

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 439**

51 Int. Cl.:

**B01J 4/00** (2006.01)

**B01J 8/00** (2006.01)

**B01J 8/12** (2006.01)

**B01J 19/24** (2006.01)

**B01J 19/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2020** **E 20154575 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2024** **EP 3693083**

54 Título: **Procedimiento que implementa un recinto que comprende un fondo de sección decreciente y un ángulo de inclinación variable con inyecciones laterales de líquido para limitar el ensuciamiento**

30 Prioridad:

**06.02.2019 FR 1901170**

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

**26.11.2024**

73 Titular/es:

**IFP ENERGIES NOUVELLES (100.0%)  
1 & 4 avenue de Bois-Préau  
92852 Rueil-Malmaison Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**AMBLARD, BENJAMIN;  
MARQUES, JOAO y  
LE COZ, JEAN-FRANÇOIS**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 989 439 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

Procedimiento que implementa un recinto que comprende un fondo de sección decreciente y un ángulo de inclinación variable con inyecciones laterales de líquido para limitar el ensuciamiento

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de la reducción de depósitos de sedimentos o moléculas inestables o insolubles en recintos con fondo de sección decreciente y ángulo de inclinación variable, típicamente con fondo convexo, tales como reactores, recintos de separación y destilación, amasadoras, mezcladores, decantadores, utilizados en procedimientos que producen líquidos susceptibles de ensuciar dichos recintos. La invención se aplica así a los procedimientos de producción o de tratamiento de líquidos susceptibles de ensuciar los recintos, y en particular, sin ser exhaustivo, a procedimientos tales como la viscorreducción, el hidrocraqueo en lecho burbujeante, el craqueo catalítico, la coquización retardada en el refinado de productos petrolíferos, así como los procedimientos de licuefacción del carbón y de tratamiento de biomasa. Por ejemplo, la presente invención se aplica ventajosamente a recintos de separación y destilación implementados aguas abajo de unidades de refinación que tratan productos pesados o que ensucian.

20 Técnica anterior

La reducción de depósitos que ensucian los recintos de ciertos equipos es un problema importante en unidades para el tratamiento o conversión de cargas hidrocarbonadas, particularmente para cargas pesadas. De hecho, el ensuciamiento de los recintos impone detener la unidad y desmontarla para realizar su limpieza. En las unidades de conversión de cargas hidrocarbonadas en lechos burbujeantes, en particular, el ensuciamiento de las paredes y del fondo de los recintos de equipos de separación puede deberse a partículas de naturaleza asfáltica que flocculan para formar depósitos sólidos, moléculas que se adsorben en las paredes, partículas de coque, finos de catalizadores, sulfuros metálicos a base de níquel, hierro y/o vanadio, o más generalmente cualquier sólido contenido en la carga hidrocarbonada tratada. El documento US 2006/047160 1 divulga un reactor para la oxidación catalítica de los hidrocarburos aromáticos con un recinto que comprende un fondo que comprende una parte superior cilíndrica, una parte inferior con sección decreciente y ángulo de inclinación variable con respecto al eje de revolución de dicha parte superior cilíndrica, y una tubería de salida, inyecciones de líquido reciclado o de reposición en dicha parte inferior; una inyección de líquido reciclado en dicha parte superior cilíndrica.

La solicitud de patente US4534851A describe un método para introducir una carga líquida hidrocarbonada en un tubería de transferencia a una zona de reacción, que comprende una inyección de vapor y de la carga hidrocarbonada en flujo ascendente con flujos concéntricos separados, siendo el flujo de carga hidrocarbonada el flujo interno, y siendo el flujo de vapor el flujo circunferencial, y la dirección de parte del vapor hacia la pared interna de dicha tubería de transferencia, mientras que el resto del vapor y de la carga hidrocarbonada son evacuados del área en una dirección paralela al eje longitudinal.

Sin embargo, esta solicitud no describe un dispositivo que permite reducir las zonas estancadas reciclando el líquido hidrocarbonado o aportando líquido externo tanto en el interior de la parte troncocónica como/o en el interior de la parte cilíndrica del recinto.

La solicitante ha presentado la solicitud de patente francesa nº 17/59.606. Esta solicitud se refiere a un dispositivo para el flujo descendente de un líquido hidrocarbonado que contiene partículas sólidas que comprende inyecciones laterales de líquidos para limitar los fenómenos de depósitos sólidos en equipos con fondo troncocónico.

50 Objetivos y sumario de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para convertir cargas hidrocarbonadas implementando un recinto para el flujo descendente de un líquido hidrocarbonado que contiene partículas sólidas, que comprende:

- un fondo que comprende una parte superior cilíndrica de diámetro D1, una parte inferior de sección decreciente y un ángulo de inclinación  $\alpha$  variable con respecto al eje de revolución (Z) de dicha parte superior cilíndrica, no siendo el ángulo  $\alpha$  constante en toda la altura de la parte inferior, excluyendo una parte inferior cónica o troncocónica, y una tubería de salida de diámetro D2 a través de la cual sale el líquido hidrocarbonado y que comprende una abertura situada en el fondo de dicha parte inferior,

siendo la parte inferior una porción convexa, preferiblemente de sección elíptica, que se extiende sobre toda la altura de dicha parte inferior, siendo dicha porción convexa de altura L1 y teniendo una relación L1/D1 comprendida entre 0,01 y 20, o

dicha parte inferior está formada por una única porción convexa que comprende dicha tubería de salida y rematada por una única porción troncocónica, o

dicha parte inferior está formada por una única porción convexa que comprende dicha tubería de salida y rematada por una sucesión de porciones troncocónicas, o

- 5            dicha parte inferior es una sucesión de porciones troncocónicas,
- al menos una inyección de líquido reciclado y/o adicional en dicha parte inferior de sección decreciente y ángulo de inclinación variable;
  - 10        - al menos una inyección de líquido reciclado y/o de reposición en dicha parte superior cilíndrica; estando dicha o dichas inyecciones situadas en dicha parte inferior inclinada con respecto a la tangente a la pared de la parte inferior en el punto de inyección en un ángulo  $\beta_1$  en el plano vertical (xz) y en un ángulo  $\beta_2$  en el plano horizontal (xy); estando dicha o dichas inyecciones situadas en dicha parte superior cilíndrica inclinadas con respecto a la pared de la parte superior cilíndrica en un ángulo  $\theta_1$  en el plano vertical (xz) y en un ángulo  $\theta_2$  en el plano horizontal (xy), estando los ángulos  $\beta_1$  y  $\theta_1$  comprendidos entre  $5^\circ$  y  $175^\circ$ , estando los ángulos  $\beta_2$  y  $\theta_2$  comprendidos entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$ , y en el que la velocidad del líquido V inyectado en dichas inyecciones está comprendida entre  $0,05 \text{ m.s}^{-1}$  y  $40 \text{ m.s}^{-1}$ .

20        La parte inferior de sección decreciente y ángulo de inclinación variable puede ser una porción convexa de altura L1 con una relación L1/D1 comprendida entre 0,02 y 10, y más preferentemente comprendida entre 0,1 y 5.

25        Según una realización, la parte inferior de sección decreciente y ángulo de inclinación variable está formada por una única porción convexa que comprende la tubería de salida y rematada por una única porción troncocónica, y la relación D1/D3 puede estar comprendida entre 0,05 y 0,9, siendo D3 el diámetro más pequeño de dicha porción troncocónica que remata dicha porción convexa, y la relación L3/D3 puede estar comprendida entre 0,01 y 10, siendo L3 la altura de dicha porción convexa.

30        Ventajosamente, la porción convexa comprende un inserto macizo que forma una superficie interna troncocónica con un ángulo de inclinación  $\alpha'$ , preferiblemente comprendido entre  $5^\circ$  y  $85^\circ$ , integrando el inserto al menos en parte las inyecciones ubicadas en la porción convexa de la parte inferior.

35        Según otra realización, la parte inferior con sección decreciente y ángulo de inclinación variable es una sucesión de porciones troncocónicas, teniendo cada una de dichas partes sucesivas preferiblemente un ángulo de inclinación  $\alpha$  creciente en dirección de la tubería de salida.

40        Preferiblemente, el centro de la tubería de salida está situado a una distancia L4 con respecto a la pared de la parte superior cilíndrica, estando L4 comprendido entre D2/2 y D1/2, y preferiblemente igual a D1/2.

45        Ventajosamente, el recinto del procedimiento según la invención comprende una tubería para reciclar parte del líquido que sale de dicha tubería de salida, suministrando dicha tubería de reciclaje líquido reciclado a al menos una de las inyecciones.

