

5 **PROCESO PARA OBTENER UN HIDROCARBURO**
 TRANSPORTABLE POR TUBERÍA COMPUESTO DE CRUDOS
 PESADOS Y EXTRAPESADOS CON DILUYENTES NO
 CONVENCIONALES.

10 **Campo de la Invención**

La presente invención se relaciona con el transporte de crudos pesados y extrapesados a través de sistemas de oleoductos de grandes distancias y alta complejidad. La invención permite obtener un hidrocarburo homogéneo con
15 características definidas de estabilidad y viscosidad, que permanece en fase líquida bajo las condiciones de transporte y almacenamiento. Las propiedades del hidrocarburo resultante garantizan la seguridad ambiental y de proceso, la eficiencia del sistema y la disminución del costo energético de bombear dichos
20 crudos a través de largos trayectos. La invención proporciona un proceso que entrega un hidrocarburo con características definidas por las condiciones de proceso, la matriz del crudo, los componentes del Diluyente No Convencional (DNC) y una etapa de incorporación que garantiza su homogeneidad y estabilidad final.

25 **Antecedentes de la Invención**

En el estado del arte se encuentran diferentes tecnologías que emplean diferentes tipos de diluyentes para modificar las características de los crudos pesados y extrapesados, tal como el rompimiento de emulsiones, la separación de impurezas
30 o asfaltenos y la extracción de bitumen de arenas. En la patente US 5.948.242 se protege un proceso donde se adiciona entre 10% a 35% en volumen de la corriente total con un diluyente, como un hidrocarburo liviano, para reducir la viscosidad y

5 posteriormente, realizar un proceso flash, para disminuir la presión de la mezcla.
La invención en la patente **US8147679B2** divulga un proceso continuo para
mejorar un hidrocarburo pesado al retirar asfaltenos. El proceso incluye los pasos
de obtener un hidrocarburo pesado, calentar el hidrocarburo, poner en contacto el
10 hidrocarburo pesado con un solvente en condiciones de mejoramiento, para
producir un primer producto que comprende la mezcla del hidrocarburo y el
solvente, y un segundo producto que comprende residuos de asfaltenos y agua. En
la patente **US7909989B2** se describe un método y un sistema para obtener un
bitumen de baja viscosidad a partir de arenas bituminosas. El método puede incluir
15 dos etapas de extracción, en la primera etapa se usa un solvente aromático ligero y
en la segunda etapa de extracción se usa un solvente de hidrocarburo volátil.

Los diluyentes convencionales se usan para cambiar las propiedades de los crudos
pesados durante el transporte oleoductos, lo más usados son los crudos livianos y
las naftas. Algunos diluyentes no convencionales como los hidrocarburos de bajo
20 peso molecular, también se emplean para cambiar algunas características de los
crudos, tal como la viscosidad de las mezclas. Patentes como **US4420008A**, **US**
4.661.242 y **US 4.092.238** presentan el uso de crudos livianos y diferentes técnicas
de dilución apropiadas para cada caso. Sin embargo, la dilución de crudos pesados
y extrapesados requiere del uso de grandes cantidades de diluyente convencional,
25 que limita el espacio para el transporte por tubería. Para el caso de los diluyentes
no convencionales que poseen mayor poder diluyente, pueden afectar la estabilidad
y la homogeneidad del hidrocarburo obtenido para el transporte.

Debido a su poder de dilución, los hidrocarburos de bajo peso molecular, como el
30 GLP, han sido usados en mezclas de crudos con el objeto de sustituir parte del
diluyente convencional empleado en los procesos convencionales de tratamiento
y producción de crudos pesados. La sustitución de parte del diluyente convencional

5 se conoce como codilución y busca hacer más eficiente la disminución de la viscosidad, al igual que incrementar la proporción de crudo transportado, pues se disminuye la necesidad de diluyente convencional. Sin embargo, propiedades críticas del hidrocarburo a transportar, pueden verse afectadas tanto por la presencia como por la composición de compuestos en la mezcla. Por lo anterior,
10 invenciones como la patente **US 4.882.041** describen maneras de cómo obtener una mezcla con la presión de vapor adecuada para su venta inmediata.

