

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 856 842**

51 Int. Cl.:

C02F 1/28

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.09.2015 PCT/EP2015/070520**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.03.2016 WO16038049**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2015 E 15763288 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.11.2020 EP 3191412**

54 Título: **Gestión activa de los lechos fluidizados de carbón activo**

30 Prioridad:

08.09.2014 FR 1458412

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

28.09.2021

73 Titular/es:

**SAUR (100.0%)
11 Chemin de Bretagne
92130 Issy-les-Moulineaux, FR**

72 Inventor/es:

BLONDEAU, SABINE

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 856 842 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

Gestión activa de los lechos fluidizados de carbón activo

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de los fluidos acuosos a base de carbón activo en polvo en forma de lecho fluidizado que comprende una etapa de gestión activa del lecho fluidizado de carbón activo de manera que se aseguren unas prestaciones depurativas constantes a menor coste.

10 Antecedentes de la invención

Los procedimientos de tratamiento de los fluidos acuosos a base de carbón activo fluidizado, coagulado y eventualmente floculado (CAF) tienen por objetivo eliminar los microcontaminantes orgánicos presentes en los fluidos acuosos, tales como los pesticidas, los disolventes clorados, las moléculas sápidas, los productos farmacéuticos y los perturbadores endocrinos, así como reducir los contenidos en materia orgánica.

Es conocido utilizar unos lechos fluidizados con carbón activo granular (CAG) en unos procedimientos con regeneración tales como los descritos por el documento US 2013/243684.

Los procedimientos de tratamiento de los fluidos acuosos a base de CAF se pueden utilizar en unos reactores de lecho de carbón coagulado, floculado y fluidizado que funcionan en flujo ascendente (denominados "reactor de CAF"), tales como los descritos en la patente FR 2946333 (Carboplus®) o en la solicitud de patente francesa nº 1354387 presentada el 16 de mayo de 2013. Dichos reactores comprenden un único sitio en el que se realiza la puesta en contacto de las aguas que se deben tratar con el carbón activo en polvo (CAP) y la separación del carbón de las aguas tratadas. En determinadas configuraciones, tales como las descritas en la patente FR 2946333, los reactores pueden estar equipados con medios de inyección de carbón activo en polvo nuevo, de agentes de coagulación y de floculación dispuestos en coordinación con el circuito de alimentación con aguas sin tratar de manera que se definan en el reactor tres zonas distintas de funcionamiento. Una primera zona, habilitada en la base del reactor, asegura la admisión y la distribución homogénea de las aguas brutas en las que se han inyectado previamente los agentes de coagulación y de floculación. Esta primera zona, denominada zona habilitada, puede comprender un relleno constituido por un lecho de grava coronado por un lecho de arena. Una segunda zona, constituida por un lecho fluidizado de carbón activo en polvo, corona la primera zona. La segunda zona asegura la descontaminación de las aguas sin tratar por adsorción. Por último, una tercera zona, habilitada en la parte alta del reactor, asegura la separación y la recuperación de las aguas descontaminadas. En otras configuraciones, por ejemplo tales como las descritas en la solicitud de patente francesa nº 1354387 presentada el 16 de mayo de 2013, estos reactores pueden estar desprovistos de una zona habilitada en la base del reactor. La inyección del carbón activo en polvo, del fluido acuoso que se debe tratar, de los agentes de coagulación y de floculación se realiza entonces por una misma rampa de distribución que permite definir dos zonas en el reactor: una zona de reacción y una zona de separación.

Los procedimientos de tratamiento de los fluidos acuosos a base de CAF se pueden utilizar asimismo en unas instalaciones en las que cada etapa del procedimiento se realiza en un sitio separado. Por ejemplo, el CAP coagulado puede ser puesto en contacto con el fluido acuoso que se debe tratar en un primer reactor, y separado después del fluido acuoso que se debe tratar por decantación en otro reactor.

Para asegurar unas prestaciones de tratamiento constantes, y mantener una concentración en CAP y una altura del lecho constantes en la zona de reacción del reactor, se inyecta generalmente de forma continua carbón activo en polvo dentro de los reactores y se realizan unas purgas regulares de carbón. Se alcanza un equilibrio cuando la velocidad de decantación de la suspensión se ajusta a la velocidad hidráulica de fluidización.

En estos reactores, el CAP coagulado, y eventualmente floculado por adición de polímero, está presente en forma de copos de carbón, formando el conjunto de estos copos unos lodos. Estos copos de carbón incluyen CAP, diversos hidróxidos metálicos y coloides y materias en suspensión. Se caracterizan generalmente por un tamaño que va desde algunas décimas de milímetro a algunos milímetros y por unas velocidades de decantación que van de 2 a 20 m/h. El mantenimiento en suspensión de estos copos dentro de los reactores de decantación o dentro de los reactores de CAF para una velocidad de transporte de fluido determinada está relacionado con la velocidad de decantación de los copos, que está relacionada a su vez con la tasa de carbón contenido en los copos. La tasa de carbón contenido en los copos tiene así una incidencia en la altura de fluidización del lecho de carbón. Por otro lado, a una tasa de carbón determinada en los copos corresponde una concentración máxima de carbón en el reactor.

Una disminución de la tasa de carbón en los copos de carbón por debajo de ciertos umbrales provoca un aumento de la altura del lecho de carbón, incluso el arrastre de los copos de carbón por el fluido acuoso fuera del reactor. La separación entre los copos de carbón y el fluido acuoso ya no es efectiva.

La disminución de la tasa de carbón en los copos puede provocar asimismo una desconcentración del lecho de carbón activo, en particular en los reactores equipados con fosas de lodos o con un sistema de derivación lateral con caudal de purga dependiente de una altura de lecho fija. La desconcentración del lecho de carbón activo provoca una disminución de las prestaciones.

La disminución de la tasa de carbón en los copos de carbón puede estar relacionada con varios fenómenos, como por ejemplo un cambio de la calidad del fluido acuoso que penetra en el o los reactores, una mala mezcla de los reactivos, por ejemplo cal, aguas arriba del reactor y/o una purga insuficiente del reactor único de fluidización o del reactor de decantación.