50        El recinto del procedimiento según la invención puede comprender una tubería de reposición para suministrar líquido de reposición a al menos una de las inyecciones.

55        Las inyecciones se pueden distribuir por capas horizontales en la parte inferior y por capas horizontales en la parte superior cilíndrica respectivamente.

60        Ventajosamente, la relación D1/D2 está comprendida entre 1,1 y 1.000, preferentemente entre 2 y 500, y más preferentemente entre 3 y 100.

65        Ventajosamente, el diámetro D1 está comprendido entre 0,1 m y 30 m, preferentemente entre 0,5 m y 20 m, y de manera muy preferida entre 1 m y 10 m.

70        Preferiblemente, los ángulos  $\beta_1$  y  $\theta_1$  están comprendidos entre  $10^\circ$  y  $150^\circ$ , muy preferiblemente entre  $15^\circ$  y  $120^\circ$ , más preferiblemente entre  $15^\circ$  y  $90^\circ$ , e incluso de manera más preferible entre  $20^\circ$  y  $60^\circ$ .

75        Preferiblemente, los ángulos  $\beta_2$  y  $\theta_2$  están comprendidos entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , y preferiblemente son iguales a  $0^\circ$ .

80        Ventajosamente, la altura H entre dos capas horizontales está comprendida entre 0,01 m y 10 m, preferentemente entre 0,05 m y 5 m, y de manera muy preferible entre 0,1 m y 1 m.

85        Ventajosamente, el número de inyecciones N por capa está comprendido entre 1 y 30, preferentemente comprendido entre 2 y 10, y más preferentemente comprendido entre 2 y 6.

Las inyecciones dentro de una misma capa pueden estar espaciadas por un ángulo  $\delta$  igual a  $360/N$ .

Preferiblemente, el recinto es el de un medio de separación de gas/líquido configurado para el tratamiento de cargas hidrocarbonadas.

5 Preferiblemente, dicho procedimiento implementa una etapa de hidroconversión en un lecho burbujeante para cargas que contienen fracciones hidrocarbonadas de las cuales al menos el 50 % en peso tienen una temperatura de ebullición superior a 300 °C.

10 La velocidad del líquido V inyectado en dichas inyecciones puede estar comprendida preferentemente entre  $0,1 \text{ m.s}^{-1}$  y  $30 \text{ m.s}^{-1}$ , y muy preferentemente entre  $0,5 \text{ m.s}^{-1}$  y  $10 \text{ m.s}^{-1}$ .

15 La tasa de inyección de líquido reciclado y/o adicional con respecto al líquido hidrocarbonado que circula en el recinto está ventajosamente comprendida entre 1 % y 400 %, preferiblemente entre 5 % y 100 %, muy preferiblemente entre 10 % y 60 %, e incluso más preferiblemente entre 20 % y 50 %.

20 Otros objetos y ventajas de la invención aparecerán con la lectura de la siguiente descripción de ejemplos de realizaciones particulares de la invención, dados a título de ejemplos no limitativos, haciéndose la descripción con referencia a las figuras adjuntas descritas a continuación.

Lista de figuras

[Fig 1]

25 La figura 1 representa el diagrama esquemático de las inyecciones en el recinto 1 del procedimiento según la invención.

[Fig. 2]

30 La figura 2 ilustra un ejemplo de implementación de inyecciones de líquido hidrocarbonado reciclado y/o adicional dentro de las partes cilíndricas y convexas del fondo del recinto 100 según una primera realización del recinto.

[Fig 3]

35 La figura 3 ilustra el recinto según la realización mostrada en la figura 2 y un ejemplo de implementación de múltiples inyecciones laterales de líquido en las partes cilíndrica y convexa del fondo del recinto, según una vista lateral y una vista superior. (3A): múltiples inyecciones 6 en la parte cilíndrica del fondo del recinto 1; (3B): múltiples inyecciones 5 en la parte convexa del fondo del recinto 100.

[Fig. 4]

40 La figura 4 ilustra un ejemplo de implementación de inyecciones de líquido hidrocarbonado reciclado y/o adicional dentro de las partes cilíndricas superior e inferior con una pluralidad de porciones troncocónicas del fondo del recinto 200 según una segunda realización.

[Fig. 5]

45 La figura 5 ilustra un ejemplo de implementación de inyecciones de líquido hidrocarbonado reciclado y/o adicional dentro de las partes cilíndrica superior e inferior con porciones troncocónicas y convexas del fondo del recinto 300 según una tercera realización.

[Fig 6]

50 La figura 6 es una vista por arriba del fondo de un ejemplo de recinto 1' con fondo convexo según la técnica anterior sin inyecciones, que ilustra las zonas estancadas en las que las velocidades del líquido cerca de la pared son inferiores a 10 cm/s, que son zonas potenciales de acumulación de partículas sólidas.

[Fig 7]

55 La figura 7 muestra una vista por arriba de un ejemplo de recinto 100 del procedimiento según la invención con un fondo convexo, con inyecciones en el fondo del recinto, ilustrando las zonas estancadas en las que las velocidades del líquido cercanas a la pared son inferiores a 10 cm/s, que son zonas potenciales de acumulación de partículas sólidas.

65 En las figuras, las mismas referencias designan elementos idénticos o similares.

## Descripción de las realizaciones

5 De manera general, la invención se aplica a cualquier recinto de un equipo en el que circula un líquido con posibilidad de estancamiento y acumulación de partículas sólidas en el fondo del recinto. Más específicamente, la invención se aplica a cualquier recinto en el que circula un líquido hidrocarbonado que comprende partículas sólidas susceptibles de estancarse y acumularse en el fondo del recinto. Más particularmente, las inyecciones están situadas en la parte inferior del recinto, que puede ser por ejemplo el recinto de una columna de destilación atmosférica o a vacío, de un matraz de separación, de un reactor, de un mezclador, de un decantador, etc., utilizado en un procedimiento que produce o trata líquidos susceptibles de ensuciar los recintos. Preferiblemente, el recinto del procedimiento según la invención es un recinto de una columna de destilación atmosférica o a vacío, de un matraz de separación, o de cualquier otro medio de separación gas/líquido que permite tratar cargas hidrocarbonadas.

10 Según la invención, el recinto está particularmente adaptado al flujo descendente de un líquido que contiene partículas sólidas hidrocarbonadas, y en particular hidrocarburos, que comprenden partículas sólidas susceptibles de estancarse y acumularse en el fondo del recinto. Por partículas sólidas, también se incluye cualquier precipitado que podría formarse en el líquido.

15 En lo sucesivo, se entenderá por "inyección" cualquier medio conocido por el experto en la técnica que permite inyectar líquido desde la pared del recinto hacia el interior, siendo suministrado dicho medio por al menos una tubería de transporte de líquido. Estos medios pueden ser, por ejemplo, inyecciones tubulares con un solo orificio, o inyecciones tubulares con múltiples orificios.

20 La Figura 1 muestra el diagrama de bloques de la invención. Para la siguiente descripción de la invención, se escoge el ejemplo del flujo de un líquido hidrocarbonado. Sin embargo, la presente invención no se limita a un recinto para el flujo de un líquido hidrocarbonado, sino que puede aplicarse a un recinto para el flujo descendente de cualquier tipo de líquido que ensucia, es decir, un líquido que contiene partículas sólidas o compuestos susceptibles de precipitar, por ejemplo flocular o adsorberse en la pared.

25 El recinto 1 del procedimiento según la invención comprende un fondo que comprende una parte superior cilíndrica 11 y una parte inferior con sección decreciente y ángulo de inclinación  $\alpha$  variable 12, típicamente un fondo convexo, en el que fluye un líquido hidrocarbonado 2 que ensucia que desciende a partir de la parte superior del recinto y sale a través de una tubería de salida 9.

30 El fondo del recinto 1 comprende así la parte superior cilíndrica 11, la parte inferior de sección decreciente y de ángulo de inclinación  $\alpha$  variable 12, y la tubería de salida 9.

35 Por sección decreciente de dicha parte inferior 12, se entiende una sección transversal, es decir ortogonal con respecto al eje Z (eje de revolución) de la parte superior cilíndrica 11 (que coincide con la vertical z), que decrece en el sentido de flujo (descendente) del líquido hidrocarbonado que contiene partículas sólidas, es decir en el sentido de la tubería de salida 9. Por cilindro, se entiende un cilindro de revolución.

