

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 933 706**

51 Int. Cl.:

C02F 1/28 (2006.01)

C02F 101/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2015** **E 15306586 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2022** **EP 3153475**

54 Título: **Procedimiento de descontaminación de aguas por adsorción sobre carbón activado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
13.02.2023

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

PEROT, JEAN y
COQUET, YVES

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 933 706 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 de descontaminación de aguas por adsorción sobre carbón activado

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere al campo del tratamiento de aguas, más particularmente de aguas residuales, tales como las aguas residuales urbanas e industriales. Más particularmente, la presente invención se refiere a un procedimiento de descontaminación de aguas por adsorción sobre carbón activado granular en un reactor de tratamiento de flujo ascendente y lecho expandido.

Estado de la técnica

En la actualidad, el material y los métodos analíticos están suficientemente desarrollados para detectar en el agua unas moléculas procedentes de la actividad humana, tales como los pesticidas, herbicidas, productos medicamentosos, etc. Estas moléculas se designan de manera genérica por los términos "productos emergentes" o "microcontaminantes".

Se han desarrollado unos procedimientos para eliminar estos microcontaminantes de las aguas. Muy particularmente, se ha propuesto eliminar estos microcontaminantes sobre carbón activado en polvo (CAP) ($3\ \mu\text{m} < \text{granulometría} < 100\ \mu\text{m}$) o granular (CAG) ($100\ \mu\text{m} < \text{granulometría} < 1000\ \mu\text{m}$). El carbón activado permite la eliminación de numerosos microcontaminantes orgánicos y de numerosas materias orgánicas por adsorción.

La eliminación de microcontaminantes por adsorción sobre carbón activado granular se puede realizar en el seno de un reactor de tratamiento tal como el descrito en la patente FR2874913, destinado preferentemente al tratamiento de las aguas subterráneas y de superficie con baja contaminación orgánica.

Desde hace algunos años, el tratamiento de las aguas residuales es de un interés muy particular. En efecto, las aguas tratadas vertidas en un entorno natural deben cumplir unas exigencias reglamentarias cada vez más estrictas, en particular se debe controlar que los microcontaminantes no estén presentes más allá de ciertos umbrales.

Los desechos procedentes de las plantas de depuración afectan asimismo a la calidad del recurso para la producción de agua potable. Por lo tanto, es importante controlar la calidad de las aguas que se potabilizarán.

En general, las aguas residuales se clasifican en dos categorías: las aguas urbanas y las aguas industriales que proceden, por ejemplo, de las industrias químicas y farmacéuticas. En aras de cumplir con las exigencias reglamentarias, se ha propuesto eliminar los microcontaminantes de las aguas residuales utilizando unos procedimientos de adsorción sobre carbón activado, en particular carbón activado granular, tal como se describe en la patente FR2874913. Las aguas que se potabilizarán constituyen una tercera categoría de agua en la que los tratamientos por adsorción sobre carbón activado también son muy adecuados.

En los procedimientos de tratamiento por adsorción sobre carbón activado, la cantidad de carbón activado que se inyectará en los reactores depende de la concentración de microcontaminantes que se tratarán. Para reducir el coste de tratamiento de aguas asociado a la utilización de carbón activado granular, es importante que el volumen o la masa de carbón activado granular empleado en el reactor de tratamiento sea óptimo(a) para obtener un porcentaje eficaz de reducción de los microcontaminantes orgánicos del agua.

Un método de control y/o de seguimiento de la reducción de los microcontaminantes en las aguas con el fin de regular las concentraciones de carbón activado necesarias para la eliminación de los microcontaminantes en las aguas residuales se describe en particular en la solicitud de patente FR3009789. Sin embargo, este método no permite determinar el volumen o la masa óptimo(a), es decir, necesario(a) y suficiente en CAG, para obtener un porcentaje de reducción de los microcontaminantes previamente fijado.

Por consiguiente, existía así la necesidad de poner a punto un procedimiento de descontaminación de aguas que contienen microcontaminantes orgánicos por adsorción sobre carbón activado granular en un reactor de tratamiento, de manera que se reduzca un porcentaje de microcontaminantes previamente fijado, que permita determinar específicamente la masa o el volumen de carbón activado granular óptimo(o) (necesario(o) y suficiente) en el reactor para obtener dicho porcentaje de reducción de los microcontaminantes orgánicos previamente fijado.

Resumen de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento de descontaminación de aguas, normalmente aguas residuales, que contienen microcontaminantes orgánicos por adsorción sobre carbón activado granular en un reactor de tratamiento de flujo ascendente y lecho expandido, de manera que se reduzca un porcentaje de microcontaminantes previamente fijado, según las reivindicaciones 1 y 2.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La figura 1 representa un modo de realización particular del reactor de tratamiento utilizado en el procedimiento de descontaminación según la presente invención.
- La Figura 2 es un gráfico que representa el porcentaje de reducción de los microcontaminantes en las aguas en función del rendimiento de reducción de UV por el tratamiento por adsorción sobre carbón activado granular.
- 10 La Figura 3 es un gráfico que representa el porcentaje de reducción de los microcontaminantes en función de la tasa de tratamiento con carbón aplicado.
- La Figura 4 es un gráfico que representa el porcentaje de reducción de UV en función de la tasa de tratamiento con carbón aplicado.
- 15 La figura 5 es un gráfico que representa el porcentaje de reducción de UV en función del tiempo según un primer modo de realización particular (reactor inicialmente en vacío).
- La figura 6 es un gráfico que representa el porcentaje de reducción de UV en función del tiempo según un segundo modo de realización particular (reactor con carga inicial).
- 20 La figura 7 es un gráfico que representa la velocidad ascensional, la evolución de la altura del lecho del carbón activado y la MES a la salida del reactor de tratamiento cuando tiene lugar el lavado.
- 25 La figura 8 es un diagrama que representa la distribución del tamaño de partículas del carbón activado granular según un modo de realización particular.
- La figura 9 representa el tamaño efectivo del carbón activado granular según la altura del lecho de carbón.

