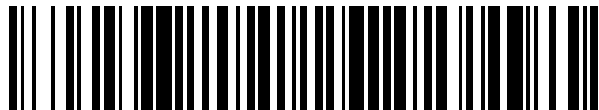


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 015**

51 Int. Cl.:

C10G 75/00 (2006.01)

G01N 33/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.11.2003 PCT/US2003/036942**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.07.0004 WO04061450**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2003 E 03768980 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2017 EP 1573315**

54 Título: **Modelo de compatibilidad de petróleo crudo predictivo**

30 Prioridad:

19.12.2002 US 326792

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

07.08.2017

73 Titular/es:

**BP CORPORATION NORTH AMERICA INC.
(100.0%)
501 Westlake Park Boulevard
Houston, TX 77079, US**

72 Inventor/es:

**NEMANA, SAILENDRA;
KIMBRELL, MICHAEL, R. y
ZALUZEC, EUGENE**

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 629 015 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

Modelo de compatibilidad de petróleo crudo predictivo

5 Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento para predecir la compatibilidad o incompatibilidad de la mezcla de dos o más líquidos hidrocarburos o petróleo crudo juntos.

10 Antecedentes de la invención

[0002] Con el fin de satisfacer una economía favorable para la refinación del petróleo crudo, a menudo es necesario mezclar dos o más petróleos crudo antes de llevar a cabo los diferentes procedimientos de refinación. Sin embargo, existen problemas particulares asociados con la mezcla de petróleos crudos. Un problema importante es que los petróleos crudos son a menudo incompatibles entre sí dando lugar a problemas de incrustaciones en los equipos y en última instancia a la desactivación del equipo. Dicho equipo incluye, pero no está limitado a, tubos, tanques, intercambiadores de calor, hornos, fraccionadores y reactores. Otro problema importante con la mezcla de petróleos crudos y otros hidrocarburos es la producción de emulsiones de petróleo y agua en el sistema de decantación de petróleo crudo que evita que la decantación del petróleo se procese por el equipo de refinación, tales como unidades de destilación de crudo. Otro problema importante es la producción de emulsiones en las unidades de desalación de crudo que a menudo tienen un efecto perjudicial sobre el sistema de aguas residuales asociado con la unidad de desalado. A la luz de estos problemas, la incompatibilidad del petróleo crudo ha estado afectando la industria del refinado durante muchos años dando lugar a la pérdida de beneficios debido a la parada innecesaria del equipo y las limitaciones en el petróleo crudo para refinación disponible para el refinado.

[0003] El principal culpable que causa incompatibilidad de los petróleos crudos es la presencia de sólidos orgánicos en forma de asfaltenos precipitados a partir de petróleos crudos mezclados. La teoría actual respecto a la relación de asfalteno-petróleo crudo postula que dicha relación es similar a una interacción soluto-disolvente, en la que se requiere una cierta fuerza del disolvente para mantener los asfaltenos en solución en el petróleo crudo. El parámetro principal que rige la capacidad de los asfaltenos de permanecer en solución en el petróleo crudo es los aromáticos para saturar la relación del petróleo crudo. Se sabe que los asfaltenos son solubles en hidrocarburos aromáticos, tales como tolueno, pero insolubles en compuestos parafínicos, tales como n-heptano. Por consiguiente, los asfaltenos se definen aquí como la fracción no volátil y polar del petróleo crudo que es insoluble en n-alcanos.

[0004] El problema subyacente asociado con la presencia de asfaltenos en petróleos crudos es que los asfaltenos frecuentemente precipitan a partir de la solución durante la mezcla de dos o más petróleos crudos incompatibles. Esto generalmente se cree que es causado por perturbaciones de la composición de petróleo crudo autóctono que alteran el equilibrio delicado que mantiene los asfaltenos solubles en el petróleo crudo. También se cree que se forman emulsiones de petróleo en agua y se estabilizan en parte por la presencia de asfaltenos precipitados a partir de mezclas de crudo incompatibles. En consecuencia, cuando no se controla, la precipitación de asfaltenos se manifiesta en una variedad de áreas indeseables, incluyendo el equipo de la refinación, a través de la formación de coque y la generación de emulsiones de petróleo-agua en tanques de almacenamiento.

[0005] En el pasado, la compatibilidad del petróleo crudo se podía determinar a través de extensas pruebas de laboratorio. Para mezclas de dos petróleos crudos, la determinación de la compatibilidad de petróleo crudo es relativamente sencilla, ya que el número de ensayos requeridos para definir las relaciones de mezcla aceptables es relativamente pequeño. Sin embargo, para cada grupo adicional diferente de petróleo crudo añadido a una mezcla, el número de pruebas de laboratorio necesarias para determinar el grado de incompatibilidad aumenta exponencialmente haciendo la determinación de la compatibilidad de petróleo crudo intratable. Esto presenta una dificultad cuando las condiciones económicas justifican la mezcla de tres o más petróleos crudos juntos para la alimentación de las unidades de destilación de crudo u otros procedimientos de refinado. Por consiguiente, existe una necesidad de un medio práctico y rentable para la determinación de la viabilidad de la mezcla de diferentes petróleos crudos.

[0006] En respuesta a esta necesidad, la industria de refinado del petróleo ha dedicado gran cantidad de recursos y esfuerzos en desarrollar nuevos procedimientos para resolver el problema de mezclar diferentes petróleos crudos. Sin embargo, tales esfuerzos han tenido éxito sólo parcialmente en la provisión de un procedimiento práctico y rentable para la mezcla de diferentes petróleos crudos.