A pesar de que existen invenciones que proponen métodos para modificar las características de los hidrocarburos a transportar, tal como la disminución de la viscosidad o el control de la presión de vapor, no se encuentra en el estado del arte
15 una invención que resuelva el problema técnico de asegurar las características de homogeneidad y estabilidad de la mezcla a transportar. Esto se debe a la complejidad de las interacciones entre los diferentes componentes de la mezcla, que incluyen la composición del crudo pesado y extrapesado y la de los diluyentes
20 no convencionales.

A continuación, se describen invenciones halladas en el estado del arte que buscan modificar las características de los crudos pesados, para hacer viable su transporte a través de oleoductos.

25 **US 4994149** reivindica un proceso para el tratamiento de crudos pesados, en el que se añade un diluyente que es reemplazado en parte por GLP. Los diluyentes se adicionan luego de realizar una remisión de componentes livianos en el crudo, tal como el metano y el dióxido de carbono, esto con el fin de reducir la presión de vapor de la corriente resultante. Sin embargo, la invención desconoce el efecto disruptivo de los componentes y la composición del diluyente. La experimentación
30 demuestra que la simple invocación de una etapa llamada adición, no asegura la

- 5 obtención de las propiedades requeridas en el producto final. Se requieren características específicas a través de la generación de un nuevo conocimiento.

En **US 9637685** la invención reivindica un método para la producción y distribución de un diluyente enriquecido de hidrocarburos de baja densidad. Define que el método mantiene la volatilidad, densidad y concentraciones en los límites permitidos. Proveen una unidad de mezclado para homogenizar el crudo con el diluyente enriquecido con LDH. Define contenidos de butano entre 5 y 7% y la corriente de diluyente luego de inyectar el LDH entre 46 y 86° API. Reivindica un método para reducir la viscosidad del crudo que involucra la mezcla del crudo con el diluyente enriquecido de LDH. En los ejemplos de la invención se detalla que el LDH está entre C1 a C5 y detalla que puede ser n-pentano, n-butano o menores. Sin embargo, esta patente no tiene en cuenta que la etapa de mezclado requiere características específicas que no son suplidas por los dispositivos comerciales de mezcla.

20 Por otro lado, la solicitud de patente **WO2001/059257** divulga un proceso para reducir la gravedad específica del petróleo crudo por la inyección de un hidrocarburo liviano, que es más ligero que el petróleo crudo, en puntos de mezcla corriente abajo del pozo de producción y corriente arriba de un separador de fases. Así, el hidrocarburo es conducido a los puntos de mezcla en el pozo a través de las tuberías de alimentación. Mediante una tubería anular se disuelve el hidrocarburo liviano en el petróleo crudo. Los componentes de la mezcla en la corriente están en equilibrio a las condiciones de presión y temperatura establecidas. El hidrocarburo liviano puede ser una fracción condensada de la serie del metano con un número de carbonos entre C2 y C16 inclusive, preferiblemente se utiliza una mezcla de estos componentes. Según dicha solicitud, la invención que en ella se reporta incrementa la eficiencia de extracción y bombeo del petróleo crudo,

5 minimizando significativamente los costos relacionados con la producción y el procesamiento. Sin embargo, la simple invocación de una etapa llamada mezcla, no asegura la obtención de las propiedades requeridas en el producto final.

10 En **US20150144526A1** la invención proporciona un proceso para hacer transportables por tubería los hidrocarburos pesados. El proceso contempla la mezcla de la alimentación de hidrocarburos pesados con un diluyente que incluye una corriente de hidrocarburos, el cual tiene al menos el 0,5% en masa de un componente de hidrocarburo C4 o más ligero, teniendo dicho diluyente menos de 2% en volumen de compuestos aromáticos, en donde la viscosidad de la mezcla
15 de diluyente y los hidrocarburos es inferior a 500 cSt a 7,5 ° C, lo que está dentro de los límites transportables de la tubería. Esta invención no tiene en cuenta que entre más livianos sean los hidrocarburos, mayor poder diluyente poseen, por lo que pueden ser tenidos en cuenta dentro de la composición del diluyente bajo condiciones específicas.