Definiciones

- El término "microcontaminante(s)" tal como se utiliza en la descripción de la presente invención designa unos microcontaminantes que se pueden seleccionar de entre los pesticidas, herbicidas, ftalatos, sustancias farmacéuticas y sus combinaciones. En particular, el término "microcontaminante(s)" puede designar específicamente unas sustancias farmacéuticas, muy particularmente unas sustancias farmacéuticas seleccionadas de entre la carbamazepina, el oxazepam, el diclofenaco el ibuprofeno, el ketoprofeno, la furosemida, el atenolol, el propanolol, el sulfametoxazol y el benzotriazol.
- 35 La expresión "aguas descontaminadas" designa el estado de las aguas después de la puesta en contacto con un lecho de carbón activado granular.
- La expresión "aguas descontaminadas y decantadas" designa el estado de las aguas después del tratamiento según la presente invención.
- 40 El término "aguas" tal como se utiliza en la descripción de la presente invención designa las aguas residuales o las aguas a potabilizar.

Exposición de la invención

- 50 El solicitante ha desarrollado un procedimiento de descontaminación de aguas, normalmente aguas residuales, que contiene microcontaminantes orgánicos mediante adsorción sobre carbón activado granular en un reactor de tratamiento de flujo ascendente, que permite optimizar la masa o el volumen de carbón activado granular en el reactor, para una tasa de tratamiento dada, y dimensionar así el reactor. Muy particularmente, el procedimiento permite determinar la masa o el volumen óptima(o) de carbón activado granular en el reactor requerida(o) y suficiente para obtener un porcentaje de reducción de los microcontaminantes orgánicos previamente fijado (% Mw).
- 55 La presente invención se refiere así a un procedimiento de descontaminación de aguas, normalmente aguas residuales, que contiene microcontaminantes orgánicos por adsorción sobre carbón activado granular en un reactor de tratamiento de flujo ascendente, de manera que se reduzca un porcentaje de microcontaminantes previamente fijado, que comprende la inyección de las aguas en la parte inferior del reactor que contiene un lecho de carbón activado para crear una expansión de dicho carbón activado asegurando al mismo tiempo la separación por gravedad entre las aguas descontaminadas y las partículas de carbón activado y la recuperación por desbordamiento de las aguas descontaminadas y decantadas en la parte superior del reactor, comprendiendo dicho procedimiento por lo menos las etapas siguientes:
- 60
- 65

1) a partir de dicho porcentaje de reducción de los microcontaminantes previamente fijado (%MP_f), determinación de la tasa de tratamiento con carbón activado granular (Tx) a inyectar en dicho reactor, y después puesta en servicio del reactor de tratamiento por inyección de las aguas y tratamiento por adsorción de los microcontaminantes sobre carbón activado granular con dicha tasa de tratamiento, y

2) control mediante los UV de las prestaciones del tratamiento por adsorción sobre carbón activado granular con la tasa de tratamiento previamente definido (Tx) con el fin de determinar la masa o el volumen de carbón activado granular necesaria(o) y suficiente en el reactor para obtener dicho % MP_f.

El control de las prestaciones del tratamiento por adsorción sobre carbón activado granular comprende las etapas siguientes:

(1) medir la absorbancia a una longitud de onda dada λ del agua antes del tratamiento por adsorción sobre carbón activado granular ($A_{\lambda AvTx}$);

(2) medir la absorbancia a la misma longitud de onda λ de las aguas después del tratamiento por adsorción sobre carbón activado granular ($A_{\lambda ApTx}$); y

(3) calcular el rendimiento de reducción de UV (%UV_C) a partir de las absorbancias medidas antes y después del tratamiento (%UV_C = $((A_{\lambda AvTx} - A_{\lambda ApTx})/A_{\lambda AvTx}) \cdot 100$).

Las etapas (1), (2) y (3) que permiten controlar el rendimiento de reducción de UV (%UV_C) se repiten ventajosamente a lo largo del tiempo. Ventajosamente, el control del rendimiento de reducción de UV_C se efectúa de manera continua o regular. Cuando el control se efectúa regularmente, se efectúa ventajosamente por lo menos una vez al día.

Ventajosamente, el porcentaje de reducción de los microcontaminantes (% Mp) fijado está comprendido entre 50 y 100% para las aguas urbanas.

Según la invención, el porcentaje de reducción de los microcontaminantes previamente fijado (%MP_f) permite en un primer tiempo determinar el rendimiento de reducción de UV (%UV_f), utilizando la relación %MP=f(%UV) (figura 2), siendo dicha relación determinada previamente para dichas aguas.