La estabilidad del lecho de CAF puede verse afectada asimismo por la presencia de coloides, de hidróxidos metálicos y de materias en suspensión en exceso en los fluidos acuosos que se deben tratar. En efecto, estos constituyentes van a ser atrapados en el lecho fluidizado de carbón activo y disminuir las velocidades de decantación de la suspensión de CAF. Así, una degradación rápida de la calidad de los fluidos acuosos genera un aumento de la altura del frente de fluidización del lecho de carbón y su desconcentración.

En la actualidad, cuando la estabilidad del lecho de CAF y la concentración de carbón ya no está asegurada por las razones mencionadas anteriormente, existe una única solución: aumentar la renovación de CAP coagulado para renovar los copos de carbón y aumentar las purgas para librarse de los copos pobres en carbón. Esta técnica adolece del inconveniente de sobredosificar el CAP con respecto a la necesidad real depurativa, correspondiendo esta necesidad a la cantidad necesaria de CAP para garantizar unas concentraciones de contaminantes disueltos, tales como los pesticidas, inferiores a las concentraciones reglamentarias.

Estas correcciones de tratamiento de CAP generan unos sobrecostos de explotación, en particular provocando un sobreconsumo de carbón activo en polvo nuevo.

Se conoce asimismo en el estado de la técnica, la realización de operaciones de regeneraciones clásicas *in situ* tales como la regeneración térmica o química, habitualmente para los carbones activos en grano. Estas operaciones son fastidiosas de realizar en unos sitios tales como, por ejemplo, unas plantas de producción de agua potable. La instalación de este tipo de procedimiento es una solución muy onerosa con respecto a las varias decenas de kilos de carbón activo que se deben tratar y que generaría nuevos residuos que necesitan unos tratamientos suplementarios tales como el tratamiento de los humos, el tratamiento de efluentes ácidos (pH<5) o básicos (>9) ricos en contaminantes desorbidos. Además, estas soluciones no permiten aportar una solución rápida y en paralelo al procedimiento en caso de variación rápida de la calidad del efluente.

Existe por lo tanto una necesidad para disponer de un procedimiento poco oneroso y/o de una instalación de tratamiento de los fluidos acuosos que permita paliar las derivas del comportamiento del lecho de CAF, en particular, gestionar/estabilizar la altura de fluidización del lecho de CAP coagulado cuando la calidad del agua de entrada se degrada, concentrar el lecho de carbón para estabilizar o mejorar las prestaciones de eliminación y disminuir los consumos de CAP coagulado concentrando el lecho de carbón para unas prestaciones depurativas equivalentes.

Breve descripción de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento de tratamiento de un fluido acuoso que comprende una puesta en contacto del fluido acuoso con un lecho fluidizado de carbón activo en polvo y una separación del fluido acuoso del lecho de carbón activo en polvo, estando dicho procedimiento de tratamiento caracterizado por que comprende una etapa de gestión del lecho fluidizado de carbón activo en polvo, comprendiendo dicha etapa de gestión:

- (a) una extracción de una fracción del lecho fluidizado de carbón activo en polvo en forma de lodos;
- (b) por lo menos una separación de los lodos extraídos en la etapa (a) de manera que se obtenga una fracción que presenta un índice insoluble HCl superior en por lo menos 5 puntos porcentuales al de los lodos antes de la separación, realizándose dicha etapa de separación (b) por medio de por lo menos un hidrociclón;
- (c) una reinyección de dicha fracción obtenida en la etapa (b) en el lecho fluidizado de carbón activo en polvo,

presentando el carbón activo en polvo un diámetro medio inferior a 100 μm .

El lecho fluidizado de CAP es un lecho fluidizado de CAP coagulado y eventualmente floculado.

La presente invención se refiere asimismo a una instalación de tratamiento de fluidos acuosos que comprende:

- (a) un dispositivo de tratamiento de fluidos acuosos a base de carbón activo en polvo que permite asegurar una puesta en contacto del fluido acuoso con un lecho fluidizado de carbón activo en polvo y una separación del fluido acuoso del lecho de carbón activo en polvo;

(b) unos medios de extracción de una fracción del lecho fluidizado de carbón activo en forma de lodos;

(c) unos medios de transporte de los lodos desde el punto de extracción hacia el dispositivo de separación de los lodos;

(d) por lo menos un dispositivo de separación de los lodos, siendo dicho dispositivo de separación de lodos por lo menos un hidrociclón;

(e) unos medios de transporte de los lodos separados hacia el dispositivo de tratamiento de fluidos acuosos, presentando el carbón activo en polvo un diámetro medio inferior a 100 µm.

El lecho fluidizado de CAP es un lecho fluidizado de CAP coagulado y eventualmente floculado.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 representa un ejemplo de instalación según la presente invención que permite la realización del procedimiento de la presente invención.

La figura 2 representa la variación de la reducción de la absorbancia UV a 254 nm en función del valor de la CT.

La figura 3 representa esquemáticamente un procedimiento que realiza varias etapas de separación.

Descripción detallada de la invención

Los inventores han puesto a punto un procedimiento de tratamiento de los fluidos acuosos a base de carbón activo en polvo en forma de lecho fluidizado, coagulado y eventualmente floculado, que comprende una etapa de gestión del lecho fluidizado tal como se describe a continuación. Esta etapa permite *in fine* evitar las derivas de los lechos de carbón activo en polvo descritos anteriormente.

El término "fluido(s) acuoso(s)" tal como se utiliza en la descripción de la presente invención, designa unas aguas superficiales, unas aguas subterráneas, unas aguas residuales urbanas o terciarias y/o unas aguas industriales.

La expresión "carbón activo en polvo", tal como se utiliza en la descripción de la presente invención, designa unas partículas de carbón activo cuyo diámetro medio es inferior a 100 µm. El diámetro medio de las partículas varía típicamente entre 1 y 99 µm, tal como entre 3 y 80 µm o entre 5 y 45 µm, o entre 15 y 45 µm. El tamaño de las partículas puede ser determinado por granulometría láser.

La expresión "materia en suspensión" o "MES" tal como se utiliza en la descripción de la presente invención, designa el conjunto de las materias sólidas obtenidas tras la evaporación de las aguas contenidas en los lodos de CAP. Se trata de la parte de materia en suspensión del lecho de carbón activo en polvo. Las MES incluyen el CAP, los hidróxidos metálicos, la cal.

