

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 478**

51 Int. Cl.:

C10G 11/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2008** **E 08253841 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018** **EP 2065458**

54 Título: **Sistema y proceso para separación de suspensiones**

30 Prioridad:

30.11.2007 BR PI0704443

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

21.12.2018

73 Titular/es:

**PETROLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS
(100.0%)**

**Avenida Republica do Chile no 65
CEP 20035-900-Rio de Janeiro, BR**

72 Inventor/es:

**HUZIWARA, WILSON KENZO;
SANDES, EMANUEL FREIRE;
CASAVECHIA, LUIZ CARLOS;
RAMOS, JOSÉ GERALDO FURTADO;
PINHO, ANDREA DE REZENDE;
CERCAL, SHELTON ROLIM;
DUBIOS, AURÉLIO MEDINA;
FREIRE, PAULO SÉRGIO y
PATRICIO, NELSON JUNOIR**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 694 478 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

Sistema y proceso para separación de suspensiones

5 La presente invención se refiere a un sistema y proceso para la separación de suspensiones de catalizador gastado e hidrocarburos formadas en unidades de craqueo catalítico fluidizado (FCCU) con múltiples tubos de reacción de flujo ascendente, que puede denominarse también como "elevadores".

10 La presente invención se refiere también a un sistema de múltiples elevadores que puede usarse en la separación de suspensiones que contienen catalizadores gastados y una mezcla de hidrocarburos craqueados, formándose las suspensiones en la salida de los elevadores de una FCCU. La FCCU comprende múltiples elevadores en paralelo entre sí.

15 La invención se refiere también a un proceso para la separación de estas suspensiones de catalizadores gastados e hidrocarburos que se forman en estos tipos de unidades.

20 El objeto del proceso de craqueo catalítico fluidizado (FCC) es convertir hidrocarburos líquidos de alto peso molecular, que generalmente presentan un punto de ebullición inicial (IBP) en el intervalo de 320 °C a 390 °C, en fracciones de hidrocarburos ligeras tales como gasolina (IBP de aproximadamente 30 °C) y gas licuado de petróleo (presión de vapor máxima de 15 kgf/cm² a 37,8 °C).

Las fases de un proceso FCC convencional las conocen bien los expertos en la materia y se describen en diversas patentes. Se describe un proceso FCC en la solicitud de Patente Brasileña PI 9303773-2.

25 Una de las fases del proceso de craqueo catalítico fluidizado es la separación de las partículas gastadas (por ejemplo de catalizador) de la mezcla reactiva de hidrocarburos craqueados, que constituye la suspensión que surge de los elevadores cuando los hidrocarburos se hacen reaccionar en presencia de catalizadores específicos. Tal separación se lleva a cabo convencionalmente en un recipiente separador. La separación puede realizarse usando sistemas que usan mecanismos de desviación (sistemas inerciales). Tales sistemas pueden usar la fuerza inercial de las partículas para separarlas. Como alternativa, pueden usarse sistemas que usan dispositivos denominados ciclones (denominados también separadores centrífugos o separadores ciclónicos). Estos pueden usar la fuerza centrífuga para llevar a cabo tal separación.

35 Los ciclones pueden clasificarse en dos categorías. Una categoría de ciclones puede denominarse "confinadores" o ciclones con regiones de sellado. Estos pueden confinar temporalmente, mediante por ejemplo válvulas de tipo "clapeta" partículas separadas de la mezcla de catalizador gastado en partes con forma de embudo. Las partes con forma de embudo se denominan, en lo sucesivo en el presente documento, como "regiones de sellado" o "diplegs (acrónimo en inglés)". Los vapores de hidrocarburo pueden liberarse entonces a través de otros conductos superiores.

40 Otra categoría de ciclones son los ciclones sin regiones de sellado, denominados también "pseudociclones", o "sin recipientes". Tales ciclones no retienen las partículas separadas. En lugar de ello, liberan las partículas separadas tan pronto como las separan, a través de sus partes inferiores abiertas. Por ejemplo, las partículas pueden liberarse directamente al recipiente separador. Los vapores de hidrocarburo craqueado pueden liberarse entonces simultáneamente, por ejemplo, a través de conductos superiores.

50 En general, los dispositivos de separación en sus diversos tipos diferentes funcionan adecuadamente. Sin embargo, los nuevos tipos de petróleo, al aumentar las demandas sobre la productividad y la protección del medio ambiente, requieren una mejora de los procesos FCC tradicionales. A su vez, esto supone mayores demandas sobre los procesos de separación.

55 Por ejemplo, un aumento en las tasas de conversión de los hidrocarburos de gasolina en procesos FCC solo ha sido posible con el desarrollo de catalizadores térmicamente más estables, con alta selectividad y actividad. Esto permite aumentar las temperaturas operacionales, y el tiempo de permanencia (que se denominará también en el presente documento como tiempo de residencia) en los elevadores puede disminuir, lo que supone un aumento de la demanda en los sistemas de terminación de estos elevadores. Tal problema destaca la necesidad de reducir el tiempo de residencia en los ciclones y el recipiente separador. No reducir este tiempo de residencia, puede representar una restricción sobre la tasa de descarga que está desproporcionada con respecto al tiempo de residencia permisible de los reactivos en el elevador.

60 Las condiciones de reacción normalmente usadas para maximizar la producción de gasolina, usando catalizadores de la última generación, pueden conseguir tiempos de residencia en el elevador en el intervalo de 0,2 a 0,1 segundos. En estas condiciones, el equipo de separación puede tardar más tiempo en la separación que el disponible para el contacto entre las dos fases en los elevadores, dando como resultado la degradación de los productos, la formación excesiva de coque y una baja producción.

65

Otro problema que surge para el equipo de separación implica unidades FCC con múltiples elevadores. Surgiendo de la necesidad de mayor flexibilidad de operación en refinerías integradas, estas unidades permiten que cada elevador funcione en diferentes condiciones, de modo que todas ellas descargan sus mezclas respectivas en unidades del equipo de separación montadas en el interior de un único recipiente separador. En el recipiente separador, los catalizadores separados se someten a operaciones de rectificación ("extracción") y se regeneran posteriormente.