La relación %Mp=f(%UV) que permite determinar el rendimiento de reducción de UV (%UV_f) a partir de dicho %MP_f, se determina de la manera siguiente:

(i) tomar unas muestras de dichas aguas;

(ii) seleccionar uno o varios microcontaminantes orgánicos que se cuantificarán en dichas muestras;

(iii) medir la concentración efectiva del o de los microcontaminantes orgánicos seleccionados en la etapa (ii) en dichas muestras y medir la absorbancia de dichas muestras a dicha longitud de onda λ ;

(iv) tratar dichas muestras mediante la puesta en contacto con unas dosis crecientes de carbón activado granular;

(v) medir, para cada dosis de carbón activado probada, la concentración efectiva del o de los microcontaminantes orgánicos seleccionados en la etapa (ii) en dichas muestras después del tratamiento según la etapa (iv);

(vi) medir, para cada dosis de carbón activado probada, la absorbancia de dichas muestras después del tratamiento según la etapa (iv) a dicha longitud de onda λ ;

(vii) determinar, para cada dosis de carbón activado probada, el porcentaje de reducción de los microcontaminantes (% MP) y el rendimiento de reducción de UV (% UV) para obtener así las relaciones % MP = f (Tx) (figura 3) y % UV = f (Tx) (figura 4);

(viii) determinar la ecuación de la relación % MP = f (% UV) (figura 2), que expresa el porcentaje de reducción de los microcontaminantes (% MP) en función del rendimiento de reducción de UV (% UV). La medición de la absorbancia de las muestras antes y después de la descontaminación por adsorción sobre carbón activado según las etapas (iii) y (vi) se realiza normalmente por medio de un espectrofotómetro.

El tratamiento de las muestras según la etapa (iv) se realiza mediante la puesta en contacto de las muestras con unas dosis crecientes de carbón activado. En general, se prueban por lo menos cuatro dosis de carbón activado. El tiempo de contacto puede variar de 15 a 120 minutos, preferentemente es de 60 minutos. Durante el tiempo de contacto, las muestras se agitan ventajosamente.

La medición de las concentraciones efectivas de los microcontaminantes según las etapas (iii) y (v) se realiza según unos métodos bien conocidos por el experto en la materia. Se pueden determinar así por cromatografía en fase líquida o en fase gaseosa las concentraciones efectivas del o de los microcontaminantes seleccionados.

Los porcentajes de reducción de los microcontaminantes ($\%Mp_{\text{dosis1}}$, $\%Mp_{\text{dosis2}}$, $\%Mp_{\text{dosis3}}$) y los rendimientos de UV ($\%UV_{\text{dosis1}}$, $\%UV_{\text{dosis2}}$, $\%UV_{\text{dosis3}}$) en función de las dosis de carbón activado granular (dosis 1, dosis 2, dosis 3) se determinan por simple cálculo. Los valores obtenidos se pueden representar en un gráfico con los rendimientos de reducción de UV en abscisas y en ordenadas los porcentajes de reducción de los microcontaminantes ($(\%UV_{\text{dosis1}}; \%Mp_{\text{dosis1}})$, $(\%UV_{\text{dosis2}}; \%Mp_{\text{dosis2}})$, $(\%UV_{\text{dosis3}}; \%Mp_{\text{dosis3}})$, etc). El gráfico permite finalmente determinar la ecuación de la relación que expresa el porcentaje de reducción de los microcontaminantes ($\% Mp$) en función del rendimiento de reducción ($\% UV$) (figura 2).

Control de las prestaciones

Cuando las aguas son unas aguas residuales industriales, que proceden por ejemplo de las industrias químicas o farmacéuticas, la etapa (ii) descrita anteriormente comprende normalmente la selección del microcontaminante o de los microcontaminantes orgánicos que el tratamiento de adsorción sobre carbón activado prevé eliminar específicamente. En efecto, a menudo se conoce la naturaleza del o de los microcontaminante(s) susceptible(s) de estar contenido(s) en las aguas residuales industriales, facilitando así el control y/o el seguimiento de este, o estos, microcontaminante(s).

Por otro lado, cuando las aguas son aguas residuales industriales, la descontaminación por adsorción sobre carbón activado al que se hace referencia en las etapas 1) y 2) se puede realizar aguas arriba o aguas abajo de una planta de tratamiento biológico de las aguas residuales. Así, en el procedimiento según la invención, las aguas residuales pueden ser aguas residuales industriales previamente descontaminadas, o no, por tratamiento biológico.

Cuando las aguas residuales son aguas residuales urbanas, los microcontaminantes susceptibles de estar contenidos en las aguas residuales son de diversa naturaleza. Sin embargo, se ha demostrado que las aguas residuales urbanas comprenden de manera recurrente unos microcontaminantes tales como la carbamazepina, el oxazepam, el diclofenaco, el ibuprofeno, el ketoprofeno, la furosemida, el atenolol, el propanolol, el sulfametoxazol y el benzotriazol. Así, cuando las aguas residuales son aguas residuales urbanas, la etapa (ii) descrita anteriormente comprende la selección de estos microcontaminantes y las etapas (iii) y (v) comprenden la medición de la concentración efectiva total de estos microcontaminantes. Además, se pueden cuantificar otros microcontaminantes distintos a los enumerados anteriormente.

Como una parte de las aguas que se potabilizarán procede de los desechos de las plantas de purificación urbanas o industriales, los microcontaminantes encontrados recurrentemente en estas aguas residuales también se encuentran en el agua que se potabilizará.

El procedimiento según la invención es muy particularmente adecuado para la descontaminación de aguas que contienen microcontaminantes orgánicos tales como la carbamazepina, el oxazepam, el diclofenaco, el ibuprofeno, el ketoprofeno, la furosemida, el atenolol, el propanolol, el sulfametoxazol. y el benzotriazol.