20 La solicitud de patente **US20160298020A1** reivindica un producto aditivo que comprende una Relación 8:11 pentano-hexano, contiene un aromático, que puede ser xileno o tolueno. El aditivo comprende pentano, hexano y un compuesto aromático, en una proporción de aproximadamente 27-37: 39-49: 1-9, pentano:
25 hexano: aromático. pentano, hexano, tolueno y xileno, en una relación de aproximadamente 27-37: 39-49: 2-5: 1-4, pentano: hexano: tolueno: xileno. La patente defiende que hay una razón de hidrocarburos perfecta que hace un cambio significativo en el efecto de la viscosidad. Esta invención no define la relevancia de la etapa de mezclado en las características de homogeneidad y estabilidad
30 requeridas.

- 5 La solicitud de patente **US20180291293A1** reivindica una mezcla de hidrocarburos que se caracterizan por que tiene baja presión de vapor, se compone de una fracción de diluyente de bajo punto de ebullición y alto octanaje, una fracción de bitumen de alto punto de ebullición, la mezcla tiene una viscosidad cercana a 350 cSt a 7.5°C o 18.5°C, una densidad de menos de 940 kg/m³ y un RVP de menos
- 10 de 65 kPa. La temperatura a la que se destila el 5% de la fracción de bitumen es mayor que la temperatura a la que se destila el 95% de la fracción de diluyente. El BP del diluyente para el 95% en volumen es menor o igual a 220 °C. La fracción de diluyente comprende al menos un 25% de isooctano o iso-hexano por volume. La fracción de diluyente comprende más del 85% en volumen de alcanos de cadena
- 15 ramificada. la mezcla comprende menos del 1% en peso de olefinas. El bitumen tiene una viscosidad de al menos 700,000 cSt a 15 ° C, una densidad inferior o igual a 1.000 kg / m³ a 15 ° C. la fracción de volumen de diluyente en la mezcla es inferior al 40% dos fracciones térmicamente separables.
- 20 En **CA2657360A1** la invención reivindica una sustancia útil para transportar crudo pesado o bitumen que posee una concentración máxima de 50% del volumen de diluyente la mezcla. El diluyente con olefina, parafinas, debe contener menos del 1% de hidrogeno/metano y menos del 10% de etano/etileno en volumen. También reivindica un proceso que Incluye la separación del diluyente desde el
- 25 bitumen en un proceso de destilación.

- En general dentro del estado del arte, no se encuentran invenciones que resuelvan la pregunta de ¿Cómo se aseguran las características finales del hidrocarburo a transportar por oleoducto? La presente invención entrega un proceso que asegura
- 30 las características finales del hidrocarburo a transportar, definiendo las condiciones de temperatura y presión, junto con la relación de características de materia prima

- 5 y la composición del DNC a utilizar, en sinergia con una etapa de incorporación que garantiza la homogenización y estabilidad de la mezcla.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

10

La presente invención provee un proceso para obtener a condiciones de baja presión, un hidrocarburo homogéneo de alta estabilidad, baja viscosidad y alta retención de volátiles. Dentro de esta invención, el término estabilidad se entiende como la propiedad que permite mantener la homogeneidad e integridad del hidrocarburo sin estratificación de fases o precipitación de componentes sólidos o coloidales. El hidrocarburo resultante del proceso está constituido en su gran mayoría por crudos pesados y extrapesados, lo que incrementa la eficiencia de transporte de crudo en la tubería, gracias a la disminución del diluyente convencional.