[0007] Uno de estos esfuerzos es la patente de Estados Unidos No. 4.843.337, concedida a Dickakian et al., que describe un procedimiento para la mezcla de líquidos de hidrocarburos en una proporción para mantener la proporción de aromáticos combinados con respecto a asfaltenos por encima de un cierto nivel predeterminado para evitar incrustaciones en el equipo de procedimiento. Sin embargo, la divulgación de Dickakian se limita a un procedimiento para la mezcla de dos líquidos de hidrocarburos que dejan sin resolver el problema de la mezcla de tres o más petróleos crudos.

5 [0008] La patente de Estados Unidos No. 5.871.634 y la patente de Estados Unidos No. 5.997.723, ambas concedidas a Wiehe et al., describen un procedimiento para la mezcla de petróleos crudos potencialmente incompatibles mediante la combinación de cada petróleo crudo en orden de los números de mezcla de solubilidad de tal manera que el número de mezcla de solubilidad de la mezcla es mayor que el número de insolubilidad de cualquier petróleo crudo de la mezcla. Sin embargo, las divulgaciones de Wiehe enseñan un procedimiento que emplea pruebas de laboratorio inexactas y onerosas, tales como la microscopía óptica convencional o la filtración de petróleo crudo para determinar la presencia de asfaltenos en cada petróleo crudo. Además, la divulgación de Wiehe emplea un complejo análisis de mezcla y valoración para determinar el número de insolubilidad y el número de mezcla de solubilidad para cada petróleo crudo.

10 [0009] A pesar de que las divulgaciones anteriores proporcionan avances en la técnica, todavía existe una necesidad de un procedimiento para determinar con precisión la incompatibilidad de petróleo crudo que sea práctico y rentable.

15 [0010] También se ha encontrado que la centrifugación de uno o más petróleos crudos mezclados con cantidades predeterminadas de heptano proporciona para un medio simple aunque rentable para la determinación de la inestabilidad de los asfaltenos y la cantidad de asfaltenos en cada petróleo crudo.

20 [0011] También se ha encontrado que la proporción relativa de compuestos aromáticos con respecto a saturados en cada petróleo crudo a mezclar puede determinarse fácilmente mediante el uso de la relación entre el punto de ebullición y la densidad de cada petróleo crudo.

25 [0012] También se ha encontrado que pueden determinarse mezclas compatibles de dos o más petróleos crudos basándose en la relación entre el punto de ebullición y la densidad de cada petróleo crudo en la mezcla y la determinación de la inestabilidad de los asfaltenos en cada petróleo crudo en el mezcla.

Características de la invención

30 [0013] La presente invención está dirigida a un procedimiento para mezclar al menos dos líquidos de hidrocarburos juntos mediante la obtención del poder de disolvente crítico de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 4 para cada líquido de hidrocarburos, obteniéndose el poder del disolvente para cada líquido de hidrocarburos de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 4, y a continuación mezclar los líquidos de hidrocarburos juntos, produciendo una mezcla de líquidos de hidrocarburos que tienen un poder de disolvente que es mayor que el poder de disolvente crítico del líquido de hidrocarburos que tiene el poder de disolvente crítico más elevado en la mezcla.

35 [0014] Tal como se utiliza en el presente documento, petróleo crudo se entiende que significa petróleo líquido y todos los otros hidrocarburos, independientemente de la gravedad, producidos en un pozo en forma líquida por procedimientos de producción ordinarios.

40 [0015] Tal como se utiliza en el presente documento, un líquido de hidrocarburos se entiende que significa un compuesto fluido que comprende hidrógeno y carbono.

45 [0016] Tal como se utiliza en el presente documento, el poder de disolvente se entiende que significa la proporción relativa de compuestos aromáticos con respecto a saturados en un petróleo crudo o una mezcla de petróleos crudos.

[0017] Tal como se utiliza en el presente documento, el poder de disolvente crítico se entiende que significa el poder de disolvente al que los asfaltenos empiezan a precipitar a partir de un petróleo crudo o mezcla de petróleos crudos.

50 [0018] La presente invención también incluye un procedimiento para determinar el poder de disolvente crítico de uno o más líquidos de hidrocarburos según la reivindicación 1.

55 [0019] El procedimiento incluye las etapas de mezclar cada líquido de hidrocarburos con cantidades predeterminadas de una parafina normal, centrifugar cada mezcla resultante, recuperar y pesar cualquier insoluble precipitado resultante de la mezcla, y a continuación correlacionar el peso de los insolubles a un poder de disolvente en el cual los asfaltenos empiezan a precipitar a partir de la mezcla.

60 [0020] La presente invención proporciona un procedimiento práctico y rentable para la determinación del poder del disolvente de uno o más líquidos de hidrocarburos y/o petróleos crudos que no requieren un complejo análisis de mezcla y valoración para determinar el número insolubilidad y el número de mezcla de Solubilidad para cada uno de los líquidos de hidrocarburos y/o petróleos crudos.

65 [0021] La presente invención también proporciona un procedimiento práctico y rentable para la determinación de la cantidad de asfaltenos en uno o más líquidos de hidrocarburos y/o petróleos crudos que permite la determinación de la combinación óptima de dos o más líquidos de hidrocarburos y/o petróleos crudos durante una variedad de condiciones económicas.

[0022] La presente invención también proporciona un procedimiento práctico y rentable para la determinación de la compatibilidad de dos o más petróleos crudos juntos facilitando la flexibilidad de elegir una amplia variedad de petróleo crudo para refinación para su procesamiento en una refinería de petróleo crudo.

[0023] La presente invención también proporciona un procedimiento práctico y rentable para la mezcla de dos o más líquidos de hidrocarburos y/o petróleos de crudo para el procesamiento en una refinería sin la amenaza de la precipitación de asfaltenos reduciendo el tiempo de inactividad de la unidad debido a las incrustaciones o la formación de coque en las tuberías o en equipo causados por mezclas incompatibles de petróleo crudo.