Ventajosamente, las mediciones de absorbancia antes del tratamiento ($A_{\lambda\text{AvTx}}$) y después del tratamiento ($A_{\lambda\text{ATx}}$) de las aguas en el reactor de tratamiento (etapas (1) y (2)) se pueden medir por medio de sondas UV o fotométricas tales como se describe en la solicitud de patente FR3009789.

La tasa de tratamiento con carbón activado granular (Tx) que se inyectará en el reactor se determina usando las relaciones $\% MP=f(Tx)$ y/o $\% UV=f(Tx)$, obteniéndose dichas relaciones a partir de las etapas (i) a (vii) mencionadas anteriormente.

La longitud de onda λ se selecciona preferentemente en el campo del ultravioleta (200-380 nm), preferentemente de 200 a 300 nm. En particular, la absorbancia se puede medir a 254 nm.

Normalmente, la tasa de tratamiento con carbón activado granular es una tasa habitual fijada para las aguas residuales urbanas, estando la tasa comprendida entre 5 y 30 g/m³, ventajosamente entre 10 y 25 g/m³. Para las aguas residuales industriales, la tasa se determina por medio de las relaciones $\%MP=f(Tx)$ (figura 3) et $\%UV=f(Tx)$ (figura 4), y está comprendida normalmente entre 50 y 1000 g/m³.

Una vez que la tasa de tratamiento con carbón activado (Tx) que se aplicará en el reactor de tratamiento para obtener el porcentaje de reducción de los microcontaminantes fijada ($\%MP_t$) se ha determinado a partir de las relaciones $\%Mp=f(\% UV)$ y $\%UV=f(Tx)$, se pone en servicio el reactor mediante inyección de las aguas a una velocidad ascensional comprendida entre 7 y 20 m³/m².h, ventajosamente entre 12 y 15 m³/m².h, de manera que se obtenga una suspensión densa de carbón activado en un reactor de tratamiento de flujo ascendente y lecho expandido coronado por una altura de agua limpia decantada.

Según un primer modo de realización particular, el reactor de tratamiento está inicialmente vacío. En este caso, la determinación de dicha masa o de dicho volumen de carbón activado granular necesaria(o) y suficiente en el reactor para obtener dicho $\%MP_f$ fijado previamente, comprende por lo menos las etapas siguientes:

- a) inyección diaria de carbón activado granular con la tasa de tratamiento (T_x) previamente definida en el reactor de tratamiento inicialmente vacío, y después
- b) control (continuo o regular) ventajosamente por lo menos una vez al día, del rendimiento de reducción de UV_C ($\%UV_C$), y
- c) obtención del volumen de carbón activado granular necesario y suficiente cuando dicho $\%UV_C$ es tal que: $\%UV_C = \%UV_f \pm 20\%(\%UV_f)$, ventajosamente $\%UV_C = \%UV_f \pm 10\%(\%UV_f)$, durante por lo menos 5 días, ventajosamente 5 a 10 días, y extracción de carbón activado granular expandido de manera que se conserve dicho volumen de carbón activado granular necesario y suficiente en el reactor.

La inyección diaria de carbón activado granular en el reactor permite aumentar la cantidad de carbón activado presente en este último con el fin de acercarse a la masa o al volumen necesaria(o) y suficiente para obtener el porcentaje de reducción de los microcontaminantes orgánicos previamente fijado ($\%Mp$) (figura 5).

Así, cuando el $\%UV_C$ casi no varía con el tiempo (tal que $\%UV_C = \%UV_f \pm 20\%(\%UV_f)$ durante por lo menos 5 días, ventajosamente 5 a 10 días), el régimen del reactor de tratamiento se considera estabilizado y la masa o el volumen de carbón activado granular presente en el reactor es necesaria(o) y suficiente (óptima(o)) para obtener dicho $\%MP_f$ (figura 5). Con el fin de conservar dicha masa o dicho volumen necesaria(o) y suficiente, se realiza una extracción de carbón activado granular que corresponde a la cantidad de carbón activado granular inyectado diariamente. La inyección y la extracción aseguran así la renovación del carbón activado granular.

Ventajosamente, la inyección diaria de carbón activado granular en el reactor de tratamiento se realiza de una vez o en varias veces al día.

Ventajosamente, la extracción permite extraer el carbón activado granular a partir del momento en que se ha obtenido la masa o el volumen de carbón activado granular necesaria(o) y suficiente para obtener dicho $\%MP_f$. Ventajosamente, la extracción se realiza de 1 a 7 veces por semana.

Según un segundo modo de realización particular, el reactor contiene una carga inicial de carbón activado granular de manera que se obtenga por lo menos el porcentaje de reducción de los microcontaminantes previamente fijado ($\%MP_f$) a partir de la puesta en servicio del reactor. En este caso, la determinación de dicha masa o de dicho volumen de carbón activado granular necesaria(o) y suficiente en el reactor para obtener dicho $\%MP_f$ fijado previamente, comprende por lo menos las etapas siguientes:

- a') antes de la puesta en servicio del reactor de tratamiento, introducción de una carga inicial de carbón activado granular en el reactor, representando dicha carga una altura de lecho de carbón comprendida entre 20 y 50 cm, ventajosamente 30 cm, y siendo dicha carga seleccionada de manera que se obtenga por lo menos el porcentaje de reducción de los microcontaminantes previamente fijado ($\%MP_f$), y después
- b') control (continuo o regular), ventajosamente por lo menos una vez al día, del rendimiento de reducción de UV_C ($\%UV_C$),
- c') cuando dicho $\%UV_C$ es tal que: $\%UV_f < \%UV_C < \%UV_f + 15\%$, inyección diaria de carbón activado granular en el reactor, y después
- d') control del rendimiento de reducción de UV_C ($\%UV_C$) hasta que se obtenga el volumen necesario y suficiente de carbón activado granular cuando dicho $\%UV_C$ es tal que: $\%UV_C = \%UV_f \pm 20\%(\%UV_f)$ durante por lo menos 5 días, ventajosamente 5 a 10 días, y extracción del carbón activado granular expandido de manera que se conserve dicho volumen de carbón activado granular necesario y suficiente en el reactor.