En consecuencia, esto significa que en los procesos FCC más modernos puede haber un aumento en el volumen y/o la relación catalizador/hidrocarburos y/o en el caudal de la suspensión que se va a separar y en la calidad requerida de los productos creados. Debido a que las condiciones en los elevadores pueden cambiar rápidamente, por ejemplo, son comunes aumentos en el caudal de catalizador del orden de 2 a 20 veces del formato de diseño original (o los valores usados que se adoptan), hay un aumento considerable en la complejidad no solo de la operación sino también del proceso de separación de las suspensiones que contienen catalizadores FCC gastados y de los hidrocarburos producidos en tales unidades. El montaje estructural y mecánico de la unidad, además, ya no es tan sencillo, dado el gran volumen y peso que adquiere la unidad en cuestión cuando se usa un sistema de separación para cada elevador.

Se describen ejemplos de operaciones con unidades FCC provistas de múltiples elevadores en las solicitudes de Patente Brasileñas PI0302325-7 y PI 0205585-6, en las que están presentes un número de diferentes condiciones operacionales que pueden usarse en cada uno de los múltiples elevadores de estos tipos de unidades, y en el documento US 3.886.060.

El documento US 5.665.949 describe un sistema de separación que usa un sistema de terminación de elevador aislado especificado particularmente para su uso en procesos FCC. El sistema esencialmente comprende un dispositivo de separación ciclónica que está conectado directamente al elevador y que está diseñado de tal manera que evita la restricción de los catalizadores recogidos a través de una región. Específicamente, esto implica un ciclón sin una región (pseudociclón), abierto en su sección inferior directamente al recipiente separador, que aprovecha el gran volumen del recipiente separador para absorber la posible discontinuidad operacional del elevador mientras mantiene una separación suficientemente eficiente. Con este sistema puede conseguirse una rápida separación de la fase gaseosa reactiva y la suspensión de las partículas de catalizador. La fase gaseosa de los hidrocarburos craqueados experimenta entonces otros procesos de separación antes de ser liberada para tratamientos de refinería posteriores.

Los documentos US 4.701.307, US 4.394.349 y US 4.295.961 divulgan una unidad FCC.

Se describe también un nuevo proceso de craqueo catalítico fluidizado usando el pseudociclón, que puede ayudar a superar el problema de las condiciones variables del elevador.

Una investigación más reciente indica que los sistemas de separación inerciales y sistemas que comprenden ciclones pueden usarse unos junto con otros (tanto confinadores como no confinadores). Las Solicitudes de Patente de Estados Unidos US 5.837.129 y US 6.113.777, por ejemplo, muestran dispositivos de separador inercial del tipo "cuerno de carnero", que están conectados directamente a las terminaciones de los elevadores. Estos dispositivos separadores están localizados internamente en el recipiente separador, y provistos de salidas que están dispuestas horizontalmente y conectadas a los dispositivos separadores. Las salidas están dispuestas hacia la parte superior y central del dispositivo separador. El uso de estos dispositivos proporciona una separación rápida y eficiente de los vapores de hidrocarburo de las partículas del catalizador y, reduciendo el tiempo de contacto entre los vapores de producto y las partículas de catalizador en la región de separación del recipiente separador, reducen el craqueo térmico de estos productos.

La Solicitud de Patente de Estados Unidos US 2006/0177357 muestra una variación de la configuración de los dispositivos de separación descrita hasta ahora, en la que se evitan las deficiencias operativas de las regiones de sellado de los ciclones confinadores usando dispositivos de sellado de tipo "bañera". Estos tienen orificios en la base para fluidizar los catalizadores retenidos en los mismos y aberturas en la parte superior para permitir la descarga por efusión de los catalizadores fluidizados. Tal fluidización se obtiene mediante un gas de corrección, tal como vapor de agua o algún otro gas usado normalmente en estas operaciones de corrección.

La solicitud de Patente Brasileña PI 0405873-9 muestra un sistema de terminación mixto, que usa ambos tipos de dispositivos (inercial y centrífugo) para la separación de suspensiones de catalizadores gastados e hidrocarburos en unidades FCC que tienen un reactor de flujo descendente ("tubo de bajada").

El análisis del presente estado de la técnica indica un desarrollo en procesos FCC destinado a abordar las condiciones operativas más severas. En otras palabras, los sistemas de separación continúan funcionando de cara a la necesidad de tiempos de residencia mínimos en los elevadores, sometidos a altas relaciones catalizador/hidrocarburo, y aún resistentes a altas presiones de erosión del material.

5 El estado de la técnica, sin embargo, no divulga sistemas de separación que sean capaces de tratar con o al menos tratar adecuadamente con uno o más de: operaciones dirigidas a maximizar la producción de olefinas; operaciones que requieren una alta relación de catalizador/hidrocarburo en los elevadores; operaciones que usan múltiples elevadores para craquear los flujos reciclados del reactor principal; cargas adicionales; y cargas segregadas con procesamiento en condiciones operacionales diferentes.

10 La presente invención propone un nuevo sistema de separación con un conjunto mucho más sencillo y más compacto que simultáneamente integra dispositivos de separación inerciales y centrífugos. Estos últimos pueden ser tanto confinadores como no confinadores. La configuración innovadora propuesta hace posible que las unidades FCC funcionen con múltiples elevadores en condiciones de operación extremas.

15 La presente invención aumenta significativamente la eficiencia de separación de las suspensiones que contienen catalizadores gastados y una mezcla de hidrocarburos craqueados. De esta manera, por ejemplo solo sería necesario separar el 10 %-15 % del catalizador gastado en los ciclones.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona el dispositivo de separación y múltiples tubos de reacción de flujo ascendente de la reivindicación 1 y el método de la reivindicación 9. Otros aspectos de la invención se exponen en las reivindicaciones dependientes.

20 Preferentemente, cada primer separador ciclónico es un separador ciclónico con regiones de sellado; y/o cada segundo separador ciclónico es un separador ciclónico sin regiones de sellado.

Preferentemente, el dispositivo de separación comprende:

25 al menos dos de dichos primeros separadores ciclónicos; y
al menos dos de dichos segundos separadores ciclónicos.

30 Tener más de uno de dicho primer separador ciclónico y dicho segundo separador ciclónico puede permitir que el proceso de separación sea más eficiente y/o rápido.

Proporcionar un miembro de conexión significa que la suspensión puede proporcionarse directamente desde un tubo de reacción de flujo a la entrada de la sección vertical.