[0024] La presente invención proporciona también un ahorro de energía mediante la prevención de incrustaciones en los intercambiadores de calor provocadas mediante la mezcla de líquidos de hidrocarburos y/o petróleos crudos incompatibles.

[0025] La presente invención también proporciona un procedimiento de eliminación de petróleo crudo de agua efluente de la unidad de desalado evitando problemas en el sistema de aguas residuales y en la descarga de aguas residuales. Del mismo modo, el agua transportada con el petróleo de la desaladora se eliminará, minimizando el funcionamiento inestable de la unidad de destilación de crudo.

[0026] Aunque la presente invención se presenta en este documento principalmente como aplicable a petróleos crudos, se entiende por un experto en la materia que la presente invención también puede ser aplicable con otros líquidos de hidrocarburos donde la precipitación de materiales insolubles y las incrustaciones son un problema.

Breve descripción de los dibujos

[0027]

La figura 1 representa una realización de un procedimiento de acuerdo con la presente invención que ilustra gráficamente el modelado predictivo continuo para la mezcla de tres petróleos crudos diferentes juntos.

La figura 2 representa los riesgos de nivel de incrustaciones de una unidad de procesamiento de refinería que resulta de la mezcla de múltiples petróleos crudos durante un período de tiempo.

Descripción de la realización o realizaciones preferidas

[0028] En mayor detalle, la presente invención está dirigida a un procedimiento para mezclar dos o más petróleos crudos juntos de una manera que evita la precipitación de asfaltenos a partir de la mezcla de petróleo crudo. Más particularmente, la presente invención comprende un procedimiento para determinar el poder del disolvente y el poder de disolvente crítico de los petróleos crudos que son candidatos para la mezcla, y a continuación mezclar los petróleos crudos juntos, de manera que el poder del disolvente de los petróleos crudos combinados es mayor que el poder de disolvente crítico del petróleo crudo que tiene el mayor poder de disolvente crítico en la mezcla. Como se indicó anteriormente, se entiende que poder de disolvente significa la proporción relativa de compuestos aromáticos con respecto a saturados en un petróleo crudo o una mezcla de petróleos crudos y poder de disolvente crítico se entiende que significa el poder de disolvente al que los asfaltenos empiezan a precipitar a partir de un petróleo crudo o una mezcla de petróleos crudos.

[0029] Cada petróleo crudo tiene un poder de disolvente único y un poder de disolvente crítico único. Si dos o más petróleos crudos se mezclan juntos, el poder de disolvente de la mezcla resultante varía entre las potencias de disolvente de cada petróleo crudo en la mezcla. Teniendo en cuenta esto, es de suma importancia predecir con exactitud y precisión el poder de disolvente de una mezcla de petróleos crudos con el fin de mantener asfaltenos en la mezcla de petróleos crudos en un estado soluble. Para abordar esta preocupación de suma importancia, la presente invención incluye: (1) un procedimiento para determinar el poder de disolvente de uno o más petróleos crudos; (2) un procedimiento para determinar el poder de disolvente crítico de uno o más petróleos crudos, y (3) un procedimiento para mezclar dos o más petróleos crudos juntos.

Determinación del poder de disolvente del petróleo crudo

[0030] Como se indicó anteriormente, la práctica anterior utilizaba pruebas de laboratorio repetitivas para determinar el poder de disolvente de un petróleo crudo. Teniendo en cuenta, sin embargo, que el parámetro principal que rige la capacidad de los asfaltenos de permanecer en solución en el petróleo crudo es la proporción de aromáticos con respecto a saturados del petróleo crudo, es posible modelar con precisión el petróleo crudo como un disolvente a partir de datos de ensayo, incluidos los datos de destilación y los datos de densidad, del petróleo crudo. Mediante el uso de la relación entre los datos de destilación y los datos de densidad de un petróleo en crudo, se puede determinar la proporción relativa de aromáticos con respecto a saturados en el petróleo crudo. Por lo tanto, el poder de disolvente de uno o más petróleos crudos se puede determinar como se describe más particularmente en este documento.

[0031] En la determinación del poder de disolvente de un petróleo crudo en particular, se prefiere obtener datos de

ensayo para el petróleo crudo seleccionado. Los datos de ensayo preferidos son datos de destilación y datos de densidad del petróleo crudo seleccionado. Si tales datos no están fácilmente disponibles o se sospecha que los datos de ensayo disponibles son inexactos, puede llevarse a cabo fácilmente una destilación simulada a alta temperatura convencional para proporcionar los datos de destilación preferidos de un crudo particular. La densidad del petróleo crudo se puede obtener por cualquier procedimiento convencional conocido por los expertos en la materia.

[0032] Las simulaciones de destilación típicas utilizadas en la industria del refinado son destilaciones analíticas ASTM y de punto de ebullición verdadero (TBP), que a menudo se utilizan ambos para definir las características de volatilidad de fracciones de petróleo y otras mezclas complejas. Ambas son destilaciones por lotes, que difieren principalmente en el grado de fraccionamiento obtenido en la destilación. Las destilaciones ASTM son más convenientes que las destilaciones TBP porque las destilaciones ASTM son más simples, menos costosas, requieren menos muestra y requieren sólo aproximadamente una décima parte del tiempo. Los procedimientos con destilaciones ASTM utilizados en la actualidad incluyen: *Procedimiento ASTM D86*; *Procedimiento ASTM D1160*; *Procedimiento ASTM D2887*; *Procedimiento ASTM D2892*; y *Procedimiento ASTM D3710*. Como se entenderá por los expertos en la técnica, el procedimiento de destilación empleado a menudo depende de la fracción de petróleo que se va a destilar.