Así, el comienzo de la inyección diaria de carbón activado en el reactor se determina por control UV y comienza cuando el $\%UV_C$ es tal que: $\%UV_f < \%UV_C < \%UV_f + 15\%$. Una vez que se ha iniciado la inyección diaria de carbón activado, el control UV permite determinar cuándo se considera óptima la cantidad o el volumen de carbón activado granular presente en el reactor (necesaria(o) y suficiente) para obtener dicho $\%MP_f$. La masa o volumen se considera óptima(o) cuando dicho $\%UV_C$ es tal que: $\%UV_C = \%UV_f \pm 20\%(\%UV_f)$ durante por lo menos 5 días, ventajosamente 5 a 10 días (figura 6). Con el fin de conservar dicha masa o dicho volumen necesaria(o) y suficiente, se realiza una extracción de carbón activado granular que corresponde a la cantidad de carbón activado granular inyectado diariamente. La inyección y la extracción aseguran así la renovación del carbón activado granular. Ventajosamente, se puede aumentar la tasa de tratamiento del carbón activado inyectado en la etapa c') con el fin de acelerar la puesta en servicio.

Ventajosamente, la inyección diaria de carbón activado granular en el reactor de tratamiento se realiza de una vez o en varias veces al día.

- 5 Ventajosamente, la extracción permite extraer el carbón activado granular a partir del momento en que se ha obtenido la masa o el volumen de carbón activado granular necesaria(o) y suficiente para obtener dicho %MP_f. Ventajosamente, la extracción se realiza de 1 a 7 veces por semana.

El control de los UV permite seguir el mantenimiento de las prestaciones del procedimiento según la invención.

- 10 Ventajosamente, la extracción de carbón activado granular expandido se realiza a partir de por lo menos dos niveles de extracción (4 y 4') (figura 1) del lecho de carbón activado. Tras la expansión del carbón activado, se crea generalmente en el del lecho de carbón activado un gradiente de concentración decreciente, desde la parte inferior del reactor hacia arriba. El gradiente de concentración varía en función de la distribución granulométrica del carbón
15 activado utilizado. Dado que la velocidad de decantación de los granos es proporcional a la granulometría de los granos (entre 0,3 y 1 mm) (figura 8), la distribución de estos últimos en el lecho se realiza desde los más grandes abajo hasta los más pequeños arriba. (figura 9). Como el tiempo de agotamiento o de saturación del carbón activado es proporcional al diámetro de las partículas de los granos, es importante cuando tiene lugar la extracción
20 conservar los granos más grandes más tiempo que los pequeños. Así, cuanto mayor es el número de niveles de extracción en la altura del lecho, más se optimiza la extracción. Normalmente, se realiza una extracción a partir de por lo menos dos niveles de extracción del lecho de carbón activado, estando un nivel situado en la parte superior del lecho de carbón para extraer los granos más finos y otro nivel en la parte inferior para extraer los granos más grandes.

- 25 Ventajosamente, las alturas de extracción están comprendidas entre 1,5 y 2 m, incluso más ventajosamente a 2 m, aún más ventajosamente a 2 m para el nivel de extracción en la parte superior del lecho de carbón y entre 0,1 y 1 m, aún más ventajosamente a 0,5 m para el nivel de extracción situado en la parte inferior del lecho de carbón.

- 30 Ventajosamente, la frecuencia de las extracciones para un mismo volumen o masa de carbón se determina proporcionalmente en función de los tamaños efectivos de los granos, es decir, normalmente una extracción para el nivel inferior y dos para el nivel superior.

- Ventajosamente, el procedimiento de descontaminación según la invención comprende por lo menos una etapa de lavado del carbón activado granular utilizado. Normalmente, el lavado del carbón activado se puede efectuar dentro
35 del reactor de tratamiento, en particular soplando aire y agua de lavado en la base del reactor. El circuito de suministro de agua que se tratará se utiliza ventajosamente para la introducción de agua de lavado en la base del reactor o una bomba de recirculación como suplemento del caudal de alimentación. El aire de lavado se inyecta por el mismo circuito de alimentación de agua o con su propio dispositivo de rampa y de ramificaciones.

- 40 Ventajosamente, la etapa de lavado del lecho de carbón activado se realiza cuando la altura medida del lecho de carbón activado es superior en un 20% a la altura teórica en régimen estabilizado. Normalmente, se determina una altura teórica para una velocidad dada en régimen estabilizado, dependiendo la altura de expansión del lecho de la velocidad ascensional. Ventajosamente, la medición de la altura del lecho de carbón activado se realiza de manera diaria o en continuo.

- 45 De manera ventajosa, el lavado se realiza cuando $h_e \geq h_p + 10$ a $50\%(h_p)$, ventajosamente $h_e \geq h_p + 10$ a $20\%(h_p)$, representando h_e la altura del lecho expandido sucio y h_p la altura del lecho lavado. Correspondiendo el lecho expandido sucio al lecho que contiene las MES y correspondiendo el lecho lavado al lecho sin las MES.