El procedimiento de tratamiento de los fluidos acuosos de la presente invención comprende una puesta en contacto del fluido acuoso con un lecho fluidizado de carbón activo en polvo y una separación del fluido acuoso del lecho de carbón activo en polvo. El procedimiento de tratamiento permite eliminar por lo tanto los microcontaminantes orgánicos presentes en los fluidos acuosos, tales como los pesticidas, los disolventes clorados, las moléculas sápidas, los productos farmacéuticos y los perturbadores endocrinos, así como reducir los contenidos de materia orgánica. Ventajosamente, los fluidos acuosos puestos en contacto con el lecho fluidizado de carbón activo en polvo han sido tratados previamente por medio de agentes de coagulación y eventualmente de agentes de floculación, en particular en el caso de un agua cargada con materia orgánica, tal como agua de presa.

Los fluidos acuosos que se deben tratar son puestos en contacto con una suspensión de CAP nuevo y de agentes coagulantes, y eventualmente de agentes de floculación, dentro del reactor de tratamiento de carbón activo en polvo o aguas arriba del reactor de tratamiento.

Los agentes de coagulación se pueden seleccionar de entre los agentes de coagulación a base de hierro, aluminio o sus mezclas, tales como el cloruro férrico, el sulfato férrico o el sulfato de aluminio. Unos ejemplos de agentes de coagulación comerciales incluyen los productos WAC, WAC HB y Aqualenc.

Los agentes de floculación se pueden seleccionar de entre los agentes de floculación acrílicos, como las poliacrilamidas aniónicas y no iónicas.

La puesta en contacto del fluido acuoso con el lecho fluidizado de carbón activo en polvo y la separación del fluido acuoso del lecho de carbón activo en polvo se pueden realizar en un único sitio, tal como un reactor de tratamiento de carbón

activo en polvo que funciona en flujo ascendente, tal como el descrito por ejemplo en el documento FR 2946333 o en la solicitud de patente francesa nº 1354387 presentada el 16 mayo de 2013. Por ejemplo, el reactor de tratamiento de lecho fluidizado de carbón activo en polvo que funciona en flujo ascendente puede comprender:

- una zona de reacción constituida por un lecho fluidizado de carbón activo en polvo que se extiende desde la base del reactor, comprendiendo dicha zona de reacción:
- una rampa de distribución del fluido acuoso que se debe tratar situada en la base del reactor y conectada a la canalización de transporte del fluido acuoso que se debe tratar;
- un circuito de inyección de reactivos, tales como: CAP nuevo, coagulantes, floculantes, típicamente aguas arriba de la rampa de distribución del fluido acuoso que se debe tratar;
- un circuito de extracción de carbón activo usado;
- una zona de separación que corona la zona de reacción que permite la separación gravitatoria del fluido acuoso descontaminado del carbón activo en polvo.

En algunos modos de realización, la puesta en contacto del fluido acuoso con el lecho fluidizado de carbón activo en polvo y la separación del fluido acuoso del lecho de carbón activo en polvo se pueden realizar en unos sitios separados.

El procedimiento de la presente invención se caracteriza por que comprende una etapa de gestión del lecho fluidizado de carbón activo en polvo. Esta etapa de gestión comprende o consiste en:

- (a) una extracción de una fracción del lecho fluidizado de carbón activo en polvo, ventajosamente coagulado y eventualmente floculado, en forma de lodo;
- (b) por lo menos una separación de los lodos extraídos en la etapa (a) de manera que se obtenga una fracción que presenta un índice insoluble de HCl superior en por lo menos 5 puntos porcentuales, preferentemente en por lo menos 10 puntos porcentuales, al de los lodos antes de la separación;
- (c) una reinyección de dicha fracción obtenida en la etapa (b) en el lecho fluidizado de carbón activo en polvo, ventajosamente coagulado y eventualmente floculado.

Ventajosamente, el procedimiento de la presente invención permite:

- gestionar/estabilizar la altura de fluidización del lecho de CAP coagulado cuando se degrada la calidad del fluido acuoso que entra al reactor;
- concentrar el lecho de CAP para estabilizar o mejorar las prestaciones de eliminación;
- disminuir los consumos de CAP concentrando el lecho de carbón para unas prestaciones depurativas equivalentes.

Además, el procedimiento es sencillo de realizar.

El índice insoluble de HCl permite evaluar la tasa de carbón contenido en los lodos de carbón activo, más precisamente en la MES de los lodos de carbón activo. Este índice corresponde a la relación, expresada en porcentaje, entre la masa de una muestra de lodo de carbón, previamente secada a 105°C, atacada con ácido clorhídrico en caliente durante 20 minutos sobre la masa de esta muestra de lodo secado antes del ataque ácido. Dicho de otra manera, se trata de la parte de carbón activo en polvo contenida en la MES de los lodos de carbón. En efecto, el ácido clorhídrico en caliente solubiliza los coloides, la cal y los hidróxidos, tales como los hidróxidos de hierro, contenidos en el lodo. El residuo obtenido al final de este tratamiento con el ácido en caliente comprende esencialmente carbón activo que, por su parte, no está solubilizado.

Cuando la puesta en contacto del fluido acuoso con el lecho fluidizado de carbón activo en polvo y la separación del fluido acuoso del lecho de carbón activo en polvo se realizan en un reactor único, el índice insoluble HCl es ventajosamente superior al 75%, y preferentemente superior al 80% en el caso de un funcionamiento óptimo, es decir, a $CT > 90$ ($CT = \text{Concentración en MES del lecho de carbón activo (g/l)} \times \text{tiempo de contacto entre el fluido acuoso que se debe tratar y el CAF (min)}$)).

Cuando la puesta en contacto del fluido acuoso con el lecho fluidizado de carbón activo en polvo y la separación del fluido acuoso del lecho de carbón activo en polvo se realizan en unos sitios separados, el índice insoluble de HCl es ventajosamente superior al 55%, y preferentemente superior al 60% en el caso de un funcionamiento óptimo, siendo el funcionamiento óptimo tal como el descrito anteriormente.