40 Por ángulo de inclinación  $\alpha$  variable, se entiende que el ángulo  $\alpha$  no es constante en toda la altura de la parte inferior 12, lo que excluye en particular una parte inferior cónica o troncocónica (formada por un único cono). El ángulo de inclinación  $\alpha$ , ilustrado en la figura 2, y descrito a continuación, es el ángulo formado entre la tangente en un punto de la pared de la parte inferior 12 y un eje paralelo al eje Z que pasa por este punto.

45 Esta parte inferior 12 puede ser una parte convexa, conocida por el experto en la técnica como "fondo convexo" como se describe por ejemplo en los documentos normativos NF E 81-100, NF E 81-101 (fondos convexos con pequeñas radio cuadrado PRC - radio convexo mayor o igual al diámetro exterior del fondo, y un radio cuadrado comprendido entre 30 y 500 mm según los diámetros), NF E 81-102 (fondos convexos con gran radio cuadrado GRC - radio convexo igual al diámetro exterior del fondo, y un radio cuadrado igual a una décima parte de este mismo diámetro), NF E 81-103 (fondos convexos elípticos), NF E 81-104 (fondos convexos con radio cuadrado medio MRC - radio convexo igual al diámetro exterior del fondo y un radio cuadrado comprendido entre el trigésimo y el decimoquinto de este mismo diámetro), o ser una parte que comprende una porción convexa y al menos una porción troncocónica, o bien ser una parte que comprenda una sucesión de porciones troncocónicas, como se describe con más detalle a continuación en relación con las figuras 2 a 5. Tales formas son bien conocidas por el experto en la técnica para facilitar el drenaje de sólidos por gravedad hacia la tubería de salida. Además, tales formas permiten tiempos de residencia del líquido hidrocarbonado más largos en comparación con los fondos cónicos, para la misma relación de diámetro entre la tubería de salida y la parte superior cilíndrica. Finalmente, tales fondos, en particular los fondos convexos, se adaptan bien a los equipos bajo presión, siendo el grosor de metal necesario menos importante que en el caso de los fondos cónicos.

50 La parte superior 11 e inferior 12 son continuas entre sí, dicho de otra manera, sucesivas, y la tubería de salida 9 comprende una abertura situada en el fondo de la parte inferior.

65

A fin de reducir la formación de depósitos en la pared y en el fondo del recinto, el recinto comprende inyecciones laterales de líquido reciclado y/o adicional: inyecciones 5 en la parte inferior con sección decreciente y ángulo de inclinación variable 12 e inyecciones 6 en la parte cilíndrica 11. Estas inyecciones se pueden distribuir a la pared en capas horizontales en la parte inferior 12 y en capas horizontales en la parte cilíndrica 11. El flujo líquido saliente se evacua del recinto a través de una tubería de evacuación 3.

En una realización de la invención, una tubería de reposición de líquido 10 (que puede ser un líquido fluxante) suministra las inyecciones laterales 5 y 6 ubicadas en la parte inferior de la sección decreciente con ángulo variable 12 y en la parte cilíndrica 11, a fin de reducir las zonas estancadas en el recinto 1 y limitar los depósitos de partículas sólidas en las paredes. En el caso de un recinto para un flujo de líquido hidrocarbonado, cualquier corte con un punto de ebullición mayor o igual al punto de ebullición del líquido hidrocarbonado que suministra el recinto 1, por ejemplo un efluente de craqueo catalítico tal como un corte pesado HCO (por "Heavy Cycle Oil" en inglés) o un corte ligero LCO (por "Light Cycle Oil" en inglés) obtenidos por craqueo catalítico, o cualquier otro corte gasóleo a vacío VGO ("Vacuum Gas Oil" en inglés), residuo atmosférico AR (por "Atmosphérique residue"), residuo a vacío VR (por "Vacuum residue" en inglés), aceite desasfaltado DAO (por "De-Asphalted oil" en inglés) o extracto aromático, puede ser adecuado como líquido de reposición. Más generalmente, el líquido de reposición es preferiblemente miscible con el líquido 2. Preferiblemente, el líquido de reposición no provoca precipitación de especies químicas minoritarias que se disuelven en el líquido 2, ni floculación, ni promueve reacciones químicas de polimerización que podrían conducir a partículas sólidas, ni tiene ningún punto de burbuja inferior a la temperatura de funcionamiento del recinto. Según esta realización, el caudal de líquido que sale a través de la tubería de evacuación 3 es igual a la suma del caudal de líquido hidrocarbonado que circula en el recinto 2 y el caudal de líquido de reposición inyectado en la tubería de reposición 10. El líquido de reposición inyectado a través de la tubería de reposición 10 permite reducir las zonas estancadas generando una turbulencia en el recinto 1 a fin de limitar los depósitos de partículas sólidas en las paredes. Dicho líquido de reposición inyectado también puede desempeñar un papel fluxante cuando el líquido elegido es una base aromática.

Según otra realización de la invención, parte del líquido hidrocarbonado que sale del recinto 1 puede reciclarse para suministrar las inyecciones laterales 5 y 6. Según esta realización, el caudal de líquido que sale a través de la tubería de evacuación 3 es igual al caudal de líquido 2. El líquido reciclado a través de la tubería de reciclaje 4 permite reducir las zonas estancadas en el recinto 1 generando una turbulencia o una mezcla a fin de limitar los depósitos de partículas sólidas en las paredes.

Según otra realización más de la invención, el líquido inyectado en las inyecciones laterales 5 y 6 puede proceder tanto de la tubería de reciclaje 4 como de la tubería de reposición líquida 10. Según esta realización, el caudal de líquido que sale a través de la tubería de evacuación 3 es igual a la suma del caudal de líquido hidrocarbonado que circula en el recinto denominado líquido que ensucia 2, y el caudal de líquido de reposición inyectado en la tubería de reposición 10. El líquido inyectado a través de la tubería de reposición 10 y a través de la tubería de reciclaje 4 permite reducir las zonas estancadas generando una turbulencia en el recinto 1 a fin de limitar los depósitos de partículas sólidas en las paredes y también puede desempeñar el papel de fluxante mencionado anteriormente.

El líquido inyectado mediante las inyecciones laterales 5 y 6 puede por tanto ser un líquido reciclado del recinto 1 y/o un líquido de reposición, es decir un líquido procedente del exterior del recinto 1.

Se define el caudal de inyección del líquido inyectado mediante las inyecciones laterales 5 y 6 como siendo la relación entre la suma del caudal de líquido en la tubería de reciclaje 4 y el caudal de líquido en la tubería de reposición 10 sobre el caudal líquido hidrocarbonado que circula en el recinto o líquido que ensucia 2.

La carga que entra en el recinto puede contener cualquier tipo de compuesto proveniente de un efluente de un procedimiento de hidroconversión, por ejemplo proveniente de una unidad de lecho burbujeante H-OIL™, pero también cualquier tipo de compuesto proveniente de un procedimiento de hidroconversión en un lecho arrastrado, denominado "slurry" en inglés, de un procedimiento de hidrotatamiento en lecho fijo, en lecho móvil, en lecho fluidizado, de un efluente de craqueo catalítico en lecho fluidizado (FCC por "Fluid Catalytic Cracking" en inglés), de efluentes de procedimientos de conversión térmica como la coquización ("coking" en inglés), viscorreducción ("visbreaking" en inglés), y cualquier otro procedimiento de separación como el desasfaltado con disolventes.

Las partículas sólidas pueden ser asfaltenos precipitados, finos de catalizadores soportados o no soportados (normalmente con un diámetro inferior a 500 micrómetros) o partículas de coque, sulfuros de metales tales como níquel, vanadio, hierro, molibdeno.

El flujo en el recinto se lleva a cabo de manera descendente. Las inyecciones de líquido se pueden realizar en el fondo de un recinto de una columna de destilación a vacío o de una columna atmosférica o en el fondo de cualquier separador gas-líquido.

Las figuras 2 a 5 ilustran ejemplos de inyecciones laterales en diferentes realizaciones del recinto del procedimiento según la invención. La parte inferior con sección decreciente y ángulo de inclinación variable 12 puede comprender

una porción convexa, preferiblemente de sección elíptica, como se ilustra en las figuras 2, 3 y 5. Esta parte convexa puede extenderse por toda la altura de la parte inferior 12, como se muestra en particular en las figuras 2, 3 y 6, o constituir sólo una porción de dicha parte inferior, como se ilustra, por ejemplo, en la figura 5. La parte inferior 12 puede comprender alternativamente, y preferiblemente ser, una sucesión de porciones troncocónicas, preferiblemente de ángulo de inclinación  $\alpha$  creciente en dirección de la tubería de salida 9, tal como se ilustra en la figura 4.