- 50 Ventajosamente, la etapa de lavado comprende una fase de expansión y una fase de decantación.

- El lecho de carbón activado formado por la acumulación de las dosis inyectadas tiene la facultad de retener una gran parte de las materias en suspensión (MES) que entran en el reactor de tratamiento. Por otro lado, la edad de este carbón activado que queda en el reactor favorece el desarrollo de una biopelícula. Es necesario evacuar estas
55 MES y esta biopelícula ya que sin extracción de estas últimas, un aumento del volumen del lecho puede causar una fuga de MES y/o de carbón activado. El propósito de este lavado es separar estas MES del carbón sin por ello deteriorarlo. Como el carbón es un material poco denso (densidad aparente inferior a 0,7), la fase de expansión consiste en aplicar al lecho de carbón activado una velocidad ascensional comprendida ventajosamente entre 20 y 50 m³/m².h y más ventajosamente 30 m³/m².h, que permite la separación del carbón activado de las materias en
60 suspensión presentes en el agua y así, una expansión suficiente del carbón con el fin de que las MES migren por encima del lecho.

- Ventajosamente, la duración de la expansión está comprendida entre 5 y 15 minutos, ventajosamente entre 7 y 11 minutos, y ventajosamente dicho lavado se realiza de 1 a 7 veces por semana, incluso más ventajosamente de 1 a 3 veces por semana.

65

Una vez terminada la fase de expansión de la etapa de lavado, una fase de decantación y después una fase de vaciado de la parte superior del lecho de carbón (zona de separación (B)) (figura 1) son necesarias para extraer las MES.

La fase de decantación permite decantar las MES y el carbón activado granular expandido en la fase de expansión. Según un modo de realización particular, la fase de decantación de la etapa de lavado se puede realizar con el reactor funcionando a una velocidad ascensional mínima que permite una decantación eficaz, siendo dicha velocidad ventajosamente inferior o igual a $15 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ o con el reactor apagado. Cuando se detiene el reactor, dicho apagado tiene una duración comprendida entre 3 y 10 minutos, ventajosamente 5 minutos.

Después de la fase de decantación, una fase de vaciado que permite una evacuación de la franja de agua que comprende las MES se realiza normalmente hacia un puesto de todas las aguas y/o una tolva de goteo del carbón a partir de una válvula de evacuación situada a una altura de vaciado (h_v) (figura 1). Ventajosamente, la fase de vaciado tiene una duración comprendida entre 5 y 30 minutos, ventajosamente entre 5 y 10 minutos.

Una vez terminada el vaciado de la franja de agua que comprende las MES, se realiza normalmente una fase de enjuague mediante la reanudación de la alimentación al caudal precedente a la etapa de lavado por inyección de las aguas en la parte inferior del reactor de tratamiento. En la fase de enjuague, la válvula de vaciado está abierta para permitir la evacuación de toda el agua inyectada en la parte inferior del reactor, así que el agua no desborda en ningún caso por las canales. La fase de enjuague tiene ventajosamente una duración comprendida entre 5 y 20 minutos, ventajosamente entre 5 y 10 minutos. Una vez que terminada esta fase de enjuague, la válvula de vaciado se cierra mientras conservando al mismo tiempo el caudal de alimentación para reanudar el tratamiento.

El lavado permite evitar que las MES entren en el lecho y lo inflen, pudiendo provocar una pérdida brutal del carbón activado granular, lo cual puede provocar una disminución en la calidad del tratamiento. Así, el reactor comprende además unos medios de inyección (3) de carbón activado nuevo, unos medios de extracción (4 y 4') de carbón activado usado. Los medios de extracción de carbón activado usado están comprendidos generalmente en la zona de reacción (A) que comprende el lecho de carbón expandido (figura 1).

El reactor de tratamiento

Muy particularmente, el tratamiento se puede realizar dentro de un reactor de tratamiento tal como el descrito en la patente FR2874913.

La puesta en contacto de las aguas con carbón activado granular permite la eliminación de los microcontaminantes orgánicos de origen natural o sintético, tales como los residuos de productos fitosanitarios, pesticidas, moléculas farmacéuticas, por adsorción de los microcontaminantes sobre las partículas de carbón activado granular.

Normalmente, el tratamiento se realiza en un reactor de tratamiento (1) con lecho expandido de carbón activado granular que funciona en flujo ascendente y que comprende dos zonas distintas de funcionamiento:

- una zona de reacción (A) en la parte inferior del reactor constituida por un lecho expandido de carbón activado que asegura la eliminación de los microcontaminantes orgánicos por adsorción de éstos sobre las partículas de carbón activado granular; y
- una zona de separación (B) en la parte superior del reactor que asegura la separación y la recogida de las aguas descontaminadas.

Dicho reactor está representado en la figura 1.

Ventajosamente, el reactor comprende asimismo una zona acondicionada (C) situada bajo la zona de reacción que asegura la admisión y la distribución homogénea de las aguas que se tratarán. Una rampa de distribución (2) de las aguas está presente en el área acondicionada.