[0033] Aunque los datos de destilación de cualquiera de estos procedimientos de destilación es adecuado para la presente invención, se prefiere que los datos de destilación deriven de una destilación según el Procedimiento ASTM D86. Si los datos de destilación disponibles para la presente invención no son de una destilación según el Procedimiento ASTM D86, los datos de destilación se convierten a una curva de destilación D86. Esta conversión se puede realizar manualmente de acuerdo con el procedimiento API de conversión, tal como se describe en API Technical Data Book, Capítulo 3: Petroleum Fraction Distillation Interconversions, quinta edición, 1992. Sin embargo, se prefiere llevar a cabo la conversión utilizando HYSYS, PRO II, o cualquier otro programa informático que utiliza el procedimiento API de conversión. Si se utiliza HYSYS o PRO II para la conversión, se prefiere que se utilice un procedimiento de probabilidad de extrapolación de la curva.

[0034] La siguiente etapa en la determinación del poder de disolvente de un crudo en particular es integrar numéricamente la curva de destilación D86, de 0% a 100% y dividir entre 100. Esta integración da el punto de ebullición promedio en volumen (VABP) del petróleo crudo seleccionado y se indica mediante:

$$VABP = \int_0^{100} \frac{T(X)dx}{100}$$

En la integración de la curva de destilación, el procedimiento preferido es ajustar la curva de destilación a una función spline cúbica (función polinómica de tercer orden), que a continuación se integra numéricamente en incrementos del 1%.

[0035] Una vez se integra la curva de destilación, se prefiere calcular el factor de caracterización K del petróleo crudo seleccionado, $K_{\text{petróleo}}$, utilizando el punto de ebullición promedio en volumen y la densidad del petróleo crudo seleccionado. El factor de caracterización K se basa en el factor de Watson K tal como se describe en API Technical Data Book, Capítulo 2: Petroleum Fraction Distillation Interconversions, quinta edición, 1992. El cálculo para determinar el factor de caracterización K se indica mediante:

$$K_{\text{petróleo}} = \frac{(VABP)^{1/3}}{SG},$$

en la que SG es la gravedad específica del petróleo.

[0036] Una vez que se calcula el factor de caracterización de petróleo K del petróleo crudo seleccionado, se determina fácilmente el poder de disolvente del crudo seleccionado. El poder de disolvente del petróleo crudo seleccionado se define preferiblemente usando heptano y tolueno como referencias, en el que el heptano tiene un poder de disolvente cero y el tolueno tiene un poder de disolvente de cien. Por lo tanto, un petróleo crudo con poder de disolvente cero es equivalente a heptano, y un petróleo crudo con un poder de disolvente de cien es equivalente a tolueno. Habitualmente, la mayoría de los petróleos crudos no tienen un poder de disolvente mayor de cincuenta, que es aproximadamente equivalente a ciclohexano. La determinación del poder de disolvente de un petróleo crudo se indica mediante:

$$SP = \left[\frac{K_{\text{petróleo}} - 12,79}{10,196 - 12,79} \right] \times 100$$

[0037] De este modo:

cuando SP = 0, el petróleo es aproximadamente equivalente a heptano;

cuando SP = 100, el petróleo es aproximadamente equivalente a tolueno;

cuando SP = 50, el petróleo es aproximadamente equivalente a ciclohexano.

[0038] Como un experto en la técnica entendería, la determinación del poder de disolvente de uno o más petróleos crudos o líquidos de hidrocarburos, tal como se describe en el presente documento, es relativamente simplista y proporciona una herramienta útil en la determinación de la compatibilidad de la mezcla de una pluralidad de petróleos crudos. Otra herramienta útil aunque simplista en la determinación de la compatibilidad de la mezcla de una pluralidad de petróleos crudos es la determinación del poder de disolvente crítico de uno o más petróleos crudos tal como se describe en el presente documento.

Determinación del poder de disolvente crítico

[0039] La evidencia experimental muestra que por debajo de un cierto poder de disolvente umbral, los asfaltenos precipitan a partir de petróleo crudo. Este umbral se llama el poder de disolvente crítico del petróleo crudo. A poderes de disolvente por encima del valor crítico, los asfaltenos permanecen en solución y se evita la precipitación. Teniendo en cuenta que el poder de disolvente del petróleo crudo es la proporción relativa de saturados con respecto a aromáticos, la determinación del poder de disolvente crítico, tal como se contempla en el presente documento, emplea una valoración simplista con parafina (saturada) con cada petróleo crudo que es un candidato para la mezcla.

[0040] De acuerdo con la presente invención, se prefiere añadir incrementalmente una parafina a un petróleo crudo que es un candidato para la mezcla con uno o más diferentes petróleos crudos. Se prefiere que la parafina sea heptano normal (n-heptano). Sin embargo, otras parafinas, tales como pentano normal o iso-octano, pueden ser adecuados para la presente invención. A medida que la concentración de la parafina aumenta en el petróleo crudo, la proporción de saturados con respecto a aromáticos aumenta hasta que los asfaltenos empiezan a precipitar a partir del petróleo crudo. El punto de precipitación inicial de los asfaltenos representa el poder de disolvente crítico del petróleo crudo. El poder de disolvente crítico del petróleo crudo probado está documentado para futuras determinaciones de su compatibilidad de mezcla con otros petróleos crudos.

[0041] En una realización preferida, se obtiene al menos una muestra de 50 ml del petróleo crudo seleccionado para determinar su poder de disolvente crítico. Se añaden incrementalmente cantidades predeterminadas de una parafina adecuada a la muestra de petróleo crudo, se mezclan y se dejan que se equilibren. Se prefiere añadir incrementalmente n-heptano a la muestra de petróleo crudo en una proporción de al menos 1:5, tal como se mide en % en peso, % en volumen o % en moles. Es más preferido es añadir n-heptano a la muestra de petróleo crudo en una proporción de al menos 1:10, medida en % en peso, % en volumen o % en moles. Lo más preferido es añadir n-heptano a la muestra de petróleo crudo en una proporción de al menos 1:20 medida en % en peso, % en volumen o % en moles para los mejores resultados.