La figura 2 muestra los diferentes tipos de inyecciones laterales de la parte reciclada del líquido o del líquido de reposición, en un recinto según una primera realización de la invención, en la que la parte inferior del fondo del recinto 100 es un fondo convexo 112.

El recinto 100, que puede ser por ejemplo el de una columna de destilación o de un separador, tiene un fondo que comprende una parte superior cilíndrica 11 de diámetro  $D_1$ , una parte inferior convexa 112, una tubería de salida 9 situado en la parte baja del recinto, a través de la cual sale el líquido hidrocarbonado, de diámetro  $D_2$ . La parte convexa 112 (también denominada fondo convexo) tiene una sección decreciente y un ángulo de inclinación  $\alpha$  variable con respecto al eje de revolución Z, coincidente con la vertical (z) en la posición de funcionamiento del recinto 100, de la parte cilíndrica 11. El ángulo de inclinación  $\alpha$  es el ángulo formado entre la tangente en un punto de la pared de la parte inferior 112 y un eje paralelo al eje de revolución Z que pasa por este punto (la vertical). El ángulo  $\alpha$  varía preferiblemente entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$ . El ángulo  $\alpha$  aumenta preferiblemente en el sentido del flujo (descendente) del líquido, es decir, en la dirección de la tubería de salida 9. Así, en la figura 2, el valor del ángulo  $\alpha$  en el punto  $p_1$ , formado entre la tangente  $T_1$  y la vertical, es diferente del valor del ángulo  $\alpha$  en el punto  $p_2$  formado entre la tangente  $T_2$  y la vertical, y es en este caso más pequeño. El fondo convexo se puede caracterizar por la relación  $L_1/D_1$ , siendo  $L_1$  la altura del fondo convexo, y siendo  $D_1$  el diámetro de la parte superior cilíndrica 11, que corresponde al diámetro conocido como "diámetro exterior del fondo" para los fondos convexos. El fondo convexo puede ser de un tipo descrito según las normas referenciadas ya citadas anteriormente, y caracterizado en particular por un radio convexo  $R_i$  y un radio cuadrado  $R_c$ . Preferiblemente, el fondo convexo del recinto 100 es un fondo convexo elíptico (por ejemplo como se define en el documento normativo NF E 81-103). Puede ser un fondo semiesférico (caso especial de un fondo convexo elíptico, con  $L_1=D_1/2$ ).

La relación  $L_1/D_1$  está comprendida entre 0,01 y 20, preferiblemente comprendida entre 0,02 y 10, y más preferiblemente comprendida entre 0,1 y 5. Por ejemplo, la relación  $L_1/D_1$  es igual a 4.

Se definen dos tipos de inyección de líquido (de reposición o reciclado):

- las inyecciones 5 en la parte inferior con sección decreciente y ángulo  $\alpha$  variable 112, es decir, la parte convexa según esta realización, en el fondo del recinto 100.
- las inyecciones 6 en la parte superior cilíndrica 11 en el fondo del recinto 100.

Las inyecciones 5 ubicadas en la parte inferior 112 están inclinadas con respecto a la tangente  $T_{in}$  a la pared de la parte inferior 112 en el punto de inyección  $p_i$  en un ángulo  $\beta_1$  en el plano vertical (xz) y en un ángulo  $\beta_2$  en el plano horizontal (xy), designando x el eje horizontal, designando z el eje vertical, coincidente con el eje de revolución Z de la parte superior cilíndrica 11, y perpendicular al plano horizontal (xy). Como se muestra en la figura 2, el ángulo  $\beta_1$  se define en el sentido contrario a las agujas del reloj (desde la tangente a la pared en el punto de inyección), y el ángulo  $\beta_2$  se define en el sentido de las agujas del reloj (desde la tangente a la pared en el punto de inyección).

Las inyecciones 6 situadas en la parte superior cilíndrica 11 están inclinadas con respecto a la pared del cuerpo cilíndrico, coincidente con la tangente a la pared de la parte superior 11 en el punto de inyección, de un ángulo  $\theta_1$  en el plano vertical (xz) y de un ángulo  $\theta_2$  en el plano horizontal (xy). Como se muestra en la figura 2, el ángulo  $\theta_1$  se define en el sentido contrario a las agujas del reloj (desde la tangente a la pared en el punto de inyección), y el ángulo  $\theta_2$  se define en el sentido de las agujas del reloj (desde la tangente a la pared en el punto de inyección).

Las inyecciones están ventajosamente orientadas en el mismo sentido de rotación en el plano horizontal (xy) y ventajosamente situadas en la parte líquida del fondo de la columna.

Los ángulos  $\beta_1$  y  $\theta_1$ , definidos en el plano (xz) con respecto a la tangente  $T_{in}$  a la pared respectivamente de la parte inferior 112 y de la parte superior 11, en el punto de inyección  $p_i$ , están comprendidos entre  $5^\circ$  y  $175^\circ$ , preferiblemente comprendidos entre  $10^\circ$  y  $150^\circ$ , más preferiblemente comprendidos entre  $15^\circ$  y  $120^\circ$ , más preferiblemente comprendidos entre  $15^\circ$  y  $90^\circ$ , e incluso más preferiblemente entre  $20^\circ$  y  $60^\circ$ .

Los ángulos  $\beta_2$  y  $\theta_2$ , definidos en el plano (xy) con respecto a la tangente  $T_{in}$  a la pared respectivamente de la parte inferior 112 y de la parte superior 11, en el punto de inyección  $p_i$ , están comprendidos entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$ , y preferiblemente entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ . Muy preferentemente, los ángulos  $\beta_2$  y  $\theta_2$  son iguales a  $0^\circ$ , es decir que la inyección es tangencial a la pared.

La figura 3A muestra la implementación múltiple de inyecciones 6 en la parte cilíndrica 11 del fondo del recinto 100. La figura 3B muestra la implementación múltiple de inyecciones 5 en la parte inferior de sección decreciente y de ángulo de inclinación  $\alpha$  variable 112, es decir la parte inferior convexa según esta realización, del fondo del recinto 100.

5 La implementación de las inyecciones en la pared del recinto se lleva a cabo según capas horizontales 8 en el plano (xy) para las inyecciones 6 en la parte superior cilíndrica 11 y según las capas horizontales 7 para las inyecciones 5 en la parte inferior 112. Cada capa de inyecciones 7 y 8, respectivamente en la parte inferior 112 y en la parte cilíndrica 11, comprende respectivamente un número N de inyecciones 5 o 6 situadas a la misma altura según el eje Z. En la figura 3, N es igual a 2. Cada capa está separada por una altura H. Dentro de una capa, cada inyección está separada de la siguiente por un ángulo  $\delta$  igual a  $360/N$  en el plano (xy). Como se muestra en la figura 3, una capa de inyecciones puede desplazarse con respecto a otra capa de inyecciones en un ángulo  $\gamma$  en el plano (xy).

15 El número de capas en cada una de las partes cilíndricas inferiores 112 o superiores 11 está ventajosamente comprendido entre 1 y 20, preferiblemente entre 1 y 10, y preferiblemente entre 1 y 6.

20 El número de inyecciones N en la pared del recinto, en cada capa horizontal 8 en la parte superior cilíndrica 11 y en cada capa horizontal 7 en la parte inferior 112 está comprendido entre 1 y 30, preferiblemente entre 2 y 20, muy preferiblemente entre 2 y 10, más preferiblemente entre 2 y 6. Cada capa, ya sea dentro de la misma parte o en las dos partes, puede tener un número diferente de inyecciones N.

La altura H entre dos capas está ventajosamente comprendida entre 0,01 m y 10 m, preferiblemente entre 0,05 m y 5 m, y de manera muy preferida entre 0,1 m y 1 m.

25 El ángulo  $\delta$  que separa las inyecciones en la circunferencia de una misma capa está comprendido entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$ , preferiblemente comprendido entre  $5^\circ$  y  $120^\circ$ , muy preferiblemente comprendido entre  $10^\circ$  y  $90^\circ$ . De manera ventajosa, el ángulo  $\delta$  es igual a  $360/N$  en el que N designa el número de inyecciones por capa.

30 El ángulo  $\gamma$  designa el desplazamiento angular de una capa con respecto a la otra. Este ángulo puede estar comprendido entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$ , preferiblemente comprendido entre  $5^\circ$  y  $120^\circ$ , de manera muy preferida comprendido entre  $10^\circ$  y  $90^\circ$ .