20

El hidrocarburo obtenido mediante el proceso de la invención puede ser transportado a través de grandes distancias por sistemas convencionales de transporte, que incluyen tanques, bombas, líneas, estaciones intermedias, buque-tanques para exportación, manteniendo su homogeneidad e integridad antes de entrar a la fase de refinación. Las características del hidrocarburo permiten la disminución de la pérdida de hidrocarburos livianos en tanques, asegurando la disminución de riesgos de seguridad y ambientales por la emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's)

25

30

El proceso objeto de esta invención propone las etapas necesarias para lograr la obtención de un hidrocarburo homogéneo de alta estabilidad, que se compone en su gran mayoría de crudos pesados y/o extrapesados, un diluyente convencional y

5 de un DNC. En el proceso, al crudo pesado o extrapesado se le incorpora el diluyente convencional y el DNC, bajo condiciones de proceso determinadas y composición definida del DNC.

10 Las características de proceso reivindicadas en la presente invención definen las proporciones composicionales del DNC que permiten incrementar su fracción en el hidrocarburo, disminuyendo la proporción de diluyente convencional e incrementando la del crudo. Otra caracterización relevante realizada en la presente invención consiste en la inclusión de una etapa de incorporación del DNC, que también asegura la homogeneidad y estabilidad del hidrocarburo final.

15 La cantidad adicionada de diluyente convencional depende principalmente de la calidad de los crudos (viscosidad y densidad), mientras la cantidad del DNC, dependen de su composición y de las características de estabilidad del hidrocarburo final. La adición del DNC reduce la caída de presión en el transporte del crudo
20 pesado en un grado mayor que la caída de presión obtenida si se aplicará un diluyente convencional como crudos livianos, naftas u otros productos refinados.

De acuerdo con uno de los aspectos más relevantes de esta invención, los componentes del DNC se deben agrupar en tres tipos, los hidrocarburos de tres o
25 menos carbonos (C_3), los hidrocarburos de cuatro carbonos (C_4) y los hidrocarburos de cinco o más carbonos (C_{5+}). La mezcla de los componentes definidos genera un efecto sinérgico en las características de viscosidad, estabilidad y homogeneidad del hidrocarburo final, permitiendo transportar el crudo pesado y extrapesado que originalmente presenta un API entre 7 y 25.

30

5

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques del proceso que presenta una modalidad de la invención, donde se describe las relaciones entre etapas y fluidos de proceso.

10 **Figura 2.** Presenta el esquema global propuesto por esta invención, asociado a las etapas de mezclado con diluyente convencional y la adición del diluyente no convencional (DNC).

15 **Figura 3.** Presenta el esquema de una modalidad de la invención que describe estrategia de mezcla entre el Blend y el DNC, para asegurar la máxima incorporación del DNC al Blend.

5

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Esta invención hace referencia a un proceso para obtener un hidrocarburo (108) compuesto principalmente por crudo pesado y/o extrapesado (101), diluyente convencional (103) y DNC (106). En los sistemas donde se ha implementado la invención, se asegura que el hidrocarburo (108) puede ser transportado a través de grandes distancias por sistemas convencionales de transporte, que incluyen tanques, bombas, líneas, estaciones intermedias, buque-tanques para exportación, entre otros, manteniendo su homogeneidad e integridad antes de entrar a su uso final.

Para resolver el problema técnico de asegurar las condiciones de homogeneidad y estabilidad requeridas, la invención describe un proceso que define las características del hidrocarburo final (108), a través del control de las condiciones del proceso, de la composición y proporción de los componentes en el DNC (106) y de la inclusión de una etapa de incorporación (105) del DNC, justo antes de una etapa de homogenización (107).

La incorporación del DNC (106) no solo logra la disminución de la proporción de diluyente convencional (103) necesaria para disminuir la viscosidad, sino que permite una completa incorporación a condiciones de baja presión y una disminución de los riesgos técnicos y ambientales relacionados con las pérdidas de hidrocarburos. El efecto diferenciador de la invención se asegura al definir las condiciones del proceso, la composición y proporción de los componentes del DNC (106) y la configuración de la etapa de incorporación (105).