35 Conectar cada primer separador ciclónico en una localización que está dentro del tercio inferior de la longitud de la sección vertical significa que una proporción significativa de los catalizadores puede haberse separado ya de la suspensión antes de que la suspensión entre en el primer separador o separadores ciclónicos. Esto puede significar que puede reducirse la cantidad de catalizador que es necesario separar usando el primer separador ciclónico y/o el segundo separador ciclónico. A su vez, esto puede hacer que el proceso de separación sea más rápido y/o más eficiente.

40 Preferentemente, dicho dispositivo de apertura es un dispositivo de apertura regulable. Usar un orificio de apertura regulable puede posibilitar que el orificio se diseñe de modo que la cantidad máxima de catalizador gastado se dirija a través del orificio.

45 Se proporciona un dispositivo de separación que comprende además un recipiente separador en donde:

50 cada primer separador ciclónico y cada segundo separador ciclónico están localizados dentro de dicho recipiente separador; y
dicha sección vertical se extiende a través de una abertura en dicho recipiente separador.

Proporcionar el primer o primeros separadores ciclónicos y el segundo o segundos separadores ciclónicos dentro de un recipiente separador y tener la sección vertical que se extiende a través de una abertura en el recipiente separador puede posibilitar que el dispositivo de separación sea más compacto.

55 Preferentemente, se proporciona un dispositivo de separación que comprende además un lecho fluidizado dentro de uno cualquiera de los recipientes separadores descritos anteriormente, en donde: cada primer separador ciclónico está configurado de modo que al menos una porción de dicho catalizador gastado sale del mismo a través de una abertura en su interior hacia dicho lecho fluidizado. Esto significa que los catalizadores gastados pueden proporcionarse directamente desde cada primer separador ciclónico a un lecho fluidizado donde, por ejemplo, pueden regenerarse.

60 Preferentemente se proporciona un dispositivo de separación en donde:

65 dicho dispositivo de apertura tiene forma de tronco de cono y dicho tronco de cono está conectado en su base a dicha sección vertical;
forma un ángulo de entre 50° y 70° con su generatriz; y tiene un orificio de apertura en su vértice.

Preferentemente, el diámetro del orificio del cono invertido varía de 30 % al 50 % del diámetro de la base, estando definido el valor por la cantidad de catalizador gastado presente en la unidad.

5 Preferentemente, se proporciona un dispositivo de separación en donde:
cada primer separador ciclónico está conectado a un segundo separador ciclónico respectivo;

10 los primeros separadores ciclónicos están dispuestos circunferencialmente alrededor de dicha sección vertical a separaciones angulares iguales entre sí; y
cada segundo separador ciclónico está localizado circunferencialmente alrededor de dicha sección vertical en una posición angular que está entre la posición angular del primer separador ciclónico respectivo al que está conectado y un primer separador ciclónico próximo al primer separador ciclónico respectivo.

15 Disponer el primer y segundo separadores ciclónicos de esta manera puede posibilitar que el dispositivo de separación sea compacto.

Preferentemente, se proporciona un dispositivo de separación como se ha expuesto anteriormente, en donde:

20 los segundos separadores ciclónicos están dispuestos circunferencialmente alrededor de dicha sección vertical a un radio más grande que los primeros separadores ciclónicos; y
cada segundo separador ciclónico está localizado en una posición angular que biseciona el ángulo formado entre las líneas radiales de su primer separador ciclónico respectivo y dicho primer separador ciclónico próximo.

25 Preferentemente, el ángulo agudo formado entre los tubos de reacción de flujo ascendente y las primeras secciones inclinadas (o miembros de conexión) que comprenden las interconexiones entre los tubos de reacción de flujo ascendente y el recipiente separador varía en el intervalo de 35° a 50°.

30 Preferentemente, los ciclones sin las regiones de sellado están conectados a las paredes del tercio inferior de la segunda sección vertical de las interconexiones de los tubos de reacción de flujo ascendente, a una distancia de dos a tres veces el diámetro de dicha sección vertical de las interconexiones alrededor del extremo inferior de dicha sección vertical.

35 Preferentemente, los ciclones sin regiones de sellado están en un número de al menos tres, y están conectados a la sección vertical de las interconexiones de los tubos de reacción de flujo ascendente y son equidistantes entre sí en 120°.

Preferentemente, los ciclones sin regiones de sellado están en un número de cuatro y están conectados a la sección vertical de las interconexiones de los tubos de reacción de flujo ascendente diametralmente opuestos.

40 Preferentemente, los ciclones convencionales de la primera fase están en el mismo número que los ciclones sin regiones de sellado.

45 Se divulga también un método de separación de una suspensión de catalizadores gastados e hidrocarburos formados en al menos un tubo de reacción de flujo ascendente de una unidad de craqueo catalítico fluidizado de acuerdo con la reivindicación 9.

50 Se divulga un método de separación de una suspensión como se ha expuesto anteriormente, en donde dicha suspensión se mueve en una dirección sustancialmente opuesta en dicha sección vertical a la dirección en la que esta se mueve en dicho tubo de reacción de flujo ascendente. Disponer los flujos para que se muevan en direcciones opuestas de esta manera puede posibilitar la separación inercial mejorada de los catalizadores gastados desde la suspensión en la sección vertical.

55 Preferentemente, dicha etapa de separación inercial no implica el uso de un separador ciclónico. Como tal, el método descrito anteriormente puede combinar el uso de separadores ciclónicos con separadores inerciales, combinando de esta manera las ventajas de cada método.

60 Los catalizadores gastados pueden entrar en un lecho fluidizado y después corregirse en el recipiente separador, y seguir en el proceso para regenerarse y reutilizarse. Preferentemente, las cargas alimentadas a cada uno de los tubos de reacción de flujo ascendente pueden usar flujos máxicos, relaciones de catalizador/hidrocarburo y mezclas de diferentes hidrocarburos.