35 La velocidad del líquido V inyectado en las tuberías de inyecciones laterales 5 y 6 está comprendida entre  $0,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y  $40 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , preferiblemente entre  $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y  $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , y de manera muy preferida entre  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . De manera preferida, los diámetros de las tuberías de inyección se dimensionan en función del caudal de líquido a inyectar a fin de obtener las velocidades de inyección deseadas.

40 El caudal de líquido reciclado a través de la tubería de reciclaje 4 más el caudal de líquido inyectado a través de la tubería 10 sobre el caudal de líquido hidrocarbonado 2 que circula en el recinto 100 está ventajosamente comprendido entre 1 % y 400 %, preferiblemente entre 5 % y 100 %, muy preferiblemente entre 10 % y 60 %, e incluso más preferiblemente entre 20 % y 50 %.

45 El diámetro D1 de la parte superior cilíndrica 11 del fondo del recinto 100 está ventajosamente comprendido entre 0,1 m y 30 m, preferentemente entre 0,5 m y 20 m, y muy preferentemente entre 1 m y 10 m.

50 La relación (D1/D2) entre el diámetro D1 de la parte superior cilíndrica 11 y el diámetro D2 de la tubería de salida 9 en el fondo de la parte inferior de sección decreciente y ángulo de inclinación  $\alpha$  variable 12, está ventajosamente comprendida entre 1,1 y 1000, preferiblemente comprendida entre 2 y 500, y preferiblemente comprendida entre 3 y 100.

55 La tubería de salida 9 en el fondo de la parte inferior puede estar centrada con respecto al eje Z, o puede estar desplazada, y preferentemente está centrada. El centro de la tubería de salida 9 está situado a una distancia L4 con respecto a la pared de la parte superior cilíndrica 11, siendo esta distancia L4 comprendida entre  $D2/2$  y  $D1/2$ , y preferiblemente igual a  $D1/2$  (caso de una tubería de salida 9 centrada en la que el centro de la tubería se sitúa en el eje Z).

60 La figura 4 ilustra un ejemplo de inyecciones laterales de líquido reciclado y/o líquido de reposición en un recinto según una segunda realización de la invención, en el que la parte inferior 212 del fondo del recinto 200 es un fondo que comprende una sucesión de porciones troncocónicas (s1, s2, s3). Esta realización es idéntica en todos los aspectos a la primera realización, descrita en relación con las figuras 2 y 3, con la excepción de dicha parte inferior del fondo del recinto 200. Según esta segunda realización, la parte inferior 212 está formada por una sucesión de porciones troncocónicas  $s_p$ , de ángulo de inclinación  $\alpha_p$  con respecto a la vertical (z). El ángulo  $\alpha_p$  de dos porciones troncocónicas sucesivas es diferente. Para cada porción troncocónica, la parte superior del cono está dirigida hacia abajo, es decir dirigida hacia la tubería de salida 9, en el fondo de la parte inferior 212. La sección de la parte inferior 212 es así claramente decreciente y tiene un ángulo de inclinación variable.

- Aunque el ángulo de inclinación  $\alpha_p$  de una segunda porción troncocónica ubicada directamente debajo de una primera porción troncocónica, en el sentido del flujo descendente del líquido en el recinto, puede ser menor que el de la primera porción troncocónica, el ángulo de inclinación  $\alpha_p$  aumenta preferentemente en dirección del tubo de salida 9. Por ejemplo, la parte inferior es una sucesión de tres porciones troncocónicas de ángulos de inclinación respectivos  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  con respecto a la vertical z (o el eje de revolución Z) como se ilustra en la figura 4. El ángulo de cada porción troncocónica es mayor cuanto más cerca está la porción del fondo de la parte inferior, es decir aumenta en el sentido del flujo descendente del líquido en el recinto, dicho de otra manera en dirección de la tubería de salida 9.
- El número de porciones troncocónicas  $N_s$  puede estar comprendido entre 2 y 30, preferiblemente entre 2 y 10, y preferiblemente entre 2 y 5, e incluso más preferiblemente entre 3 y 5.
- Cuando  $N_s$  es suficientemente grande, por ejemplo mayor que 10, la parte inferior se aproxima a una configuración de fondo convexo.
- El ángulo de inclinación  $\alpha_p$  de una porción troncocónica  $s_p$ , variando el índice p de 2 a  $N_s$ , está ventajosamente comprendido entre  $5^\circ$  y  $70^\circ$ , preferiblemente entre  $15^\circ$  y  $60^\circ$ , de manera muy preferida entre  $30^\circ$  y  $50^\circ$ .
- Las inyecciones de líquido 5 y 6 se llevan a cabo como ya se describió para la primera realización del recinto del procedimiento según la invención en relación con las figuras 2 y 3. En particular, para las inyecciones 5 en la parte inferior 212, el punto de inyección puede ubicarse en cualquier punto de cada porción troncocónica. Excepto en los puntos de unión entre las partes troncocónicas, la tangente  $T_{in}$  en el punto de inyección coincide con la pared de la porción troncocónica. Los ángulos de las inyecciones 5 son siempre tales que la inyección se realiza desde la pared del recinto hacia el interior del recinto. Esto es cierto cualquiera que sea la realización de la invención.
- Según esta segunda realización, las inyecciones 5 se llevan a cabo preferentemente en al menos dos capas horizontales 7, cada una situada a nivel de una porción troncocónica diferente.
- La figura 5 ilustra un ejemplo de inyecciones laterales de líquido reciclado del líquido y/o del líquido de reposición en un recinto según una tercera realización de la invención, en la que la parte inferior 312 del fondo del recinto 300 es un fondo que comprende al menos una porción troncocónica de la parte superior del cono dirigida hacia abajo y al menos una porción convexa, coronando dicha porción troncocónica dicha porción convexa. Preferiblemente, la parte inferior 312 está formada por una única porción convexa b que comprende la tubería de salida 9 et coronada por una única porción troncocónica  $s_1$ , tal como se ilustra en la figura 5. En este caso, la porción troncocónica  $s_1$  tiene un ángulo de inclinación  $\alpha_1$  con respecto a la vertical z (o al eje de revolución Z), que puede estar comprendido entre  $5^\circ$  y  $70^\circ$ , preferiblemente comprendido entre  $15^\circ$  y  $60^\circ$ , y muy preferiblemente entre  $30^\circ$  y  $50^\circ$ . Alternativamente, la porción convexa está coronada por una sucesión de porciones troncocónicas similar a la descrita para la tercera realización de la invención en relación con la figura 4, sin necesidad de repetir aquí la descripción.
- La porción convexa b es del mismo tipo que la descrita para la primera realización y su descripción tampoco se repite aquí, con la excepción de que la altura  $L_3$  de la porción convexa b no constituye toda la altura  $L_1$  de la parte inferior 312 sino sólo una parte de ella, siendo la otra parte la constituida por la altura de la o las porciones troncocónicas. La porción convexa b puede así caracterizarse por la relación  $L_3/D_3$ , siendo  $D_3$  el diámetro más pequeño de la porción troncocónica  $s_1$  que corona directamente la parte convexa b, que corresponde al diámetro exterior del fondo según la terminología adoptada para los fondos convexos. La relación  $L_3/D_3$  está ventajosamente comprendida entre 0,01 y 10, preferentemente comprendida entre 0,02 y 5, y más preferentemente comprendida entre 0,02 y 3.
- La relación  $D_1$  a  $D_3$  está ventajosamente comprendida entre 0,05 y 0,9, preferentemente comprendida entre 0,1 y 0,7, y preferentemente comprendida entre 0,2 y 0,6.
- Las inyecciones de líquido se llevan a cabo como ya se describió para la primera y segunda realización del recinto del procedimiento según la invención, en relación con las figuras 2 a 4. En particular, para las inyecciones 5 en la parte inferior 312, el punto de inyección puede estar situado en cualquier punto de la o las porciones troncocónicas y de la porción convexa b. Excepto en los puntos de unión entre las partes troncocónicas si son varias, la tangente  $T_{in}$  en el punto de inyección coincide con la pared de la porción troncocónica.
- Según una cuarta realización de la invención, la parte inferior del fondo del recinto comprende, y preferiblemente es, una porción convexa provista de un inserto macizo que forma una superficie troncocónica en el interior del recinto. El inserto está fabricado preferiblemente de un material moldeable o que se puede colar, por ejemplo en un molde. Preferiblemente, este material es un hormigón refractario, ventajosamente inerte frente a los productos químicos presentes en el recinto. La superficie troncocónica interna del inserto forma un ángulo de inclinación  $\alpha'$  con respecto al eje Z (o la vertical z), preferiblemente comprendido entre  $5^\circ$  y  $85^\circ$ , preferiblemente entre  $10^\circ$  y  $70^\circ$ , y más preferiblemente entre  $20^\circ$  y  $45^\circ$ . El inserto integra al menos en parte las inyecciones 5 situadas en la porción convexa de la parte inferior, es decir que las inyecciones están contenidas parcial o totalmente dentro del inserto, engastadas en el material que constituye el inserto.