[0042] A partir de la muestra seleccionada, se prefieren preparar soluciones separadas del petróleo crudo seleccionado y n-heptano. Las soluciones preparadas preferiblemente tienen proporciones variables de n-heptano con respecto al petróleo crudo seleccionado. Por ejemplo, una muestra de 100 ml de un crudo seleccionado puede separarse en 10 tubos de muestra. Un tubo de muestra contiene preferiblemente 100% en peso de petróleo crudo, mientras que los nueve tubos de muestra restantes contienen preferiblemente una solución del petróleo crudo seleccionado y cantidades variables de n-heptano. Los tubos de muestra tienen preferiblemente soluciones con concentraciones crecientes de n-heptano, preferiblemente en incrementos del 10% en peso. Por ejemplo, el tubo de muestra 1 contiene 100% en peso de petróleo crudo, el tubo de muestra 2 contiene el 90% en peso de petróleo crudo y el 10% en peso de n-heptano, y el tubo de muestra 3 contiene el 80% en peso de petróleo crudo y el 20% en peso de n-heptano, y así sucesivamente. Un tubo de muestra final tiene preferiblemente el 100% en peso de n-heptano.

[0043] Las muestras se mezclan a fondo y se dejan equilibrar y a continuación se centrifugan. El procedimiento de centrifugación se puede llevar a cabo mediante cualquier centrifuga convencional disponible en el mercado, tal como un Eppendorf® Micro Centrifuge 5415C. Los tubos de muestra se centrifugan preferiblemente a al menos 10.000 rpm, más preferiblemente a al menos 11.000 rpm, y lo más preferiblemente a al menos 12.000 rpm durante al menos 10 minutos, más preferiblemente al menos 15 minutos y lo más preferiblemente al menos 20 minutos.

[0044] Después de centrifugar las muestras, se extrae el líquido sobrenadante y el precipitado, si lo hay, se

recupera. El precipitado representa asfaltenos insolubles en un tubo de muestra particular. Los asfaltenos se lavan posteriormente en una parafina normal, preferiblemente n-heptano o n-pentano. Los insolubles recuperados se pesan a continuación en preferiblemente % en peso y se representan frente al % en peso de n-heptano o n-pentano de la solución del tubo de muestra particular.

5 [0045] El poder de disolvente crítico se calcula en el punto de la representación resultante donde los asfaltenos empiezan a precipitar. Esto se realiza mediante la determinación del poder de disolvente de la solución del tubo de muestra donde se inició la precipitación de asfaltenos. El poder de disolvente de la solución se calcula tal como se indica en el procedimiento de cálculo del poder de disolvente descrito anteriormente. La diferencia en la curva de
10 destilación estará en la cantidad de heptano recuperado a 98,5°C, el punto de ebullición del heptano. La gravedad del petróleo crudo también será inferior con la adición de heptano.

15 [0046] Además de determinar el poder de disolvente crítico de un petróleo crudo, los resultados de la representación resultante en una curva que describe el equilibrio de asfaltenos entre los estados precipitado y soluble de los asfaltenos por debajo del poder de disolvente crítico del petróleo crudo probado. Esta curva es ventajosa debido a que es útil en la predicción de la cantidad total de los asfaltenos en un petróleo crudo y la cantidad de precipitación de asfaltenos a varios poderes de disolventes por debajo poder de disolvente crítico del petróleo crudo.

20 **Mezcla de dos o más petróleos crudos**

[0047] Si dos o más petróleos crudos se mezclan juntos, el poder de disolvente de la mezcla varía entre las potencias de disolvente de cada petróleo crudo. La determinación del poder de disolvente para una mezcla de dos
25 petróleos crudos es relativamente simple, ya que puede calcularse analíticamente. Sin embargo, a medida que se añade cada petróleo crudo adicional a la mezcla, los grados de libertad aumentan, de manera que el número de mezclas potenciales aumenta exponencialmente. Por ejemplo, para cinco petróleos crudos mezclados en incrementos del 10%, el número de mezclas a evaluar para la compatibilidad es de miles. En consecuencia, se hace cada vez más difícil calcular analíticamente el poder de disolvente y la compatibilidad de la mezcla de petróleos
30 crudos a medida que aumenta el número de petróleos crudos. Por esta razón, se usa preferiblemente una simulación de Monte Carlo para seleccionar un número representativo de diferentes mezclas para calcular el poder de disolvente en cada proporción de mezcla y compararlo con el poder de disolvente crítico de cada petróleo crudo, creando de este modo suficientes puntos de datos representativos para modelar con precisión la compatibilidad de mezcla de dos o más petróleos crudos.

35 [0048] La simulación de Monte Carlo en sus términos básicos simplemente da cuenta de la probabilidad de cada resultado potencial para una variable de potencial y utiliza un generador de números aleatorios para asignar un valor a cada variable. Tal como se utiliza en la presente invención, la simulación de Monte Carlo varía la fracción de cada petróleo crudo en una mezcla de petróleos crudos preferiblemente a una función de distribución de la probabilidad la fracción en peso que el usuario proporciona. En una realización preferida, la técnica de simulación de Monte Carlo elige proporciones de mezclas aleatorias de petróleo crudo de petróleos crudos seleccionados. La fracción en peso
40 de asfaltenos, si los hay, precipitada en los mezclas aleatorias de petróleo crudo se calcula a continuación en cada una de las proporciones de mezcla seleccionadas aleatoriamente.

