
20 mezcla de reactivo de catalizador-hidrocarburos al reactor.

9. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende tres sistemas de transporte y mezcla de reactivo de catalizado, tres sistemas de transporte y
25 mezcla de hidrocarburos, y tres reactores, en donde

cada uno de los tres sistemas de transporte y mezcla de reactivo de catalizador está configurado para transportar una solución de una diferente sal metálica y un compuesto de fuente de azufre a un correspondiente sistema de transporte y mezcla de hidrocarburos de los tres sistemas de transporte y mezcla de hidrocarburos, produciendo así tres diferentes mezclas de reactivo de catalizador-hidrocarburos y en donde

cada uno de los tres sistemas de transporte y mezcla de hidrocarburos está configurado además para transportar su respectiva mezcla de reactivo de catalizador-hidrocarburos de las tres mezclas de reactivo de catalizador-hidrocarburo a uno de los tres correspondientes reactores.

10. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 9, en donde la salida del reactor de cada uno de los tres reactores correspondientes se fusiona ascendente del separador de gas/líquido.

11. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende además un conducto de entrada de hidrógeno para la adición de hidrógeno a la mezcla catalizador-hidrocarburos activados en el conducto de salida.

12. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11,

en el cual el conducto de entrada de hidrocarburos está configurado para el transporte de petróleo pesado.

13. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 12, en donde el petróleo pesado es un residuo de la destilación de un proceso de
5 mejoramiento de petróleo pesado con una gravedad API de alrededor de 20 ° o menos.

14. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13,
10 que se proporciona en forma modular y configurada para desacoplarse de una instalación de procesamiento de hidrocarburos, transportarse por un vehículo y acoplarse a otra instalación de procesamiento de hidrocarburos.

15. Una unidad de preparación de catalizador para producir una mezcla de catalizador-hidrocarburo activado,
15 la unidad de preparación de catalizador que comprende:

a) Un conducto de entrada de reactivo de catalizador;

b) un conducto de entrada de hidrocarburos;

20 c) un sistema de transporte y mezcla de hidrocarburos y reactivo de catalizador para recibir y mezclar los reactivos de catalizador del conducto de entrada de reactivo de catalizador con hidrocarburos proporcionados por el conducto de entrada de hidrocarburos
25 para producir una mezcla de reactivo de catalizador e

hidrocarburos;

d) Un reactor ubicado descendente del sistema de transporte y mezcla de hidrocarburos y reactivo de catalizador, para recibir y activar la mezcla de reactivo de catalizador-hidrocarburos, produciendo así la mezcla de catalizador de hidrocarburos activados;

e) un separador de gas/líquido ubicado descendente del reactor, para retirar vapores y gas de la mezcla de hidrocarburos-catalizador activado; y

f) un conducto de salida para transportar la mezcla de catalizador-hidrocarburos activados lejos de la unidad de preparación de catalizador.

16. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 15, en donde el conducto de entrada de reactivo de catalizador está configurado para el transporte de una mezcla compuesta de reactivos de catalizador en forma sólida.

17. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 15 ó 16, en donde el conducto de entrada de reactivo de catalizador, y el sistema de transporte y mezcla de reactivo de catalizador e hidrocarburos es químicamente compatible con heptamolibdato de amonio, metatungstato de amonio, acetato de níquel, acetato de cobalto, sulfuro de amonio y tiourea o cualquier combinación de los mismos.

18. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 17, en donde el sistema de transporte y mezcla de hidrocarburos y reactivo de catalizador comprende un molino para reducir el tamaño de las partículas de reactivos, un mezclador de alto cizallamiento descendente del molino para reducir más el tamaño de las partículas de los reactivos.

19. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 18, que comprende además una bomba de centrifugación para el transporte de la mezcla de reactivo hidrocarburo-catalizador al reactor.

20. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 19, que comprende además un conducto de entrada de hidrógeno para la adición de hidrógeno a la mezcla catalizador-hidrocarburos activados en el conducto de salida.

21. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 15 a 20, en el cual el conducto de entrada de hidrocarburos está configurado para el transporte de petróleo pesado.

22. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 21, en donde el petróleo pesado es un residuo de la destilación de un proceso de mejoramiento de petróleo pesado con una gravedad API de alrededor de 20 ° o menos.

23. Una unidad de preparación de catalizador de combinación para producir una mezcla de catalizador-hidrocarburos activados por un proceso de preparación de catalizador mono-metálico o un proceso de alimentación sal
5 compuesta, la unidad de preparación de catalizador de combinación que comprende:

- a) la unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 9, para el proceso de preparación de catalizador mono-metálico; y
- 10 b) la unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 19, para el proceso de alimentación de sal compuesta, en donde

(1) al menos uno de los tres reactores utilizados para el proceso de preparación de catalizador mono-metálico
15 es compartido por la unidad de preparación de catalizador para el proceso de alimentación de sal compuesta; y

(2) el separador de gas/líquido y el conducto de salida utilizados para el proceso de preparación de catalizador mono-metálico son compartidos por la unidad de
20 preparación de catalizador para el proceso de alimentación de sal compuesta.

24. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 23, que comprende además un conducto de entrada de hidrógeno para
25 la adición de hidrógeno a la mezcla catalizador-

hidrocarburos activados en el conducto de salida.

25. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 23 ó 24, en donde el conducto de entrada de hidrocarburos está configurado para el transporte de petróleo pesado.

26. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con la reivindicación 25, en donde el petróleo pesado es un residuo de la destilación de un proceso de mejoramiento de petróleo pesado con una gravedad API de alrededor de 20 ° o menos.

27. La unidad de preparación de catalizador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 23 a 26, que se proporciona en forma modular y configurada para desacoplarse de una instalación de procesamiento de hidrocarburos, transportarse por un vehículo y acoplarse a otra instalación de procesamiento de hidrocarburos.

28. Una instalación de mejoramiento de hidrocarburos *in situ* configurada para procesar los hidrocarburos por medio de inyección de una mezcla de catalizador activado e hidrocarburos en un depósito en donde la mezcla de catalizador activado e hidrocarburos es generada usando la unidad de preparación de catalizador de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 27.

RESUMEN

Una unidad de preparación de catalizador para producir una mezcla de catalizador-hidrocarburo activado. La unidad de preparación de catalizador incluye uno o más conductos de entrada de reactivo de catalizador; un conducto de entrada de hidrocarburo; un conducto de entrada de agua; una o más sistemas de transporte y mezcla de reactivo de catalizador para recibir y mezclar los reactivos de catalizador de los conductos de entrada de componente de catalizador y agua proporcionada por el conducto de entrada de agua para proporcionar una o más soluciones de reactivo de catalizador; uno o más sistemas de transporte y mezcla de hidrocarburos para recibir y mezclar las soluciones de reactivo de catalizador e hidrocarburos proporcionados por el conducto de entrada de hidrocarburos para producir una mezcla de reactivo hidrocarburo-catalizador; al menos un reactor ubicado descendente de los mezcladores, para recibir y activar la mezcla de reactivo hidrocarburo-catalizador, produciendo así la mezcla de catalizador de hidrocarburo activado; un separador gas/líquido ubicado descendente del reactor, para retirar los vapores y gas de la mezcla de catalizador-hidrocarburo activada; y un conducto de salida para transportar la mezcla catalizador-hidrocarburo activada lejos de la unidad de preparación de catalizador.