La fracción que presenta un índice insoluble de HCl superior en por lo menos 5 puntos porcentuales al de los lodos antes de la separación tal como la obtenida en la etapa (b) del procedimiento, presenta típicamente una concentración en MES por lo menos dos veces superior a la concentración en MES de los lodos antes de la separación. La concentración en MES se determina según el protocolo descrito en la sección "ejemplos".

El procedimiento de la presente invención comprende por lo menos una etapa de separación de los lodos extraídos. Cada etapa de separación conduce a la obtención de dos fracciones.

Se debe entender que el procedimiento de la presente invención puede comprender una única etapa de separación que permite obtener directamente una fracción que presenta un índice insoluble de HCl superior en por lo menos 5 puntos porcentuales al de los lodos antes de la separación. La segunda fracción obtenida presenta una concentración en MES inferior o igual a la concentración en MES de los lodos antes de la separación, típicamente por lo menos 1,5 veces inferior a la de los lodos antes de la separación. La concentración en MES se determina según el protocolo descrito en la sección "ejemplos". La segunda fracción puede ser tratada por clarificación o flotación aguas arriba del reactor de tratamiento o tratada por una hilera de tratamiento de los lodos.

La figura 1 presenta esquemáticamente un ejemplo de instalación según la presente invención que permite la realización del procedimiento de la presente invención. El fluido acuoso que se debe tratar (1), previamente puesto en contacto con carbón activo en polvo, unos agentes coagulantes y eventualmente unos agentes floculantes, es introducido en la parte baja de un reactor de tratamiento (2) con lecho fluidizado de carbón activo en polvo que funciona en flujo ascendente que comprende una zona de reacción (3) constituida por un lecho fluidizado de carbón activo en polvo que se extiende desde la base del reactor y una zona de separación (4) que corona la zona de reacción que permite la separación gravitatoria del fluido acuoso descontaminado del carbón activo en polvo. Unos lodos de carbón (5) son extraídos en la parte baja del reactor y pueden ser dirigidos hacia una cuba tampón (6) y dirigidos después hacia un hidrociclón (7) por medio de un sistema de bombeo (8) o directamente hacia el hidrociclón (7) por medio del sistema de bombeo (8). Tras la separación dentro del hidrociclón, la fracción (9) de los lodos que presenta un índice insoluble de HCl superior en por lo menos 5 puntos porcentuales al de los lodos antes de la separación es reintroducida dentro del reactor. La otra fracción (10) puede ser redirigida aguas arriba de la hilera de tratamiento de los fluidos acuosos (11) o eliminada (12).

Sin embargo, en algunos modos de realización, puede ser necesario realizar varias etapas de separación en serie con el fin de obtener una fracción que presente un índice insoluble de HCl superior en por lo menos 5 puntos porcentuales al de los lodos antes de la separación.

En efecto, si al final de una primera etapa de separación, se considera insuficiente el índice insoluble de HCl de una de las fracciones obtenidas, esta fracción puede ser separada a su vez de manera que se produzcan dos nuevas fracciones. Cuando se obtiene una fracción que presenta un índice insoluble de HCl superior en por lo menos 5 puntos porcentuales al de los lodos antes de la separación, esta fracción se reinyecta entonces en el lecho fluidizado de carbón activo en polvo. Si ninguna de las fracciones obtenidas presenta un índice de HCl satisfactorio, pueden ser separadas de nuevo. La figura 3 es ilustrativa de un procedimiento que utiliza varias etapas de separación.

La etapa de separación o las etapas de separación se realizan por medio de un hidrociclón o varios hidrociclones. Los hidrociclones son unos aparatos que permiten separar unas partículas por clasificación hidráulica centrífuga. Están constituidos normalmente por un recinto cilindro-cónico en el que la alimentación tangencial pone el agua en rotación antes de su salida por una tubuladura axial de rebosadero. En el marco de la presente invención, el hidrociclón permite aumentar la parte de carbón activo contenido en la MES de los lodos de CAF.

Las etapas de separación sucesivas se pueden realizar por medio de una pluralidad de hidrociclones instalados en serie. El número de hidrociclones instalados en serie dependerá del índice insoluble de HCl en cada etapa. Este conjunto de uno o varios hidrociclones permite producir ventajosamente por lo menos una fracción caracterizada por un índice insoluble de HCl:

- superior al 75% en el caso en el que la instalación de tratamiento de fluido acuoso por contacto fluidizado con carbón activo coagulado comprenda un reactor único de puesta en contacto y de separación del agua que se debe tratar con el lecho fluidizado de carbón activo coagulado,
- superior al 55% en el caso en el que la instalación de tratamiento de fluido acuoso por contacto fluidizado con carbón activo coagulado comprenda varios reactores.

La o las etapas de separación se pueden realizar en continuo o de manera periódica.

La presente invención se refiere asimismo a una instalación de tratamiento de los fluidos acuosos que comprende:

- (a) un dispositivo de tratamiento de fluido acuoso a base de carbón activo en polvo, coagulado y eventualmente

floculado, que permite asegurar una puesta en contacto del fluido acuoso con un lecho fluidizado de carbón activo en polvo, ventajosamente coagulado y, eventualmente floculado, y una separación del fluido acuoso del lecho de carbón activo en polvo, ventajosamente coagulado y eventualmente floculado;

- 5 (b) unos medios de extracción de una fracción del lecho fluidizado de carbón activo en forma de lodos;
- (c) unos medios de transporte de los lodos desde el punto de extracción hacia el dispositivo de separación de los lodos;
- 10 (d) por lo menos un dispositivo de separación de los lodos, realizándose dicha etapa de separación (b) mediante por lo menos un hidrociclón;
- (e) unos medios de transporte de los lodos separados hacia el dispositivo de tratamiento de fluido acuoso,
- 15 presentando el carbón activo en polvo un diámetro medio inferior a 100 μm .

El dispositivo de tratamiento de fluido acuoso a base de carbón activo de la instalación puede ser un reactor de tratamiento con carbón activo en polvo que funciona en flujo ascendente, por ejemplo tal como el descrito en el documento FR2946333 o en la solicitud de patente francesa nº 1354387 presentada el 16 de mayo de 2013.