La forma y las direcciones de las inyecciones pueden así construirse directamente en la pieza de material macizo que constituirá el inserto, lo que facilita su implementación mecánica.

5 Este inserto puede ventajosamente colocarse durante la fabricación del recinto y en particular en el fondo del recinto, o incluso colocarse en el fondo convexo de un recinto ya existente.

10 La invención se aplica a los procedimientos de producción de líquidos susceptibles de ensuciar los recintos, como por ejemplo, sin ser exhaustivo, la viscorreducción, el hidrocraqueo en lecho burbujeante, el craqueo catalítico, la coquización retardada en el refinado de productos petrolíferos, así como los procedimientos de licuefacción del carbón y de tratamiento de biomasa. En efecto, la invención no se limita a los sectores del refinado de petróleo y de la producción de combustibles, sino que puede aplicarse de forma más general a los sectores de la farmacia, de la química, agroalimentario, de tratamiento de minerales, en cualquier procedimiento de transformación de la materia.

15 La invención se refiere así a un procedimiento para convertir cargas hidrocarbonadas utilizando el recinto como se describe anteriormente.

20 El procedimiento comprende preferiblemente una etapa de hidroconversión en un lecho burbujeante para cargas que contienen fracciones hidrocarbonadas de las cuales al menos el 50% en peso tienen una temperatura de ebullición superior a 300 °C.

25 Por ejemplo, esta etapa se implementa usando la tecnología y bajo las condiciones del procedimiento H-Oil™ como se describe por ejemplo en las patentes US4521295 o US4495060, o US4457831, o en el artículo Aiche, 19-23 de marzo de 1995, Houston, Texas, paper number 46d, "Second génération ebullated bed technology".

Ejemplos

30 Simulaciones en mecánicas de fluidos numéricas CFD («Computational Fluid Dynamics» en inglés) de un flujo de líquido en un recinto con fondo convexo con una relación L1/D1 igual a 4 sin inyecciones (comparativo) y en el mismo recinto con fondo convexo con inyecciones laterales de líquido reciclado según la invención se llevaron a cabo con el software Fluent. Este software utiliza un enfoque Euleriano para la fase líquida.

35 La Tabla 1 presenta las condiciones simuladas, así como las características y dimensiones del recinto del procedimiento según la invención incluyendo el número de inyecciones, el número de capas, y los ángulos de inyección, y del recinto según la técnica anterior sin inyecciones.

[Tabla 1]

|   |      |
|---|------|
| Dimensiones de los recintos   |      |
| Diámetro D1 (m)   | 1,2  |
| Diámetro D2 (m)   | 0,15 |
| Longitud L1 (m)   | 0,5  |
| Número de capas en la parte superior cilíndrica   | 1    |
| Número de capas en la parte inferior hemisférica  | 1    |
| Número de inyecciones por capa  | 2    |
| Ángulo β1 (inyecciones 5)   | 45°  |
| Ángulo β2 (inyecciones 5)   | 0°   |
| Ángulo θ1 (inyecciones 6)   | 90°  |
| Ángulo θ2 (inyecciones 6)   | 0°   |
| Distancia L4 (m)  | 0,6  |
| Condiciones de funcionamiento   |      |
| Masa en volumen del líquido hidrocarbonado 2 (kg/m <sup>3</sup> )   | 990  |
| Caudal del líquido hidrocarbonado neto 2 (kg/s)   | 9,8  |
| Tasa de inyección (caudal del líquido reciclado en la tubería 4 sobre el caudal de líquido hidrocarbonado circulante 2) | 30 % |

40 La figura 6 (vista desde arriba del ejemplo del recinto según la técnica anterior) ilustra para la configuración sin inyección (comparativa), las zonas E del recinto 1' en las que las velocidades del líquido cercas de la pared son inferiores a 10 cm/s (en muy oscuro en la figura). Estas zonas representan las zonas denominadas "estancadas" en las que puede tener lugar una acumulación de partículas sólidas. Se puede ver en esta figura la ubicación en vista desde arriba de la tubería de salida 9 en el fondo de la parte semiesférica.

45 La figura 7 (vista desde arriba del ejemplo del recinto del procedimiento según la invención) ilustra, para la configuración con inyecciones según la invención, las zonas E del recinto 100 en las que las velocidades del líquido

cercas de la pared son inferiores a 10 cm/s. Se puede ver en esta figura la ubicación en vista desde arriba de las inyecciones 5 y 6, así como la de la tubería de salida 9 en el fondo de la parte semiesférica.

5 Comparando las figuras 6 y 7, se observa la drástica reducción de las zonas potenciales de acumulación de sólidos gracias a la implementación de inyecciones laterales de líquido con el recinto del procedimiento según la invención.

Un criterio de zona estancada "Crit" se puede definir como siendo la relación entre la superficie en la que la velocidad del líquido cerca de la pared de fondo de la columna es inferior a 10 cm/s y la superficie del fondo de la columna.

10 La Tabla 2 a continuación indica el valor del criterio de zona estancada Crit para la configuración sin y con inyecciones:

[Tabla 2]

| Criterio de zona estancada "Crit" |      |
|-----------------------------------|------|
| Configuración sin inyecciones     | 97 % |
| Configuración con inyecciones     | 12 % |

15 Así, mediante un cálculo del criterio de zona estancada Crit, resulta que en la configuración según la invención, con un reciclado de 30 % del líquido hidrocarbonado para suministrar dos inyecciones 5 en la parte inferior semiesférica y dos inyecciones 6 en la parte superior cilíndrica con una geometría según la invención, las zonas estancadas se reducen de 85 %.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para convertir cargas hidrocarbonadas que implementa un recinto (1, 100, 200, 300) para el flujo descendente de un líquido hidrocarbonado que contiene partículas sólidas, que comprende:
- 10 - un fondo que comprende una parte superior cilíndrica (11) de diámetro D1, una parte inferior de sección decreciente y un ángulo de inclinación  $\alpha$  variable (112, 212, 312) con respecto al eje de revolución (Z) de dicha parte superior cilíndrica, no siendo el ángulo  $\alpha$  constante en toda la altura de la parte inferior (112, 212, 312), excluyendo una parte inferior cónica o troncocónica, y una tubería de salida (9) de diámetro D2 a través de la cual sale el líquido hidrocarbonado y que comprende una abertura situada en el fondo de dicha parte inferior,
- 15 siendo dicha parte inferior (112) una porción convexa, preferiblemente de sección elíptica, que se extiende sobre toda la altura de dicha parte inferior, siendo dicha porción convexa de altura L1 y teniendo una relación L1/D1 comprendida entre 0,01 y 20, o
- dicha parte inferior (312) está formada por una única porción convexa (b) que comprende dicha tubería de salida (9) y rematada por una única porción troncocónica (s1), o
- 20 dicha parte inferior está formada por una única porción convexa (b) que comprende dicha tubería de salida (9) y rematada por una sucesión de porciones troncocónicas, o
- dicha parte inferior (212) es una sucesión de porciones troncocónicas (s1, s2, s3),
- 25 - al menos una inyección (5) de líquido reciclado y/o de reposición en dicha parte inferior con sección decreciente y ángulo de inclinación variable (112, 212, 312);
- al menos una inyección (6) de líquido reciclado y/o de reposición en dicha parte superior cilíndrica (11);
- 30 estando la o dichas inyecciones (5) ubicadas en dicha parte inferior (112, 212, 312) inclinadas con respecto a la tangente ( $T_{in}$ ) a la pared de la parte inferior en el punto de inyección de un ángulo  $\beta_1$  en el plano vertical (xz) y de un ángulo  $\beta_2$  en el plano horizontal (xy); estando la o dichas inyecciones (6) situadas en dicha parte superior cilíndrica inclinadas con respecto a la pared de la parte superior cilíndrica de un ángulo  $\theta_1$  en el plano vertical (xz) y de un ángulo  $\theta_2$  en el plano horizontal (xy), estando los ángulos  $\beta_1$  y  $\theta_1$  comprendidos entre 5° y 175°, estando los ángulos  $\beta_2$  y  $\theta_2$  comprendidos entre 0° y 180°, y
- 35 en el que la velocidad del líquido V inyectado en dichas inyecciones está comprendida entre 0,05 m.s<sup>-1</sup> y 40 m.s<sup>-1</sup>.
- 40 2. Procedimiento que implementa un recinto según la reivindicación 1, en el que dicha parte inferior con sección decreciente y ángulo de inclinación variable (112) es una porción convexa de altura L1 que tiene una relación L1/D1 comprendida entre 0,02 y 10, y más preferiblemente comprendida entre 0,1 y 5.
- 45 3. Procedimiento que implementa un recinto según la reivindicación 1, en el que dicha parte inferior con sección decreciente y ángulo de inclinación variable (312) está formada por una única porción convexa (b) que comprende dicha tubería de salida (9) y rematada por una única porción troncocónica (s1), y en el que la relación D1/D3 está comprendida entre 0,05 y 0,9, siendo D3 el diámetro más pequeño de dicha parte troncocónica (S1) que corona dicha parte convexa (b), y en el que la relación L3/D3 está comprendida entre 0,01 y 10, siendo L3 la altura de dicha porción convexa (b).
- 50 4. Procedimiento que implementa un recinto según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicha porción convexa comprende un inserto sólido que forma una superficie interna troncocónica con un ángulo de inclinación  $\alpha'$ , preferiblemente comprendido entre 5° y 85°, integrando dicho inserto al menos parcialmente las inyecciones (5) ubicadas en dicha porción convexa de dicha parte inferior.
- 55 5. Procedimiento que implementa un recinto según la reivindicación 1, en el que dicha parte inferior con sección decreciente y ángulo de inclinación variable (212) es una sucesión de porciones troncocónicas (s1, s2, s3), teniendo cada una de dichas porciones troncocónicas preferiblemente un ángulo de inclinación  $\alpha$  creciente ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ) en dirección de la tubería de salida (9).
- 60 6. Procedimiento que implementa un recinto según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dichas inyecciones se distribuyen por capas horizontales (7) en la parte inferior (112, 212, 312) y por capas horizontales (8) en la parte superior cilíndrica (11) respectivamente.