65 Preferentemente, las reacciones de craqueo catalítico fluidizado en cada uno de los tubos de reacción de flujo ascendente se realiza en condiciones adiabáticas y usando el mismo catalizador. El sistema y proceso de separación de suspensiones de catalizadores gastados e hidrocarburos de una unidad FCC de múltiples elevadores (FCCU) y las ventajas de la presente invención se describirán en detalle a continuación en el presente documento mediante un ejemplo no limitativo únicamente con referencia a las figuras en las que:

la Figura 1 muestra una representación esquemática de un sistema para la separación de suspensiones de catalizadores gastados e hidrocarburos de acuerdo con una realización de la presente invención, instalado en el interior de un recipiente separador de una unidad FCC típica, en la que se muestran al menos dos tubos de reacción de flujo ascendente o "elevadores";

la Figura 2 muestra una representación esquemática en una vista en perspectiva de una realización preferida de un sistema para la preparación de suspensiones de catalizadores gastados e hidrocarburos formados en unidades de craqueo catalítico fluidizado (FCCU) con múltiples tubos de reacción de flujo ascendente o "elevadores" de acuerdo con la presente invención;

la Figura 3 muestra una representación esquemática de una vista desde abajo de una sección transversal horizontal de la parte interna del recipiente separador de una realización preferida de un sistema para la separación de suspensiones de catalizadores gastados e hidrocarburos formados en unidades de craqueo catalítico (FCCU) con múltiples tubos de reacción de flujo ascendente o "elevadores", de la presente invención; y

la Figura 4 muestra un gráfico que representa las variables operacionales de un ensayo llevado a cabo en una planta piloto, que muestra los resultados obtenidos en la evaluación de catalizadores gastados separados por el sistema de la presente invención.

La Figura 1 muestra una representación esquemática simplificada de un recipiente separador típico (1) de una unidad FCC, en el que están representados al menos dos elevadores (2, 3), que son tubos de reacción de flujo ascendente (elevadores). Los elevadores (2, 3) pueden comprender una unidad. Puede haber uno o al menos un elevador. El proceso de craqueo catalítico fluidizado de los hidrocarburos de dos cargas A y B (compuestas de mezclas de hidrocarburos y catalizador) tiene lugar en los elevadores (2, 3). Las dos cargas A y B pueden alimentarse a los elevadores (2, 3) en proporciones (relación de catalizador a hidrocarburo), caudales, temperaturas de reacción, tiempos de residencia y mezclas de hidrocarburo conocidas. Sin embargo, las dos cargas A y B preferentemente no usan diferentes catalizadores ni operan a diferentes presiones, aunque esto puede que no sea esencial.

Después de sometidas a craqueo en los elevadores (2, 3), las cargas A y B se transforman en suspensiones de partículas finamente divididas de catalizadores gastados y una mezcla de hidrocarburos craqueados gaseosos. Típicamente, los hidrocarburos forman la mayor parte de la suspensión (entre 90 y 95 % del volumen de la mezcla) y la suspensión se mueve al extremo superior de los elevadores (2, 3). En o cerca de la parte superior o extremo superior de los elevadores (2,3), la suspensión alcanza las primeras secciones inclinadas (o miembros de conexión) (4, 5) de las interconexiones entre dichos elevadores (2, 3) y el recipiente separador (1). Cada sección inclinada (4, 5) puede formar un ángulo agudo con su tubo de reacción de flujo respectivo (o elevador) (2, 3). Típicamente, la inclinación de las secciones inclinadas (4, 5) está en el intervalo de 35° a 50°. En este punto las partículas de los catalizadores gastados de las suspensiones experimentan una primera desviación en las paredes de las secciones inclinadas (4, 5). Al cambiar su dirección drásticamente tienen velocidades reducidas. Debido a su momento, comienzan a separarse de la mezcla de hidrocarburos craqueados.

La suspensión, incluyendo las partículas de los catalizadores gastados de la suspensión, se proporciona mediante las secciones inclinadas (4, 5) a una segunda sección de interconexión, o sección vertical (6). La segunda sección de interconexión (6) conecta las interconexiones entre los elevadores (2, 3) y el recipiente separador (1). La separación de una buena parte del catalizador gastado de la mezcla de hidrocarburos craqueados puede tener lugar en la sección vertical (6). Puede drenarse una porción del 80 % al 85 % de la masa de partículas de catalizador gastado a través de un orificio presente en el vértice de un cono invertido (o tronco de cono invertido) (7) proporcionado al final de la sección vertical (6) hacia el que se mueve la suspensión y, en particular, las partículas de catalizador gastado. Este cono invertido (o tronco de cono) (7) forma un ángulo de entre 50° y 70° con su generatriz, y puede estar provisto de un mecanismo que está configurado para regular el diámetro del orificio en su vértice. El mecanismo puede ser capaz de variar el diámetro del orificio del 30 % al 50 % del diámetro básico, es decir el diámetro de la base del tronco de cono. El cono invertido (7) puede estar localizado en el extremo inferior de dicha segunda sección vertical (6) que conecta a las interconexiones entre los elevadores y el recipiente separador (1). El diámetro del orificio está diseñado de acuerdo con el flujo anticipado de catalizador gastado. El diámetro de orificio puede controlarse o diseñarse de tal modo que los catalizadores gastados arrastren el mínimo de gas que pasa a través del orificio.

Las partículas de catalizador gastado que aún permanecen en la suspensión, debido a su separación incompleta en la sección vertical (6) de las interconexiones entre los elevadores y el recipiente separador (1), que puede suponer del orden del 10 % al 15 % de la cantidad total de catalizador activo inicialmente presente en los elevadores (2, 3), se someten a la siguiente fase del proceso de separación. La suspensión retenida en la sección vertical (6) se fuerza a entrar en los ciclones sin regiones de sellado (8), donde la fase de partículas experimenta una rápida separación. La fase de partículas sale del ciclón sin regiones de sellado (8) a través de una salida en las partes inferiores abiertas (13) de los ciclones sin regiones de sellado (8). Preferentemente, las partículas salen en la dirección de un lecho fluidizado (12) presente en el recipiente separador (1).

Preferentemente, los ciclones sin regiones de sellado (8) están conectados a las paredes del tercio inferior de la segunda sección vertical (6). Adicionalmente, los ciclones sin regiones de sellado (8) pueden conectarse a la sección vertical (6) a una distancia del fondo de la sección vertical (6) que es de dos a tres veces el diámetro de la sección

vertical (6) en su extremo inferior. Más preferentemente, hay al menos tres ciclones sin regiones de sellado (3) y están dispuestos circunferencialmente y equidistantes entre sí en 120°. Más preferentemente aún, hay cuatro ciclones sin regiones de sellado (8) y están conectados a la sección vertical (6) en posiciones diametralmente opuestas.