20 Los medios de extracción de los lodos de copos de carbón pueden ser unos circuitos de extracción dispuestos preferentemente en la parte inferior de la zona de reacción del reactor. La extracción del carbón activo se puede realizar por bombeo o por extracción gravitatoria a través de una canalización de extracción (5) que desemboca dentro del lecho de carbón. La extracción del carbón activo se puede realizar asimismo a través de un concentrador
25 que recoge los copos de carbón activo en polvo a partir de un rebosadero en la parte superior de la zona de reacción. Los dos sistemas de extracción de carbón activo en polvo se pueden combinar.

Los lodos de carbón activo pueden ser dirigidos directamente hacia el dispositivo de separación de los lodos por medio de un sistema de bombeo o pueden ser dirigidos hacia una cuba tampón, que puede ser puesta bajo
30 agitación, que permitirá almacenar un cierto volumen de lodo antes de la separación. En la figura 1, la instalación de tratamiento comprende una cuba tampón.

El sistema de bombeo permite introducir los lodos en el dispositivo de separación, típicamente con una presión mínima superior o igual a 1,8 bares.

35 El dispositivo de separación es un hidrociclón. La fase menos concentrada en CAP, es decir que presenta el índice insoluble de HCl más bajo, del hidrociclón se reúne con el circuito de evacuación de los lodos. La fase más concentrada en CAP es reintroducida ventajosamente en la parte baja del reactor de CAF mediante una tubería o una canalización que está sumergida generalmente en el reactor hasta 1 metro por encima del suelo. La unidad
40 de hidrociclonado estará colocada preferentemente por encima del reactor con el fin de que los lodos sean inyectados gravitatoriamente. Si no, el direccionamiento se realizará a partir de una unidad de almacenamiento/inyección por juego de bomba.

El hidrociclón puede estar asociado a un segundo conjunto de bombeo del carbón y a otro hidrociclón con el fin de
45 tratar el rebosadero del primer nivel.

Cuando la instalación de tratamiento de fluido acuoso por contacto fluidizado con carbón activo coagulado comprende un reactor único de puesta en contacto y de separación del agua que se debe tratar con el lecho
50 fluidizado de carbón activo coagulado, la fracción producida cuyo índice insoluble de HCl es el más alto puede ser reintroducida dentro del reactor o bien gravitatoriamente, o bien mediante un sistema de bombeo dentro del lecho de carbón del reactor, preferentemente en la parte inferior del reactor.

Cuando la instalación de tratamiento de fluido acuoso por contacto fluidizado con carbón activo coagulado comprende varios reactores, la fracción producida cuyo índice insoluble de HCl es el más alto puede ser
55 reintroducida dentro de uno de los reactores (reactor de puesta en contacto o reactor de separación), o bien gravitatoriamente, o bien mediante un sistema de bombeo dentro del lecho de carbón del reactor, preferentemente en la parte inferior del reactor.

En el caso de que esta fracción sea reintroducida en el o los reactores mediante un sistema de bombeo, se puede
60 añadir una cuba intermedia.

Las otras fracciones pueden ser direccionadas parcial o totalmente aguas arriba de la instalación de tratamiento de fluido acuoso por contacto fluidizado con carbón activo coagulado si está precedida por lo menos por una etapa
65 de clarificación del fluido acuoso que se debe tratar. Estas fracciones podrán ser evacuadas parcial o totalmente hacia la hilera de tratamiento de residuos del canal.

Ejemplos

Determinación del índice insoluble de HCl

- 5 El índice insoluble de HCl se determina realizando un ataque ácido con ebullición constante durante 20 minutos de una muestra de lodo de carbón extraída dentro del lecho de carbón activo en polvo y previamente secada en estufa a 105°C. Tras 20 minutos, la suspensión se filtra sobre filtro de fibra de vidrio de tipo Whatman GFC. El filtro y su contenido se secan a continuación en estufa a 105°C.
- 10 El índice insoluble de HCl es la relación entre las masas secas del residuo de muestra atacada con ácido y la masa de lodo de carbón inicial.

Determinación de la concentración en MES

15 Reactivos:

- Agua ultrapura

20 Material:

- Kit de filtración (vial esmerilado, soporte de filtro con extremo al vacío, recipiente graduado, pinza de aluminio, bomba de vacío, tubos)
- Filtro GFG Whatman circular de Ø 47 mm y de porosidad 0,45 µm
- 25 - Probeta graduada de 1 l (o menos, dependiendo del volumen que se debe filtrar)
- Balanza de precisión
- 30 - Desecador
- Pinza
- Estufa a 105°C

35 Modo de funcionamiento:

Preparación de los filtros de papel:

- 40
- Enjuagar los papeles de filtro con agua ultrapura utilizando el kit de filtración
 - Colocar los papeles en la estufa a 105°C

Determinación de las MES:

- 45
- Sacar los papeles de filtro de la estufa y dejarlos enfriar 30 min en el desecador
 - Pesar los filtros uno por uno con la ayuda de una balanza de precisión (utilizar una pinza para tomar los filtros y una copela de aluminio para transportarlos)
- 50
- Colocar un filtro sobre el soporte de filtro del kit y después colocar el recipiente graduado manteniéndolo con la pinza de aluminio
 - Conectar el soporte de filtro con la bomba de vacío
- 55
- Encender la bomba
 - Extraer un litro de muestra para analizar en una probeta graduada limpia
- 60
- Verter el agua poco a poco en el recipiente hasta vaciar la probeta
 - Apagar la bomba de vacío, retirar la pinza, y después el recipiente
 - Retirar el filtro con la pinza y colocarlo en la copela de aluminio
- 65
- Colocar la copela en la estufa a 105°C como mínimo 12 horas

- Sacar la copela y colocarla en el desecador durante 30 minutos
- Pesar el filtro en una balanza de precisión

5 Expresión de los resultados:

$$\text{MES (en g/l)} = (m_2 - m_1) / V$$

Con:

- m_1 la masa en g del filtro inicial
- m_2 la masa en g del filtro tras la filtración
- V el volumen en ml de muestra filtrada

15 Hidrociclizado de un lodo de CAF

Características del reactor de refinado con CAP:

Reactor único sin relleno (tal como el descrito en la solicitud de patente francesa nº 1354387 presentada el 16 de mayo de 2013) con inyección de CAP coagulado y de polímero aniónico. CAP de tipo micromesoporoso, de diámetro medio de 15 a 35 μm .