Normalmente, el área acondicionada contiene un lecho de bloqueo, tal como un lecho de grava coronado por un lecho de arena. El lecho de bloqueo permite evitar que el carbón activado granular entre en la rampa de distribución. Por otro lado, el lecho de bloqueo permite asegurar una distribución homogénea de las aguas en el fondo del reactor y permite asegurar una puesta en suspensión homogénea del lecho de carbón activado dentro de la zona de reacción, evitando así cualquier zona de aguas muertas cerca de la base del lecho de carbón. La altura del área acondicionada se establece en función del espacio ocupado en altura por la rampa de distribución y de su posicionamiento en el fondo de la estructura. Muy particularmente, su altura puede estar comprendida entre 25 y 30 cm por encima de la admisión de las aguas.

La rampa de distribución se elige y se dispone de manera que distribuya las aguas homogéneamente en la base del reactor. Una buena distribución de las aguas se puede obtener muy particularmente cuando la rampa de distribución es un distribuidor en el que están dispuestos unos conjuntos de ramificaciones equidistantes y

perforadas con orificios a intervalos idénticos, dirigidos preferentemente hacia el fondo al tresbolillo alternado. La rampa de distribución está embebida generalmente en un lecho de grava.

5 Cuando el reactor está en funcionamiento, el caudal de las aguas inyectadas en la parte inferior del reactor por la rampa de distribución permite la puesta en suspensión (o expansión) y el mantenimiento en suspensión del carbón activado granular. Dentro del lecho de carbón activado, en particular en su parte inferior, la concentración de carbón activado puede alcanzar varios cientos de gramos por litro y ejercer eficazmente una acción de descontaminación, sin causar ninguna obstrucción o pérdida de carga, como puede ser el caso con la utilización de sistemas de lecho fijo de carbón activado. Generalmente, la concentración media de carbón activado dentro del lecho expandido es de 100 a 450 g/l. Generalmente, es inferior o igual a 2 mg/l en la parte superior de la zona de separación. La altura de la zona de separación (B) varía normalmente de 0,5 m a 2,0 m. Generalmente, está cerca de 1,5 m. Por otra parte, no es necesario añadir ningún aditivo de tratamiento distintos al carbón, tales como agentes de coagulación o de floculación para lastrar las partículas de carbón, en el proceso según la presente invención. Sin embargo, en algunos modos de realización, se pueden añadir unos agentes de coagulación o de floculación aguas arriba del reactor en las aguas residuales con el fin de mejorar la eficacia de la reducción de materias orgánicas y microcontaminantes orgánicos.

Normalmente, la altura del lecho expandido de carbón activado granular de la zona de reacción está comprendida entre 1 y 2 m, ventajosamente 1,5 m.

La granulometría del carbón activado granular y la velocidad ascensional de las aguas se eligen de manera que se obtenga una suspensión de carbón activado en forma de lecho expandido, coronado por una altura de agua descontaminada que corresponde a la zona de separación. El término "velocidad ascensional" se refiere a la relación entre el caudal hidráulico de las aguas inyectadas en el reactor sobre la superficie y el suelo del reactor de tratamiento.

Ventajosamente, la granulometría del carbón activado granular está comprendida entre 100 y 1000 μm , más ventajosamente entre 300 y 800 μm , aún más ventajosamente entre 600 y 800 μm . Ventajosamente, se pueden utilizar varios tipos de carbones activados de diferentes granulometrías o densidades en el mismo reactor (figura 8). La presente invención permite así tratar una amplia variedad de microcontaminantes presentes en las aguas con unos grados de capacidad de adsorción variables según los carbones empleados.

En un modo de realización particular de la presente invención, la granulometría del carbón activado granular está comprendida entre 300 y 1000 μm , más ventajosamente entre 600 y 800 μm , y/o la velocidad ascensional de las aguas varía de 7 a 20 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$, más ventajosamente de 12 a 15 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$.

El tiempo de contacto de las aguas con el carbón activado se define según la velocidad ascensional de las aguas y de la altura del lecho de carbón expandido. El tiempo de contacto varía generalmente de 5 a 60 minutos, ventajosamente de 5 a 30 minutos, aún más ventajosamente de 8 a 15 minutos.

En un modo de realización particular, la inyección de carbón activado granular nuevo en el reactor se realiza normalmente por encima del lecho de carbón (en expansión), preferentemente mediante uno o más sistemas de inyección (3) compuestos normalmente por un tubo de sección comprendida de entre 100 y 200 mm según las cantidades de carbón activado granular que se introducirá.

Ventajosamente, la inyección de carbón activado granular nuevo se realiza con la ayuda de un hidroeyector que permite llevar el carbón activado a la parte superior del reactor (zona de separación (B)). El o los sistema(s) de inyección (3), en particular una o unas cánula(s) de inyección, se colocan paralelamente a las paredes del reactor y se terminan por un codo a 45° que se sitúa siempre por encima del lecho de carbón activado en expansión. Normalmente, el codo se sitúa entre 1,5 y 2 m por debajo del nivel de evacuación de las aguas de tratamiento (canales de recuperación (5)). Normalmente, el extremo de este o estos tubo(s) de inyección es de manera que forme un bisel que facilitará el flujo de carbón activado hacia la superficie del lecho de este carbón activado. La ventaja de este sistema reside en el hecho de que una obstrucción de este equipo es difícil, incluso imposible.

El término "carbón activado nuevo", designa por oposición al término "carbón activado usado o expandido", carbón activado que no ha sido puesto en contacto con microcontaminantes orgánicos.

Las aguas descontaminadas y decantadas se pueden recoger por desbordamiento en la parte superior del reactor. Las canales de recuperación (5) están dispuestas en la parte superior del reactor. El reactor de tratamiento de flujo ascendente y lecho expandido puede comprender además unos medios de recirculación de agua descontaminada dentro del reactor, con el fin de mantener una velocidad suficiente de expansión o de fluidización que permita una expansión mínima del lecho de carbón para evitar que el reactor se degrade durante las fases de parada de producción.