5 La fase gaseosa pasa a través de los conductos superiores (10) (denominados también en el presente documento como tubos de conexión (10)) a la salida de los ciclones sin regiones de sellado (8) hasta que entra en los ciclones de la primera fase (denominados también en el presente documento como separadores ciclónicos con regiones de sellado) (9) donde se llevan a cabo las fases finales de separación de los hidrocarburos gaseosos. Después de la
10 separación final en los ciclones de primera etapa (9), los hidrocarburos pasan (por ejemplo para tratamiento posterior) a través de conductos superiores (14) de los ciclones de la primera fase (9). Preferentemente, hay el mismo número de separadores ciclónicos convencionales con regiones de sellado (9) que el número de ciclones sin regiones de sellado (8).

15 Las partículas de catalizador dirigidas a los ciclones convencionales con regiones de sellado (9) por el flujo de gases se separan de nuevo una vez y pueden descender al lecho fluidizado del catalizador (12) del recipiente separador (1) a través de las regiones de sellado (11). Los extremos inferiores de las regiones de sellado (11) pueden estar sumergidos no en el lecho fluidizado (12). La configuración de los separadores ciclónicos con regiones de sellado (9), así como la forma de sellado de las regiones, puede ser cualquier forma adecuada, tal como la encontrada en el
20 estado de la técnica.

Debe observarse que, para hacer que la descripción del sistema sea lo más simple posible, la Figura 1 solo muestra dos ciclones. Preferentemente, se usarían cuatro ciclones para mejorar el funcionamiento del sistema. Preferentemente, el número de ciclones sin regiones de sellado (8) es el mismo que el número de ciclones con
25 regiones de sellado (9).

Preferentemente, los separadores ciclónicos sin regiones de sellado (8) (o las líneas centrales de los separadores ciclónicos sin regiones de sellado (8)) están dispuestos circunferencialmente alrededor de un círculo. El círculo puede tener la sección vertical (6) (o la línea central axial de la sección vertical (6)) en su centro. Preferentemente,
30 los separadores ciclónicos sin regiones de sellado (8) están localizadas a separaciones angulares iguales entre sí. Además, cada separador ciclónico sin regiones de sellado (8) puede tener un separador ciclónico respectivo con regiones de sellado (9). Los separadores ciclónicos con regiones de sellado (9) pueden estar localizados en posiciones angulares entre las posiciones angulares de los separadores ciclónicos sin regiones de sellado (8). Preferentemente, los separadores ciclónicos con regiones de sellado (9) se localizan a separaciones angulares
35 iguales entre sí. Los separadores ciclónicos con regiones de sellado (9) pueden estar dispuestos circunferencialmente alrededor de un círculo que tiene la sección vertical (6) (o la línea central axial de la sección vertical (6)) en su centro. El radio del círculo alrededor del cual están dispuesto los separadores ciclónicos con regiones de sellado (9) puede ser mayor que el radio de un círculo alrededor del cual pueden estar dispuestos los separadores ciclónicos sin regiones de sellado (8). Preferentemente, cada separador ciclónico sin regiones de
40 sellado (9) puede estar localizado en una posición angular que bisecciona el ángulo formado entre las líneas radiales de dos separadores ciclónicos próximos sin regiones de sellado (8).

Las Figuras 2 y 3 ilustran una de las configuraciones preferidas del sistema para separar emulsiones de catalizadores gastados e hidrocarburos de la presente invención.
45

La Figura 2 muestra una vista en perspectiva de una posible unidad FCC equipada con dos elevadores más en paralelo (15, 16), mostrados en sección transversal en la Figura 3, además de los elevadores (2, 3) mostrados en la Figura 1. La Figura 2 muestra también una posible configuración del sistema de separación de la presente invención.

50 La Figura 3 muestra una vista desde debajo de una sección transversal horizontal de la parte interna del recipiente separador del sistema equipado con dos o más elevadores en paralelo (15, 16), así como elevadores (2, 3) con sus secciones inclinadas (17, 18) respectivas conectadas a la sección vertical (6) de las interconexiones entre los elevadores y el recipiente separador (1) como funcionaría en la configuración propuesta anteriormente.

55 La presente invención se ilustrará ahora mediante un ejemplo no limitativo. Este ejemplo es un medio de demostrar que los objetivos de la invención son plenamente conseguibles.

Se llevaron a cabo ensayos en una planta piloto, en la que la eficiencia del sistema de separación de la presente invención se ensayó frente a un sistema de separación de la técnica anterior en condiciones de operación similares.
60

Para evaluar los resultados obtenidos de los ensayos, se consideraron los siguientes aspectos principales:

- a) Calidad visual de la descarga en la admisión de los sistemas de separación;
- b) Perfil de presión en la unidad, en diferentes condiciones de operación;
- 65 c) Eficiencia de los ciclones; y
- d) Erosión en la admisión de los ciclones sin regiones de sellado.

Las condiciones de flujo para los ensayos fueron:

- a) flujo volumétrico total de aire no sulfatado en los elevadores: 800 m³/h
- b) flujo másico total de catalizador en circulación en los elevadores que varía entre 8000 y 10000 kg/h.

5 Los catalizadores usados en los ensayos eran de tipo equilibrio. El tamaño de partícula promedio era entre 67 µm y 70 µm. Uno de ellos tenía una distribución de tamaño de partícula en la que la fracción entre 0 y 40 µm estaba en el intervalo del 13 % al 17 % y el otro tenía una distribución de tamaño de partícula en la que la fracción entre 0 y 40 µm era del orden del 3 %.

10 Se midió la eficiencia del rendimiento: (i) cuantificando la cantidad de catalizador perdido en el sistema de separación de equilibrio; (ii) a partir del movimiento de la válvula de "clapeta" de un ciclón de evaluación en la planta piloto y en consideración del tiempo entre la abertura y cierre de esta válvula; y (iii) el nivel de catalizador formado en la región de sellado del ciclón.

15 Como se muestra mediante el gráfico de la operación de la planta piloto mostrado en la Figura 4 indicado como Condición I, la eficiencia del rendimiento del sistema de separación de la presente invención consigue un valor de aproximadamente 99,8 %. En otras palabras, se proporcionaron 20 kg/h en 10.000 kg/h del catalizador alimentado al elevador al ciclón de evaluación (o los separadores ciclónicos con regiones de sellado (9)) cuando se abrió el orificio del cono invertido (7) de la segunda sección vertical (6) (o descargó en el recipiente del separador (1)).