Unos ensayos de hidrociclizado de dicho lodo de CAF se realizaron a escala piloto por medio de un hidrociclón de 2 pulgadas de la marca MOZLEY, y de chimeneas (*vortex finders*) y vértice (espigas) de diferentes tamaños: de entre 8 y 14 mm para los *vortex finders*, y de entre 3,2 y 9,4 mm para las espigas.

La tabla 1 muestra unos resultados obtenidos con un *vortex finder* de tamaño 14,3 y unas espigas de tamaño 6,4 y 9,4. En las dos configuraciones, el lodo recuperado en el subdesbordamiento está más concentrado en MES que el lodo inicial, y presenta un contenido en CAP en las MES mayor, 93% de índice insoluble de HCl como media en subdesbordamiento contra 83% para el lodo de CAF inicial. En contrapartida, contrariamente al lodo inicial, los copos de carbón del lodo de subdesbordamiento no se decantan: el copo se desestructura.

Unos resultados similares presentados en la tabla 2 se obtienen con un *vortex finder* de tamaño 14 y unas espigas de tamaño comprendido entre 3,2 y 9,4 mm.

El lodo recuperado en subdesbordamiento del hidrociclón se reintrodujo a continuación según un cierto caudal en la parte inferior del reactor de refinado con CAF: esta reinyección del lodo de subdesbordamiento no ha inducido ningún aumento de la turbidez del agua a la salida del reactor de refinado: los copos de carbón del lodo de subdesbordamiento quedan atrapados por lo tanto por el lecho de CAF del reactor.

Tabla 1: resultados de los ensayos de la primera serie realizados a 2 bares en HC Mozley de 2 pulgadas

Vortex finder	Espiga	Lodo inicial		Lodo de subdesbordamiento			Aumento en contenido de CAP
		MES	Contenido en CAP en las MES	Ratio caudal subdesbordamiento / Caudal _{inicial}	MES	Contenido en CAP en las MES	Contenido en CAP (Lodo de subdesbordamiento - Lodo inicial)
		g/l	%	%	g/l	%	Punto de %
14,3	6,4	5,1	83	9	26	94	11
14,3	9,4	5,6	83	22	20	92	9

Tabla 2: resultados de los ensayos de la segunda serie realizados a 2 bares en HC Mozley 2 pulgadas

Vortex finder	Espiga	Lodo inicial		Lodo de subdesbordamiento			Aumento en contenido de CAP
		MES	Contenido en CAP en las MES	Ratio caudal subdesbordamiento / Caudal _{inicial}	MES	Contenido en CAP en las MES	Contenido en CAP
		g/l	%	%	g/l	%	Punto de %
14	4,5	14,4	83	4%	119	93	10
14	3,2	14,4	83	3%	352	95	12
14	6,4	14,4	83	14%	80	94	11
14	8	21,0	80	16%	68	89	9
14	9,4	21,0	80	27%	50	88	8

Efecto de la reinyección de los lodos de subdesbordamiento en la gestión del reactor de CAF

5 Se realizaron unos ensayos a escala piloto para evaluar y validar el interés de la utilización del hidrociclón en los lodos de reactores de CAF.

Ensayo 1

10 El estado inicial del lecho de CAF es el siguiente:

- una altura de lecho de CAF de 2,9 metros;
- un perfil de concentración en MES heterogéneo con unos valores de MES que varían de 5,8 a 7,5 g/l;
- unos contenidos en CAP en las MES del orden del 84%.

15 La aplicación de 4 ciclos de hidrociclonado (extracción de un volumen de CAF + utilización del hidrociclón + inyección en la parte inferior del reactor de los lodos recuperados en subdesbordamiento del hidrociclón) permitió:

- disminuir la altura del lecho de CAF de 2,9 m a 2,1 m;
- concentrar el contenido en MES del lecho de CAF con unos valores comprendidos entre 7,7 y 8,2 g/l (excluida la altura de purga)
- aumentar los contenidos en CAP en las MES del reactor del 84 al 87%
- producir una fracción 1 cuyo índice insoluble de HCl es superior al 91%, es decir 7 puntos porcentuales más que el valor del índice insoluble de HCl del lodo inicial tratado.

30 Durante estos ensayos, el valor de CT (= concentración en MES (g/l) * tiempo de contacto agua/lodo (min)) se mantuvo en 130.

El tratamiento por hidrociclón de una parte del lodo de un reactor de CAF permite por lo tanto, reinyectando el lodo obtenido por subdesbordamiento, disminuir la altura del lecho de CAF.

Ensayo 2

35 La comparación de los resultados de reducción de la absorbancia UV a 254 nm obtenidos antes de los ensayos de reinyección y durante estos ensayos muestran que:

- antes de los ensayos, los valores de CT variaban entre 60 y 90;
- durante los ensayos, los valores de CT permitieron trabajar con una CT comprendida entre 80 y 140.

El aumento del valor de CT de 60 y 140 ha permitido mejorar las reducciones en la absorbancia de UV a 254 nm del 25% al 44%, sin exceder una altura de lecho de CAF de 3 m (figura 2).