[0049] Cuando se utiliza la técnica de Monte Carlo, se prefiere tener una estipulación de que el error en el cálculo del poder de disolvente de la mezcla de petróleos crudos no es mayor que un error especificado. Es preferible que el error en el cálculo del poder de disolvente de la mezcla de petróleos crudos no sea mayor que 0,5 SP (E = 0,5). El número de iteraciones necesarias es preferiblemente del orden de $(1/E)^{n/r}$, donde r es la uniformidad de la curva de solubilidad de los asfaltenos y n es el número de petróleos crudos en la mezcla. Se prefiere que r = 0,3. De este modo, para 2 petróleos crudos en la mezcla, se generan 100 puntos aleatorios. Para 3 petróleos crudos en la
50 mezcla, se generan 1000 puntos aleatorios.

[0050] Se supone que el poder de disolvente de la mezcla de petróleos crudos es linealmente en peso. Dicho esto, el poder de disolvente de la mezcla de petróleos crudos es igual a la suma del producto de la fracción en peso del petróleo crudo en la mezcla con respecto al poder de disolvente del petróleo crudo, que se indica mediante:

55

$$SP_{mezcla} = \sum_{i=1}^n X_i SP_i ,$$

60 en la que
 SP_{mezcla} es el poder de disolvente de la mezcla;
 X_i es la fracción en peso del crudo i en la mezcla;
 SP_i es el poder de disolvente del crudo i; y
 n es el número de petróleos crudos en la mezcla.

65 [0051] Para evitar incompatibilidad, el poder de disolvente de la mezcla debe ser mayor que el poder de disolvente

crítico del petróleo crudo que tiene el poder de disolvente crítico más alto en la mezcla. Es preferible que la proporción de mezcla de los petróleos crudos sea al menos un 15% en volumen mayor que la proporción de mezcla en el poder de disolvente crítico del petróleo crudo que tiene el poder de disolvente crítico más alto en la mezcla. Es aún más preferible que la proporción de mezcla de los petróleos crudos sea al menos un 10% en volumen mayor que la proporción de mezcla en el poder de disolvente crítico del petróleo crudo que tiene el poder de disolvente crítico más alto en la mezcla. Sin embargo, es incluso más preferible que la proporción de mezcla de los petróleos crudos sea al menos un 5% en volumen mayor que la proporción de mezcla en el poder de disolvente crítico del petróleo crudo que tiene el poder de disolvente crítico más alto en la mezcla. Alternativamente, es preferible que el poder de disolvente de la mezcla de petróleos crudos sea al menos un 15% mayor que el poder de disolvente crítico del petróleo crudo que tiene el poder de disolvente crítico más alto en la mezcla de petróleos crudos. Es aún más preferible que el poder de disolvente de la mezcla de petróleos crudos sea al menos un 10% mayor que el poder de disolvente crítico del petróleo crudo que tiene el poder de disolvente crítico más alto en la mezcla de petróleos crudos. Sin embargo, es incluso más preferible que el poder de disolvente de la mezcla de petróleos crudos sea al menos un 5 por ciento mayor que el poder de disolvente crítico del petróleo crudo que tiene el poder de disolvente crítico más alto en la mezcla de petróleos crudos.

[0052] Aunque la presente invención se ha descrito con particularidad y detalle, el siguiente ejemplo proporciona una ilustración adicional de la invención y se entiende que no limita el alcance de la invención.

EJEMPLO 1

[0053] El ejemplo 1, que se representa gráficamente en la figura 1, representa un modelo predictivo de acuerdo con la presente invención, en el que el petróleo crudo X, el petróleo crudo Y y el petróleo crudo Z se mezclan en una mezcla de tres componentes. Tal como se representa en la figura 1, el modelo varía en % en volumen donde los petróleos crudos separados son compatibles e incompatibles para la mezcla. El eje X representa el % en volumen de petróleo crudo X y el eje Y representa el % en volumen de petróleo crudo Y. La diferencia en cualquier punto es el % en volumen de petróleo crudo Z. El petróleo crudo X tiene un poder de disolvente de 40,0 y un poder de disolvente crítico de 27,2. El petróleo crudo Y tiene un poder de disolvente de 37,3 y un poder de disolvente crítico de 30,1. El petróleo crudo Z tiene un poder de disolvente de 22,2 y un poder de disolvente crítico de 16,6. Además de la predicción de la incompatibilidad de las mezclas de petróleos crudos, el intervalo "intervalo de mezclas incompatibles" también ilustra la cantidad de asfaltenos en % en peso que se espera que precipiten a partir de la mezcla de petróleos crudos en ese intervalo de mezcla.

EJEMPLO 2

[0054] El ejemplo 2 es un modelo predictivo de incrustaciones en una unidad de procesamiento (precipitación de asfaltenos) resultante de la mezcla de diversos petróleos crudos en una refinería en un período de tiempo. El modelo se representa gráficamente en la figura 2 y se representa numéricamente en la tabla. La figura 2 representa el poder de disolvente de las diversas mezclas en comparación con el poder de disolvente crítico del petróleo crudo que tiene el poder de disolvente crítico más alto en cada mezcla. Los poderes de disolvente de cada petróleo crudo y cada mezcla de petróleos crudos se calcularon tal como se describe en el presente documento. Los poderes de disolvente críticos de cada petróleo crudo se calcularon tal como se describe en el presente documento. La tabla ilustra numéricamente la figura 2 en períodos de tiempo representativos seleccionados. La Tabla muestra también los poderes de disolvente de cada petróleo crudo en las diversas mezclas y la fracción en % en peso que cada petróleo crudo contribuye a las diversas mezclas. Los datos del Ejemplo 2 predicen que cuando el poder de disolvente de la mezcla es menor que el poder de disolvente crítico de 26,9 tienen lugar incrustaciones significativas en unidades de procesamiento de la refinería.