7. Procedimiento que implementa un recinto según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los ángulos  $\beta_1$  y  $\theta_1$  están comprendidos entre  $10^\circ$  y  $150^\circ$ , muy preferiblemente entre  $15^\circ$  y  $120^\circ$ , más preferiblemente entre  $15^\circ$  y  $90^\circ$ , e incluso más preferiblemente entre  $20^\circ$  y  $60^\circ$ .
- 5 8. Procedimiento que implementa un recinto según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los ángulos  $\beta_2$  y  $\theta_2$  están comprendidos entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ , preferentemente son iguales a  $0^\circ$ .
9. Procedimiento que implementa un recinto según una de las reivindicaciones 6 a 8, en el que el número de inyecciones N por capa está comprendido entre 1 y 30, preferentemente comprendido entre 2 y 10, y más  
10 preferentemente comprendido entre 2 y 6.
10. Procedimiento que implementa un recinto según la reivindicación 9, en el que dichas inyecciones dentro de una misma capa están espaciadas por un ángulo  $\delta$  igual a  $360/N$ .
- 15 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que implementa una etapa de hidroconversión en lecho burbujeante para cargas que contienen fracciones de hidrocarburos de las cuales al menos 50 % en peso tienen una temperatura de ebullición superior a  $300^\circ\text{C}$ .
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la velocidad del líquido V inyectado en  
20 dichas inyecciones está comprendida entre  $0,1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y  $30\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , y muy preferentemente entre  $0,5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  y  $10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la tasa de inyección de líquido reciclado y/o  
25 de reposición con respecto al líquido hidrocarbonado que circula en el recinto está comprendida entre 1 % y 400 %, preferentemente entre 5 % y 100 %, muy preferiblemente entre 10 % y 60 %, e incluso más preferiblemente entre 20 % y 50 %.