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento de un fluido acuoso que comprende una puesta en contacto del fluido acuoso con un lecho fluidizado de carbón activo en polvo coagulado y eventualmente floculado y una separación del fluido acuoso del lecho de carbón activo en polvo coagulado y eventualmente floculado, estando dicho procedimiento de tratamiento caracterizado por que comprende una etapa de gestión del lecho fluidizado de carbón activo en polvo coagulado y eventualmente floculado, comprendiendo dicha etapa de gestión:
 - (a) una extracción de una fracción del lecho fluidizado de carbón activo en polvo coagulado y eventualmente floculado en forma de lodos;
 - (b) por lo menos una separación de los lodos extraídos en la etapa (a) de manera que se obtenga una fracción que presente un índice insoluble de HCl superior en por lo menos 5 puntos porcentuales al de los lodos antes de la separación, realizándose dicha etapa de separación (b) por medio de por lo menos un hidrociclón;
 - (c) una reinyección de dicha fracción obtenida en la etapa (b) en el lecho fluidizado de carbón activo en polvo coagulado y eventualmente floculado,
 presentando el carbón activo en polvo un diámetro medio inferior a 100 μm .
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha fracción presenta una concentración en materia en suspensión (MES) por lo menos 2 veces superior a la concentración en MES de los lodos antes de la separación.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la puesta en contacto del fluido acuoso con un lecho fluidizado de carbón activo en polvo coagulado y eventualmente floculado y la separación del fluido acuoso del lecho de carbón activo en polvo coagulado y eventualmente floculado se realizan en un reactor único de tratamiento con carbón activo en polvo que funciona en flujo ascendente.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de separación (b) se realiza en continuo o de manera periódica.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha fracción presenta un índice de HCl superior en por lo menos 10 puntos porcentuales al de los lodos antes de la separación.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que se realiza una única separación y la segunda fracción obtenida presenta una concentración en MES por lo menos 1,5 veces inferior a la de los lodos antes de la separación.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que la segunda fracción es tratada por clarificación o flotación aguas arriba del reactor de tratamiento o tratada por una hilera de tratamiento de los lodos.
8. Instalación de tratamiento de fluidos acuosos que comprende:
 - (a) un dispositivo de tratamiento de fluidos acuosos a base de carbón activo en polvo coagulado y eventualmente floculado adaptado para asegurar una puesta en contacto del fluido acuoso con un lecho fluidizado de carbón activo en polvo coagulado y eventualmente floculado y una separación del fluido acuoso del lecho de carbón activo en polvo coagulado y eventualmente floculado;
 - (b) unos medios de extracción de una fracción del lecho fluidizado de carbón activo en polvo en forma de lodos;
 - (c) unos medios de transporte de los lodos desde el punto de extracción hacia el dispositivo de separación de los lodos;
 - (d) por lo menos un dispositivo de separación de los lodos adaptado para obtener una fracción que presenta un índice insoluble de HCl superior en por lo menos 5 puntos porcentuales al de los lodos antes de la separación, siendo dicho dispositivo de separación de los lodos por lo menos un hidrociclón;
 - (e) unos medios de transporte de los lodos separados hacia el dispositivo de tratamiento de fluidos acuosos,
 presentando el carbón activo en polvo un diámetro medio inferior a 100 μm .
9. Instalación según la reivindicación 8, en la que el dispositivo de tratamiento de fluidos acuosos es un reactor único de tratamiento con carbón activo en polvo que funciona en flujo ascendente.