TABLA

Periodo 1			Periodo 13			Periodo 23			Periodo 31		
Petróleo crudo	SP	fracción % en peso	Petróleo crudo	SP	fracción en peso	Petróleo crudo	SP	fracción en peso	Petróleo crudo	SP	fracción en peso
A1	29,7	3,7	B1	31,0	14,8	C1	27,8	29,1	D1	27,8	11,6
A2	21,0	3,9	B2	22,1	11,5	C2	22,1	9,4	D2	22,1	16,2
A3	32,4	26,6	B3	32,4	9,0	C3	32,4	5,5	D3	32,4	2,6
A4	28,8	6,8	B4	28,8	3,0	C4	29,9	4,4	D4	26,8	13,0
A5	26,4	2,0	B5	29,9	23,0	C5	39,4	3,5	D5	16,4	6,5
A6	39,4	24,1	B6	26,4	2,0	C6	28,6	16,4	D6	19,7	15,5
A7	28,6	8,8	B7	39,4	16,0	C7	19,7	11,0	D7	26,1	12,7
A8	19,7	13,5	B8	28,6	12,0	C8	26,1	5,3	D8	22,2	7,6
A9	35,0	4,1	B9	19,7	2,7	C9	22,2	7,4	D9	23,3	14,3
A10	22,2	2,9	B10	26,1	3,1	C10	23,3	8,0			

ES 2 629 015 T3

A11	23,2	3,6	B11	23,2	2,9						
SP de la mezcla: 30,6 SP crítica: 26,9			SP de la mezcla: 30,3 SP crítica: 26,9			SP de la mezcla: 26,4 SP crítica: 26,9			SP de la mezcla: 24,4 SP crítica: 26,9		

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar el poder de disolvente crítico de uno o más líquidos de hidrocarburos, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

(a) mezclar cada líquido de hidrocarburos con cantidades predeterminadas de una parafina;

(b) centrifugar cada mezcla resultante,

(c) recuperar y pesar cualquier insoluble precipitado resultante de la etapa (b); y

(d) representar el peso de los insolubles en la etapa (c) frente al % en peso de parafina en la mezcla en la etapa (a) y determinar el poder de disolvente crítico mediante el cálculo del poder de disolvente del líquido de hidrocarburos en la etapa (a) en el punto de la representación en el que los asfaltenos empiezan a precipitar a partir del líquido de hidrocarburos;

en el que el poder de disolvente para el líquido de hidrocarburos se obtiene mediante:

(i) obtener la curva de destilación D86 y la densidad del líquido de hidrocarburos, en el que la curva de destilación D86 se obtiene a partir de los datos de destilación derivados del Procedimiento ASTM D86 o a partir de los datos de destilación convertidos a una curva de destilación D86 utilizando un procedimiento API de conversión; (ii) integrar numéricamente la curva de destilación del líquido de hidrocarburos según la fórmula:

$$VABP = \int_b^{100} \frac{T(X)dx}{100}$$

produciendo así el punto de ebullición promedio en volumen (VABP) para el líquido de hidrocarburos; (iii) calcular el factor de caracterización $K_{\text{petróleo}}$ para el líquido de hidrocarburos utilizando el punto de ebullición promedio en volumen (VABP) en la etapa (ii) según la fórmula:

$$K_{\text{petróleo}} = \frac{(VABP)^{1/3}}{SG},$$

en la que SG es la gravedad específica del líquido de hidrocarburos; y (iv) determinar el poder de disolvente (SP) del líquido de hidrocarburos utilizando el factor de caracterización $K_{\text{petróleo}}$ en la etapa (iii) según la fórmula:

$$SP = \left[\frac{K_{\text{petróleo}} - 12,79}{10,196 - 12,79} \right] \times 100$$

2. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que la parafina es heptano normal.

3. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que la parafina es pentano normal.

4. Procedimiento para mezclar al menos dos líquidos de hidrocarburos, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

(a) obtener el poder de disolvente crítico para cada líquido de hidrocarburos mediante: (i) mezclar cada líquido de hidrocarburos con cantidades predeterminadas de una parafina; (ii) centrifugar cada mezcla resultante, (iii) recuperar y pesar cualquier insoluble precipitado resultante de la etapa (ii); y (iv) representar el peso de los insolubles en la etapa (iii) frente al peso de parafina en la mezcla en la etapa (i) y determinar el poder de disolvente crítico mediante el cálculo del poder de disolvente del líquido de hidrocarburos en la etapa (i) en el punto de la representación en el que los asfaltenos empiezan a precipitar a partir del líquido de hidrocarburos;

(b) obtener el poder de disolvente para cada líquido de hidrocarburos mediante: (i) obtener la curva de destilación D86 y la densidad de cada líquido de hidrocarburos, en el que la curva de destilación D86 se obtiene a partir de los datos de destilación derivados del Procedimiento ASTM D86 o a partir de los datos de destilación convertidos a una curva de destilación D86 utilizando un procedimiento API de conversión; (ii) integrar numéricamente la curva de destilación de cada líquido de hidrocarburos según la fórmula:

$$VABP = \int_b^{100} \frac{T(X)dx}{100}$$

5 produciendo así el punto de ebullición promedio en volumen (VABP) para cada líquido de hidrocarburos; (iii) calcular el factor de caracterización $K_{\text{petróleo}}$ para cada líquido de hidrocarburos utilizando el punto de ebullición promedio en volumen (VABP) en la etapa (ii) según la fórmula:

$$10 \quad K_{\text{petróleo}} = \frac{(VABP)^{1/3}}{SG},$$

en la que SG es la gravedad específica del líquido de hidrocarburos; y (iv) determinar el poder de disolvente (SP) de cada líquido de hidrocarburos utilizando el factor de caracterización $K_{\text{petróleo}}$ en la etapa (iii) según la fórmula:

$$15 \quad SP = \left[\frac{K_{\text{petróleo}} - 12,79}{10,196 - 12,79} \right] \times 100$$