FIG. 1

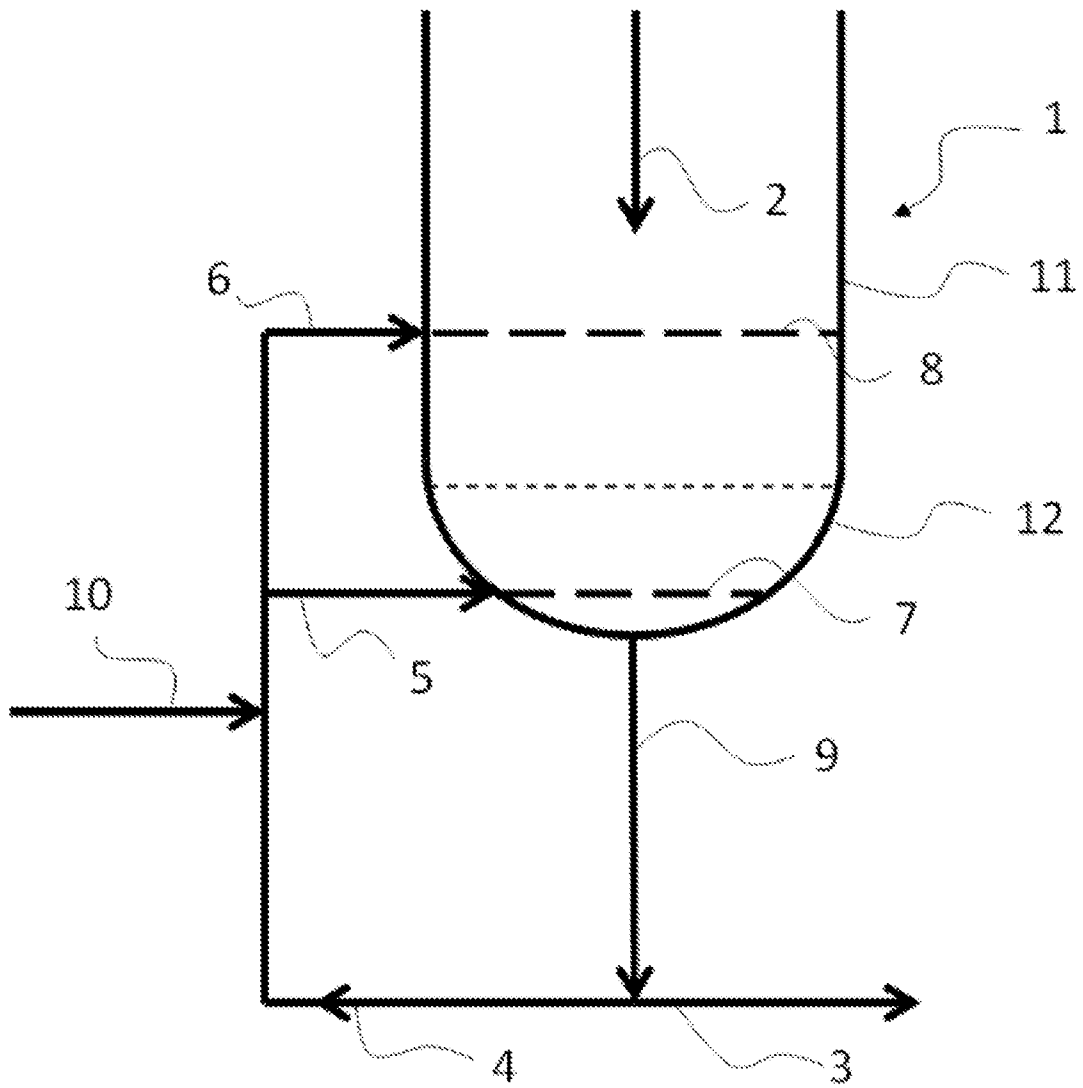




FIG. 3

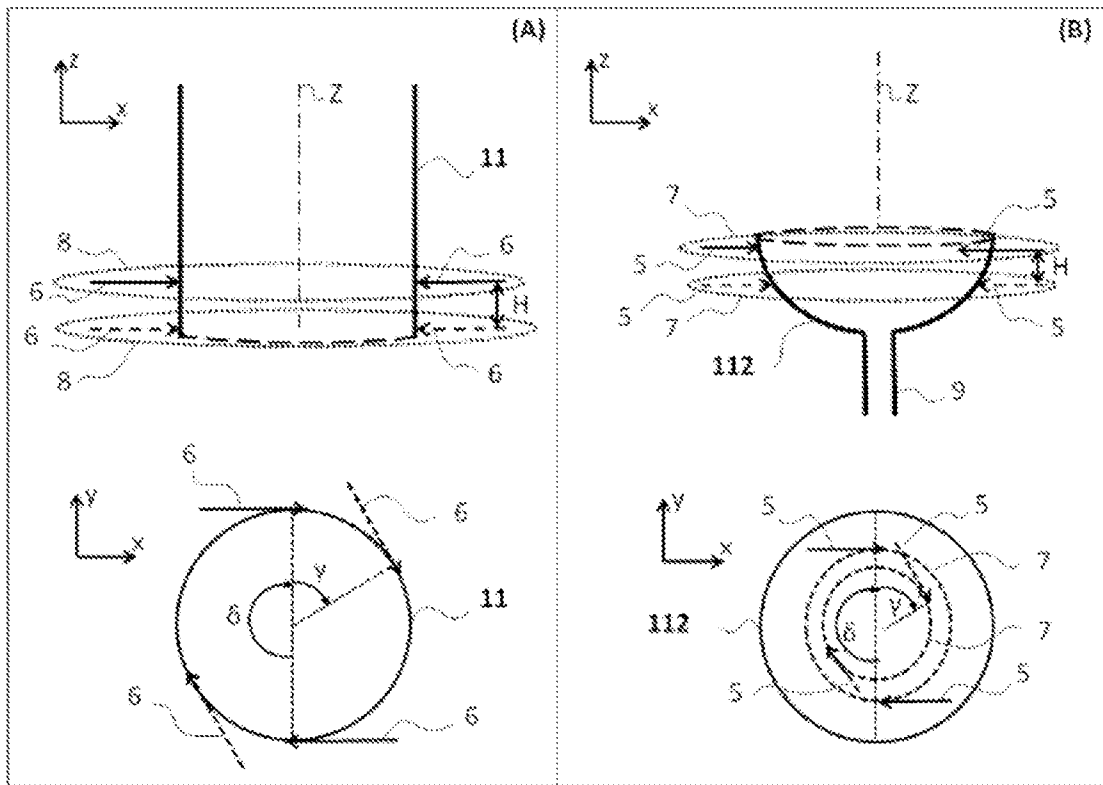


FIG. 4

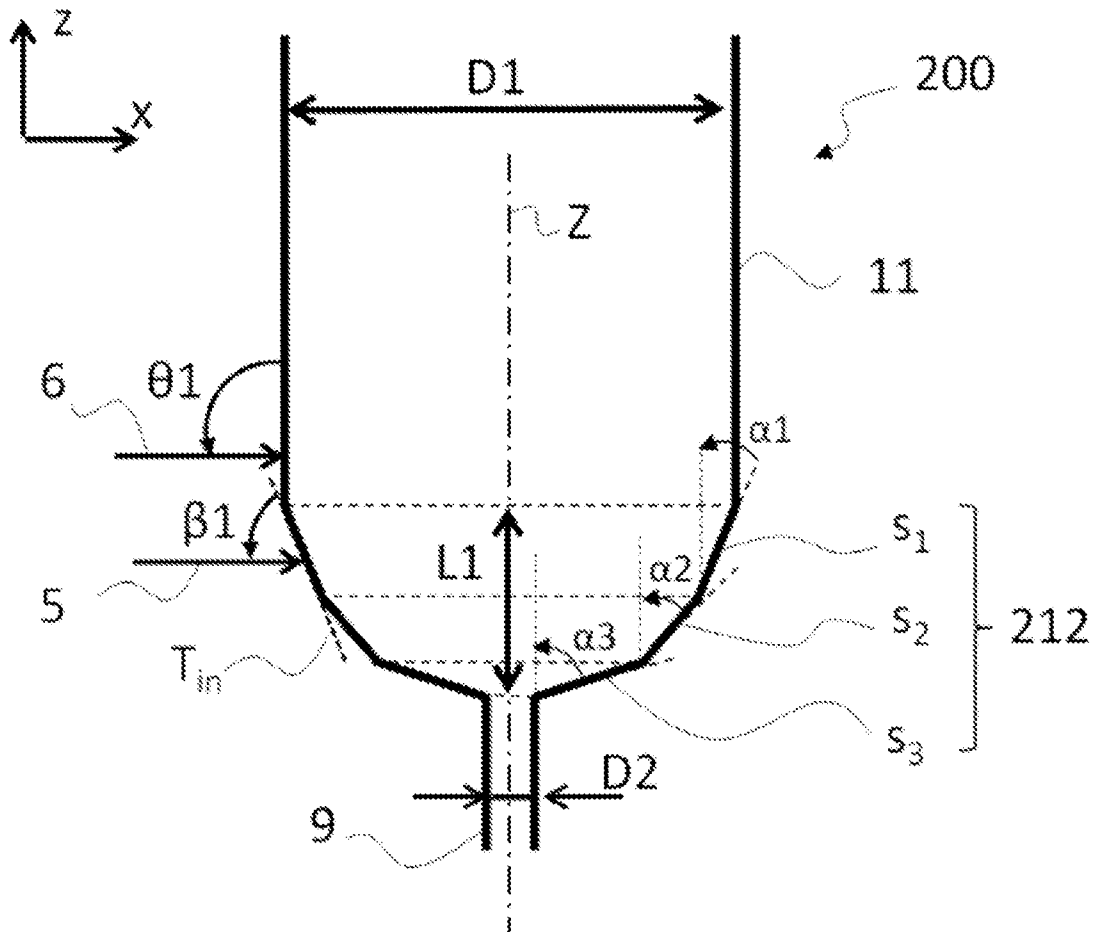




FIG. 6

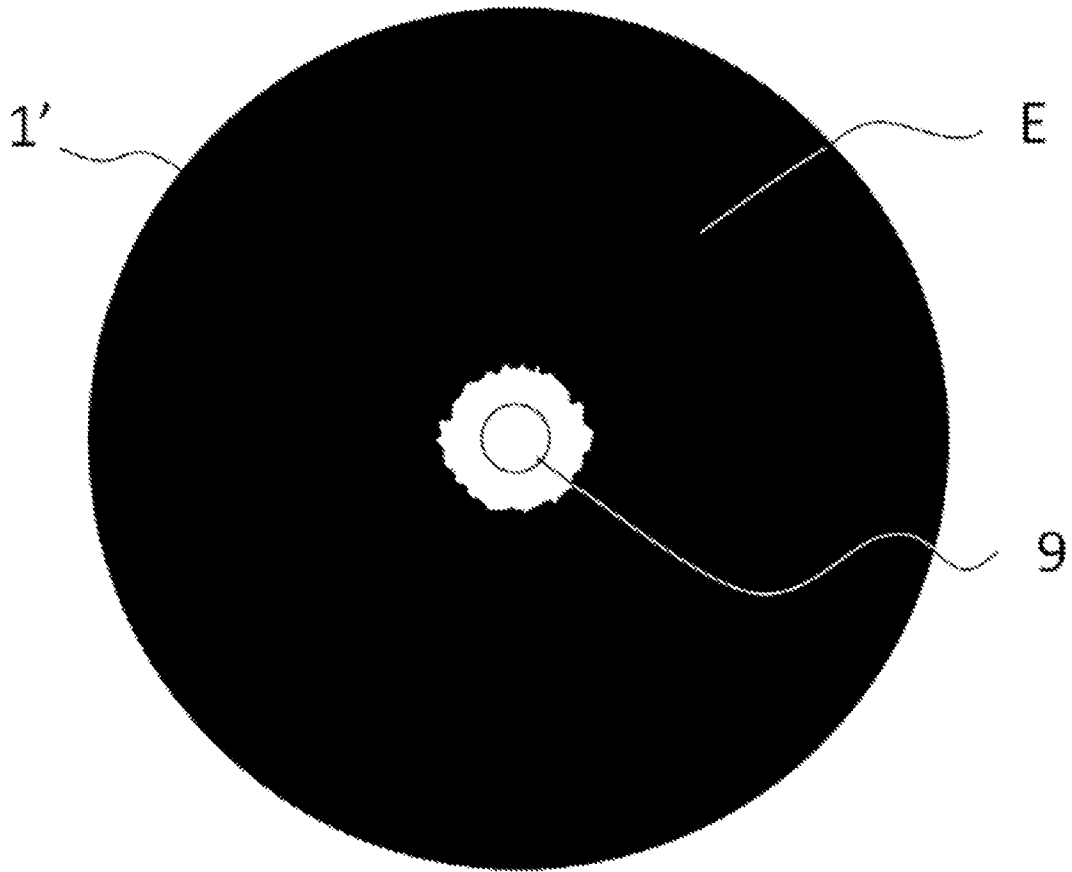


FIG. 7