20 Los resultados obtenidos para la separación gas-sólido de acuerdo con el estado de la técnica, sin usar la preparación (o con el orificio del cono invertido (7) de la segunda sección vertical (6) cerrada) se indican en la Figura 4 como Condición II. Esto indica que el flujo de catalizador dirigido al ciclón de evaluación (9) aumenta de aproximadamente 15 kg/h a aproximadamente 90 kg/h. Esto significa una eficiencia total máxima como resultado del 99 % en peso o un arrastre de seis veces más catalizador al separador ciclónico con región de sellado (9).

25 El sistema de separación de la presente invención presenta también mejores resultados con respecto a corrosión, dado que, con la reducción del flujo de catalizador a los ciclones, se reduce la aparición de inestabilidad en el flujo de catalizador en las admisiones del ciclón así como la erosión en sus admisiones.

30

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de separación y múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16), siendo dicho dispositivo de separación para separar suspensiones de catalizadores gastados e hidrocarburos formados en una unidad de craqueo catalítico fluidizado, y comprendiendo dicho dispositivo de separación:
- una tubería vertical (6) conectada fluidamente a dichos múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) de modo que dicha suspensión pueda transferirse desde dichos múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) a una entrada de dicha sección vertical (6); múltiples miembros de conexión (4, 5, 17, 18), estando configurado cada miembro de conexión (4, 5, 17, 18) para transferir dicha suspensión desde un tubo de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) respectivo a dicha entrada de dicha tubería vertical (6); un dispositivo de abertura (7), conectado a dicha tubería vertical (6) por debajo de dicha entrada, estando configurado dicho dispositivo de abertura para permitir que al menos una porción de dicho catalizador gastado se drene a través de la misma;
- un primer separador ciclónico (8) configurado para recibir y separar al menos una parte de la suspensión que no se ha drenado de dicha tubería vertical (6) a través de dicho dispositivo de abertura (7), estando conectado cada primer separador ciclónico (8) a dicha tubería vertical (6) en una localización que está dentro de un tercio de la longitud de la tubería vertical (6) desde el extremo que está por debajo de dicha entrada;
- un segundo separador ciclónico (9) configurado para recibir y separar al menos una parte de la suspensión de dicho primer separador ciclónico; y
- un recipiente separador (1), en donde:
- el primer separador ciclónico (8) y el segundo separador ciclónico (9) están localizados dentro de dicho recipiente separador (1); y
- dicha tubería vertical (6) se extiende a través de una abertura en dicho recipiente separador (1).
2. Un dispositivo de separación y múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicho dispositivo de abertura (7) es un dispositivo de abertura regulable (7).
3. Un dispositivo de separación y múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende:
- al menos dos de dichos primeros separadores ciclónicos (8);
- y
- al menos dos de dichos segundos separadores ciclónicos (9).
4. Un dispositivo de separación y múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde:
- cada primer separador ciclónico (8) es un separador ciclónico sin regiones de sellado (8) y/o
- cada segundo separador ciclónico (9) es un separador ciclónico con regiones de sellado (9).
5. Un dispositivo de separación y múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un lecho fluidizado (12) dentro de dicho recipiente separador (1) en donde:
- cada primer separador ciclónico (8) está configurado de manera que al menos una porción de dichos catalizadores gastados sale del mismo a través de una abertura en su interior hacia dicho lecho fluidizado.
6. Un dispositivo de separación y múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde:
- dicho dispositivo de abertura (7) está en forma de un tronco de cono y dicho tronco de cono:
- está conectado por su base a dicha tubería vertical (6);
- forma un ángulo de entre 50° y 70° con su generatriz; y
- tiene un orificio de abertura regulable en su vértice.
7. Un dispositivo de separación y múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3-6, en donde:
- cada primer separador ciclónico (8) está conectado a un segundo separador ciclónico (9) respectivo; estando dispuestos los primeros separadores ciclónicos (8) circunferencialmente alrededor de dicha tubería vertical (6) a separaciones angulares iguales entre sí; y cada segundo separador ciclónico (9) está localizado circunferencialmente alrededor de dicha tubería vertical (6) en una posición angular que está entre la posición angular del primer separador ciclónico (8) respectivo al que está conectado y un primer separador ciclónico (8) que está cerca del primer separador ciclónico (8) respectivo.

8. Un dispositivo de separación y múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) de acuerdo con la reivindicación 7, en donde:

5 los segundos separadores ciclónicos (9) están dispuestos circunferencialmente alrededor de dicha tubería vertical (6) a radios más grandes que los primeros separadores ciclónicos (8); y
cada segundo separador ciclónico (9) está localizado en una posición angular que bisecciona el ángulo formado entre las líneas radiales de su primer separador ciclónico (8) respectivo y dicho primer separador ciclónico (8) próximo.

10 9. Un método para separar una suspensión de catalizadores gastados e hidrocarburos formada en múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) de una unidad de craqueo catalítico usando el dispositivo de separación y múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16) de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, comprendiendo el método:

15 suministrar dicha suspensión desde dichos múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16), a través de dichos miembros de conexión (4, 5, 17, 18) respectivos a dicha entrada de una tubería vertical (6), en donde dicha suspensión se mueve en una dirección sustancialmente opuesta en dicha tubería vertical (6) a la dirección en la que se mueve en dichos múltiples tubos de reacción de flujo ascendente (2, 3, 15, 16);
20 separar inercialmente al menos una porción de dichos catalizadores gastados de dicha suspensión en la tubería vertical (6) y drenar dicha porción de dicha tubería vertical (6) a través de dicha abertura;
suministrar la suspensión que no se ha drenado desde dicha sección vertical (6) a dicho primer separador ciclónico (8), suministrándose la suspensión a dicho primer separador ciclónico (8) desde una localización que está dentro de un tercio de la tubería vertical (6) desde el extremo que está por debajo de dicha entrada;
25 separar y drenar al menos una porción adicional de dichos catalizadores gastados de dicha suspensión suministrada a dicho primer separador ciclónico (8);
suministrar la suspensión que no se ha drenado desde dicha tubería vertical (6) o dicho primer separador ciclónico (8) a dicho segundo separador ciclónico (9); y
separar y drenar una porción adicional de dichos catalizadores gastados desde dicha suspensión suministrada a dicho segundo separador ciclónico (9).

30 10. Un método para separar una suspensión de acuerdo con la reivindicación 9, en donde dicha etapa de separación inercial no implica usar un separador ciclónico.