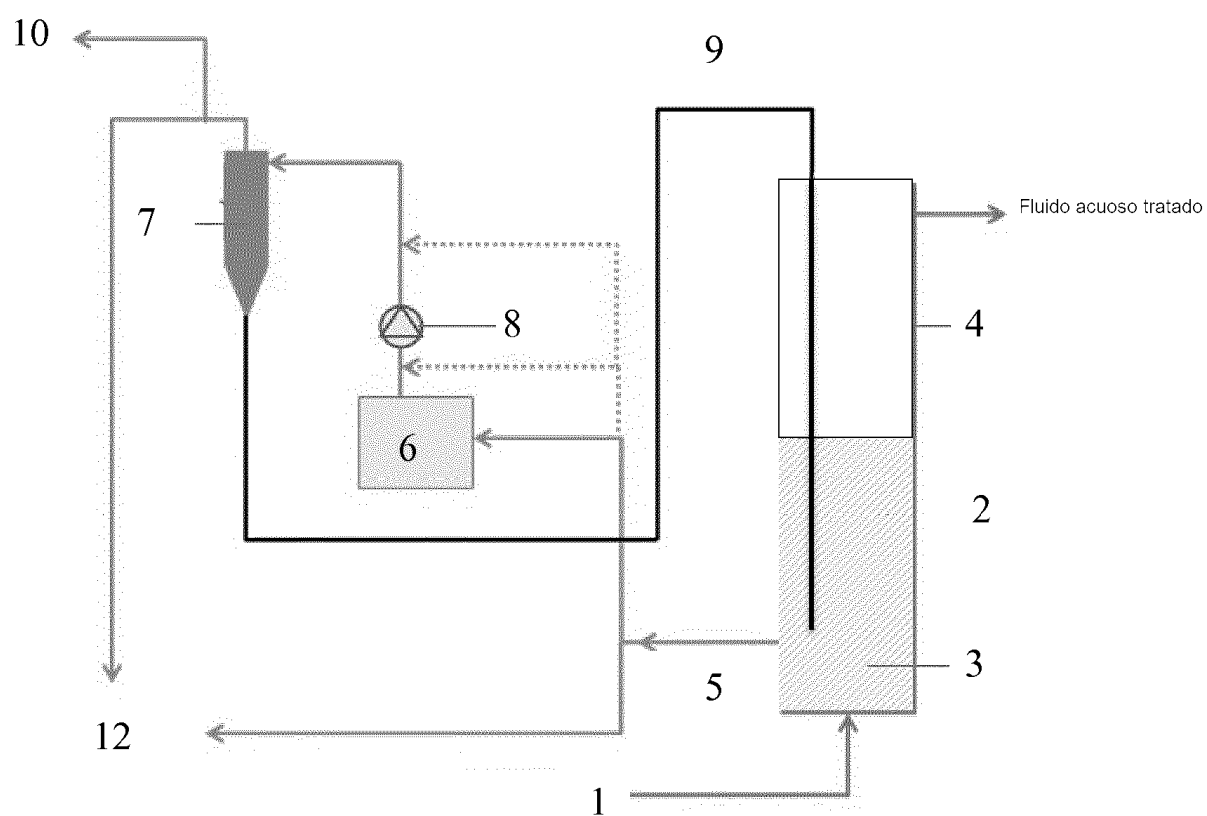


FIGURA 1

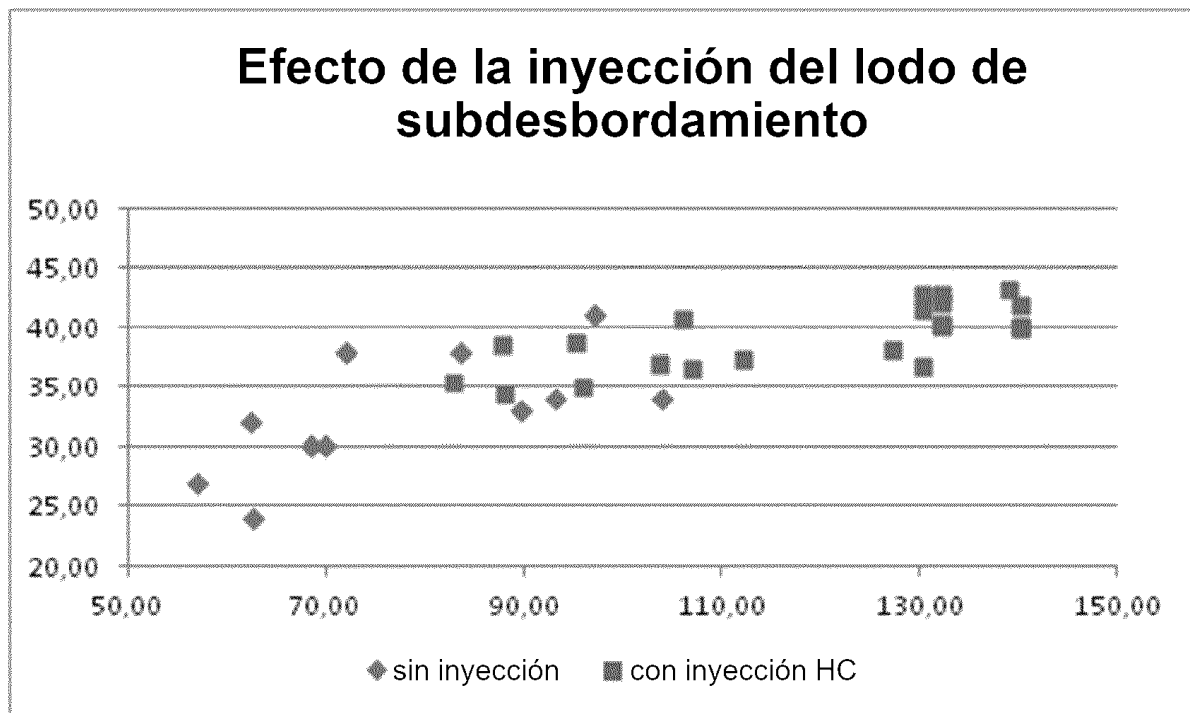


FIGURA 2

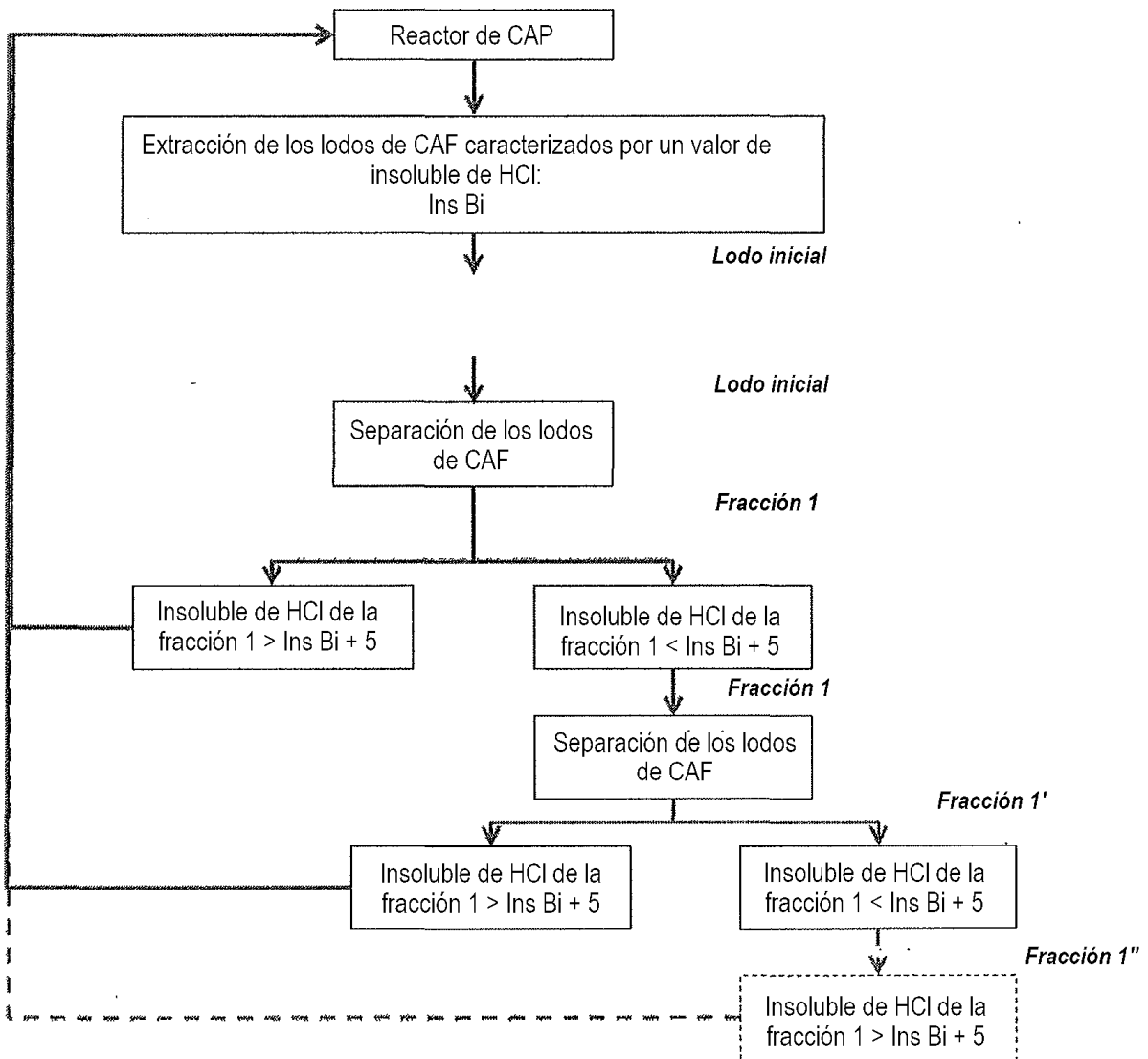


FIGURA 3