20

y
 25 (c) mezclar los líquidos de hidrocarburos, produciendo una mezcla de hidrocarburos, en la que el poder de disolvente de la mezcla de hidrocarburos es mayor que el poder de disolvente crítico del líquido de hidrocarburos que tiene el poder de disolvente crítico más alto en la mezcla; en el que el poder de disolvente de la mezcla de hidrocarburos es igual a la suma de los productos de las fracciones en peso de los líquidos de hidrocarburos en la mezcla y los respectivos poderes de disolvente de los líquidos de hidrocarburos.

- 30 5. Procedimiento, según la reivindicación 4, en el que los líquidos de hidrocarburos son petróleos crudos.
6. Procedimiento, según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en el que al menos tres líquidos de hidrocarburos se mezclan juntos para producir una mezcla de hidrocarburos.
- 35 7. Procedimiento, según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en el que al menos cuatro líquidos de hidrocarburos se mezclan juntos para producir una mezcla de hidrocarburos.
8. Procedimiento, según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en el que los líquidos de hidrocarburos se mezclan, de manera que el poder de disolvente de la mezcla de hidrocarburos sea al menos un 5% mayor que el poder de disolvente crítico del líquido de hidrocarburos que tiene el poder de disolvente crítico más alto en la mezcla.
- 40
9. Procedimiento, según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en el que los líquidos de hidrocarburos se mezclan, de manera que el poder de disolvente de la mezcla de hidrocarburos sea al menos un 10% mayor que el poder de disolvente crítico del líquido de hidrocarburos que tiene el poder de disolvente crítico más alto en la mezcla.
- 45
10. Procedimiento, según la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en el que los líquidos de hidrocarburos se mezclan, de manera que el poder de disolvente de la mezcla de hidrocarburos sea al menos un 15% mayor que el poder de disolvente crítico del líquido de hidrocarburos que tiene el poder de disolvente crítico más alto en la mezcla.

Figura 1

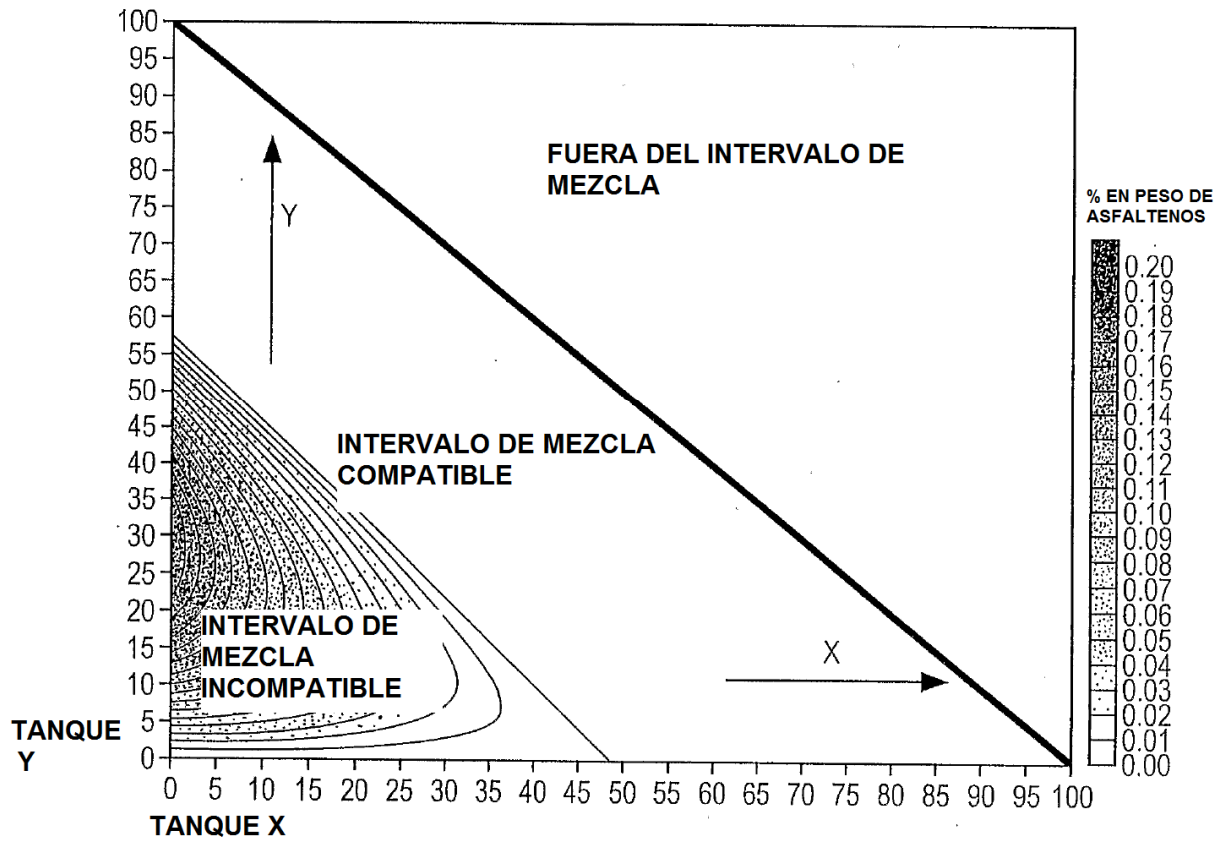


Figura 2