5 Dentro de las diferentes modalidades del proceso, la presente invención contempla que el crudo pesado y/o extrapesado almacenado (101) es bombeado a través de un cabezal hacia una etapa de mezcla (102), conformada por un mezclador estático o una serie de ellos (203) donde se agrega (201) el diluyente convencional (103) a través de un sistema de dosificación (201). El diluyente convencional puede ser un
10 crudo liviano, nafta u otros productos refinados del petróleo, o mezcla de estos. El diluyente convencional se encuentra almacenado en el tanque (103) y es bombeado hacia el mismo cabezal del mezclador (203). La cantidad del diluyente convencional (103) agregado depende de las características del crudo pesado o extrapesado (101) a transportar y de la proporción de DNC (106) que se
15 incorporará en el hidrocarburo final (108). El crudo pesado (101) que tiene una gravedad API entre 7 y 20 y una presión de vapor entre 2 y 6 psi es modificado para que el hidrocarburo resultante cumpla con las restricciones de transporte de cualquier oleoducto (viscosidad, densidad y presión de vapor del hidrocarburo). Las condiciones de proceso en el mezclador o serie de mezcladores (203) varían
20 entre 15 °C y 50 °C de temperatura, preferiblemente entre 20 °C y 40 °C, la presión absoluta fluctúa entre 135 KPa y 2068,4 kPa, preferiblemente entre 150 kPa y 1379 kPa.

La mezcla diluida definida como Blend (104) se envía a una etapa de incorporación
25 (105), donde la inclusión (204) del DNC (301) ajusta el hidrocarburo a las características requeridas para transporte. Para la incorporación del DNC (301), se realiza su ingreso (302) a la tubería (303) que transporta el Blend, a través de un tubo recto (304), que forma un ángulo de 90° con respecto al eje Axial de la tubería (305). El ingreso (302) del tubo (304) debe llegar sobre el eje central (305) de la
30 tubería (303). El extremo final del tubo (306) debe ser direccionado paralelo al eje axial (305) de la tubería (303) y en sentido contrario a la dirección de flujo (307) del Blend. En el extremo de salida del tubo (304) debe instalarse una restricción

- 5 cónica (308) de flujo que permite asegurar que la velocidad de flujo del DNC esté entre 2 y 4 veces por encima de la velocidad del Blend.

El DNC está compuesto por hidrocarburos que se agrupan en tres tipos, los hidrocarburos de tres o menos carbonos (C_3), los hidrocarburos de cuatro
 10 carbonos (C_4) y los de cinco o más carbonos (C_{5+}) llegando hasta seis carbonos (C_6). Una vez se mezclan los tres tipos de componentes, el DNC es adicionado al Blend en una cantidad que va hasta el 5% en volumen. La cantidad de DNC adicionado al Blend depende de la presión de vapor del Blend y de la proporción de cada uno de los tres tipos de hidrocarburos que lo componen. En la tabla a
 15 continuación, se describen los rangos de porcentaje de cada componente en el DNC, para los diferentes casos de presión de vapor del Blend.

Tabla 1. Rangos de composición del DNC permitidos a partir del RVP del Blend

Grupo Hidrocarburo	Presión de vapor del Blend			
	2 psi		6 psi	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
C_3^-	0%	50%	0%	24%
C_4	0%	100%	0%	70%
C_5^+	0%	100%	30%	100%

Donde la proporción de C_6 en el grupo de hidrocarburos C_5^+ , puede ser hasta del
 20 33% en volumen.

De la etapa de incorporación (105) se obtiene un hidrocarburo al que se aplica una etapa de homogenización (107) que consiste en un mezclador estático o una serie de ellos (205). Las condiciones de proceso en la homogenización donde se tiene
 25 un mezclador o serie de mezcladores varían entre 15 °C y 50 °C de temperatura, preferiblemente entre 20 °C y 40 °C, la presión absoluta fluctúa entre 165.4 KPa y

- 5 2068,4 kPa, preferiblemente entre 690 kPa y 1379 kPa. El proceso permite obtener una mezcla diluida de crudo pesado con características para transporte que varían entre los 20 mm²/s (20 centistokes) y 1000 mm²/s (1000 centistokes).