35 11. Un método para separar una suspensión de acuerdo con las reivindicaciones 9-10, en donde:

dicho primer separador ciclónico (8) es un separador ciclónico sin regiones de sellado (8); y
dicho segundo separador ciclónico (9) es un separador ciclónico con regiones de sellado (9).

40

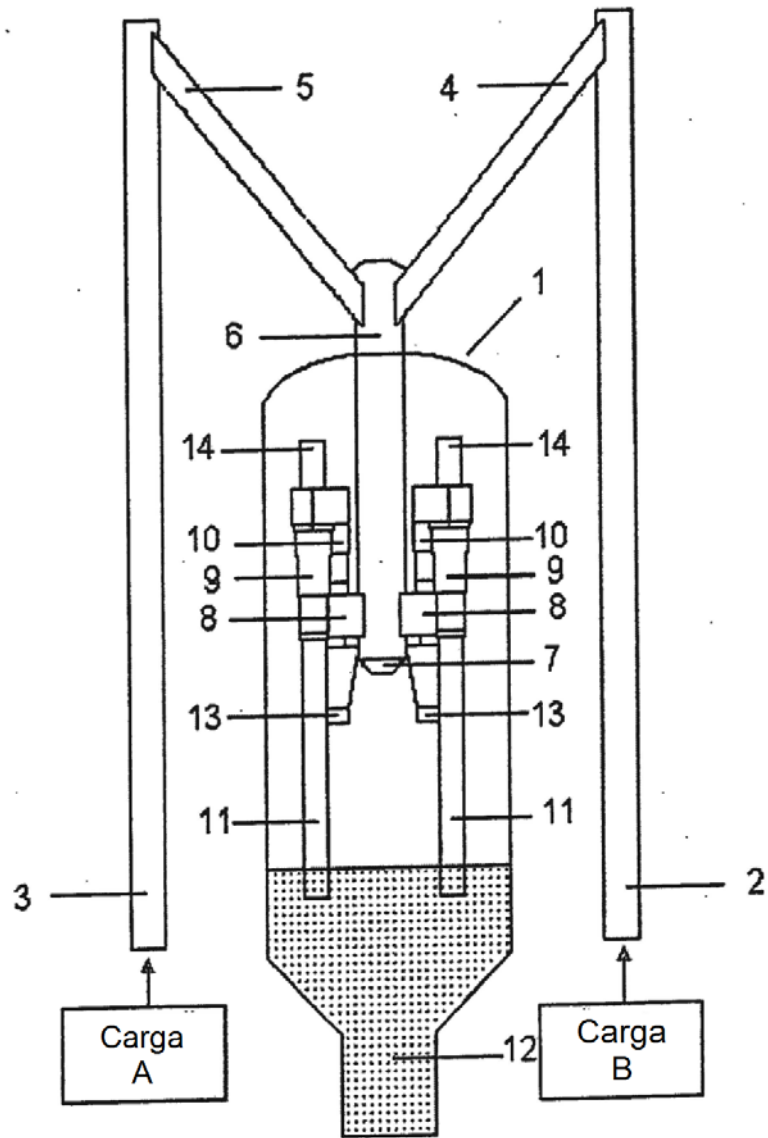


FIG. 1

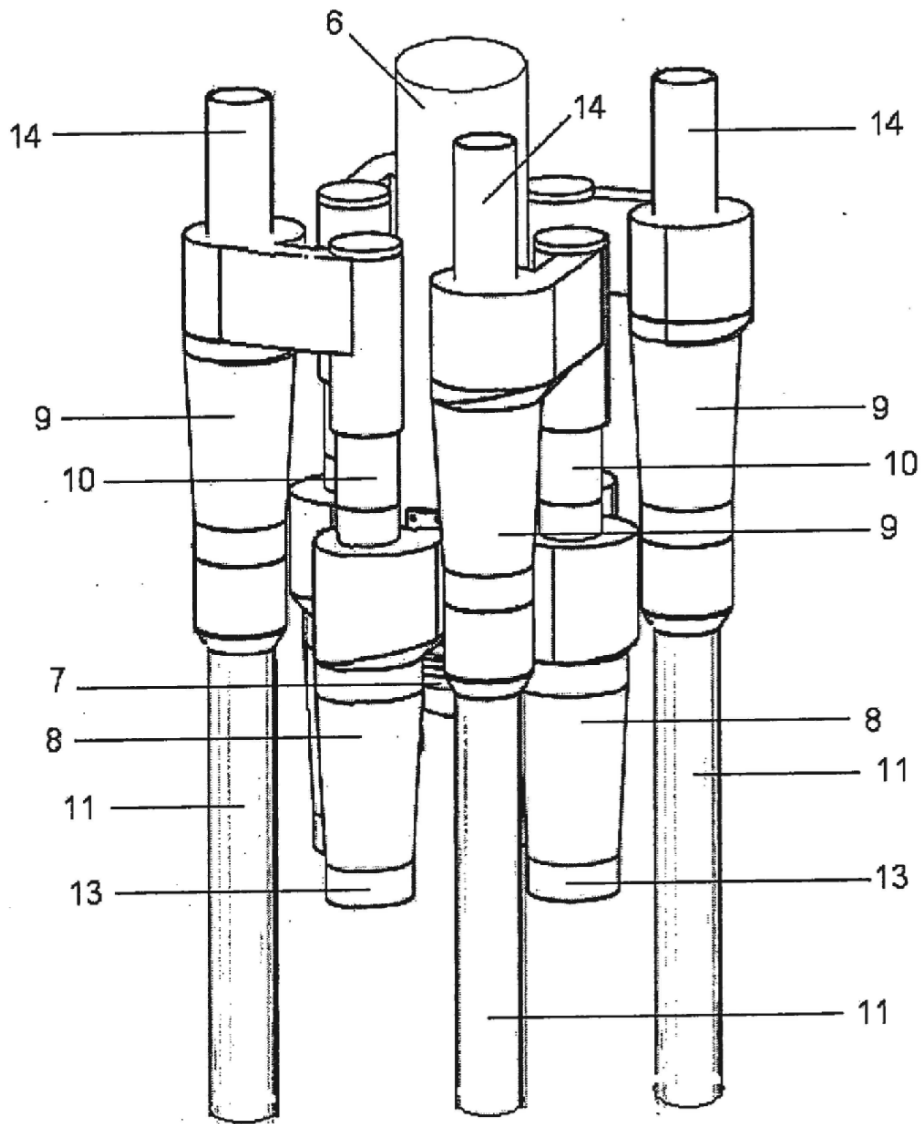


FIG. 2

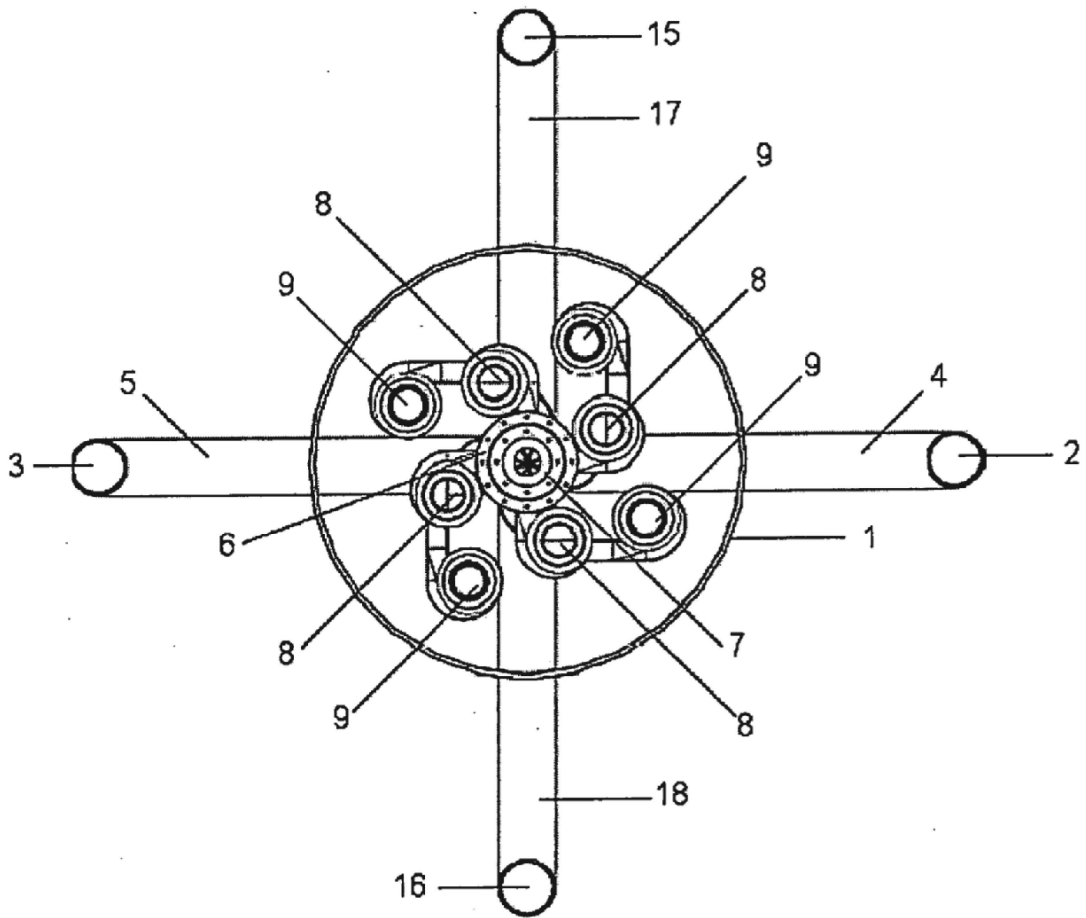


FIG. 3

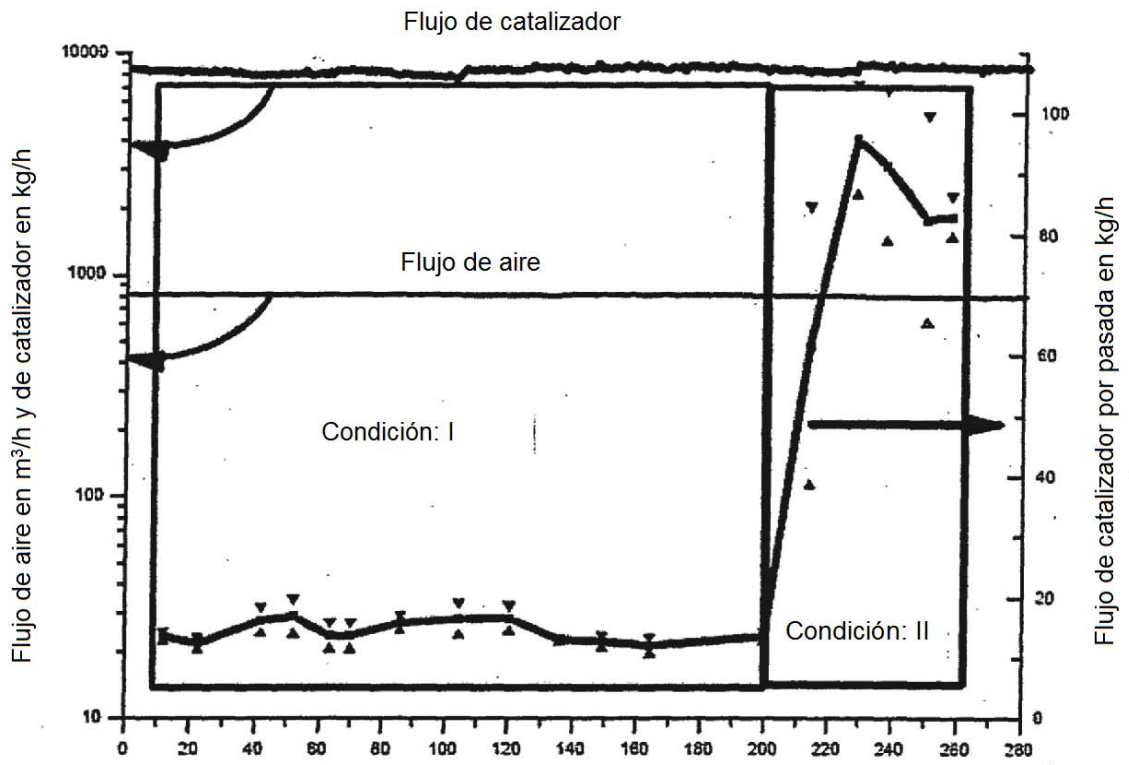


FIG. 4