Según la invención, el carbón activado granular puede ser carbón regenerable o reactivable. El carbón activado granulado usado se extrae y después se almacena antes de ser enviado a los centros de reactivación o de regeneración por vía térmica esencialmente.

Ventajosamente, el procedimiento de descontaminación según la invención está adaptado a las aguas residuales y a las aguas que se potabilizarán, aún más ventajosamente a las aguas residuales.

5 Ejemplos

A continuación se indicarán a título de simple ilustración, dos ejemplos particulares de tratamiento de las aguas según el procedimiento de la presente invención, en un reactor de tratamiento tal como el descrito en la presente solicitud (figura 1), en relación con las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Las condiciones particulares mencionadas a continuación han conducido a unos resultados particularmente satisfactorios en el marco de esta invención.

Ejemplo 1: Reactor inicialmente en vacío

- 1) Porcentaje de reducción de los microcontaminantes fijado contenidos en las aguas residuales: 70-80%;
- 2) Determinación de la tasa de tratamiento de carbón activado granular (Tx) que se inyectará en el reactor con la ayuda de las relaciones $\%MP=f(\%UV)$ (figura 2); $\%MP=f(Tx)$ (figura 3) y $\%UV=f(Tx)$ (figura 4). Según las curvas obtenidas, el porcentaje de reducción de los microcontaminantes de 70-80% corresponde a un porcentaje de reducción de UV de aproximadamente el 30% y se obtiene con una tasa de tratamiento de carbón activado granular de 20 g/m³;
- 3) Inyección diaria de 20g/m³ (que corresponde a 120 g en el caso de esta instalación) de carbón activado granular en un reactor de tratamiento inicialmente vacío por encima del lecho de carbón activado en la parte superior del reactor por medio de una cánula de inyección;
- 4) Control diario del rendimiento de reducción $UV_C(\%UV_C)$. El gráfico de la figura 5 muestra la evolución del $\%UV_C$ a lo largo del tiempo (es decir, en función de las masas de carbón activado granular inyectado diariamente);
- 5) Con la ayuda del gráfico de la figura 5, se observa una estabilización del rendimiento de reducción de UV_C , es decir $\%UV_C=30\%\pm 20\%$ de (30), es decir $\%UV_C$ comprendido entre 24 y 36%, durante por lo menos 5 días a partir del día 40°. La masa o el volumen de carbón activado granular en el reactor se considera entonces óptima(o), se realiza entonces una extracción de carbón activado una vez por semana a partir de dos niveles de extracción del lecho de carbón activado (un primer nivel está situado en la parte superior del lecho de carbón, el segundo nivel está situado por su parte en la parte inferior), correspondiendo la masa o el volumen de carbón extraído a la masa o volumen de carbón activado introducido entre dos extracciones.

Ejemplo 2: Reactor que comprende una carga inicial de carbón activado

- 1') Porcentaje de reducción de los microcontaminantes fijado contenidos en las aguas residuales: 55%;
- 2') Determinación de la tasa de tratamiento de carbón activado granular (Tx) que se inyectará en el reactor con la ayuda de las relaciones $\%MP=f(\%UV)$ (figura 2); $\%MP=f(Tx)$ (figura 3) y $\%UV=f(Tx)$ (figura 4). Según las curvas obtenidas, el porcentaje de reducción de los microcontaminantes del 55% corresponde a un porcentaje de reducción de UV de aproximadamente el 20% y se obtiene con una tasa de tratamiento de carbón activado granular de 15 g/m³;
- 3') En el caso de una puesta en servicio en la que el rendimiento de reducción debe estar asegurada inmediatamente, se introduce una carga inicial de carbón activado granular de 2,3 kg (que corresponde a una altura de lecho de carbón de 28 cm) en el reactor antes de su puesta en funcionamiento;
- 4) Control diario del rendimiento de reducción de $UV_C(\%UV_C)$. El gráfico de la figura 6 muestra la evolución del $\%UV_C$ a lo largo del tiempo;
- 5) El 5º día, cuando el $\%UV_C$ es tal que $\%UV_C=25\%$ es decir: $20\%<\%UV_C<35\%$ ($\%UV_C<\%UV_C<\%UV_C+15\%$), inyección diaria de 15 g/m³ (que corresponde a 90 g en el caso de esta instalación)
- 6) Siempre con la ayuda del gráfico de la figura 6, se efectúa un control diario del rendimiento de reducción de UV_C hasta observar una estabilización del rendimiento de reducción de UV_C , es decir, cuando $\%UV_C=20\%\pm 20\%$ de (20), es decir un $\%UV_C$ comprendido entre 16 y 24%, durante por lo menos 5 días. Esta estabilización se observa a partir del día 25°. La masa o el volumen de carbón activado granular en el reactor se considera entonces óptima(o), se realiza entonces una extracción de carbón activado una vez por semana a partir de dos niveles de extracción del lecho de carbón activado (un primer nivel está situado en la parte superior del lecho de carbón, el segundo nivel está situado por su parte en la parte inferior), correspondiendo la masa o el volumen de carbón extraído a la masa o volumen de carbón activado introducido entre dos extracciones.

Se indicará a continuación a título de simple ilustración, un ejemplo de la etapa de lavado del lecho de carbón activado según el procedimiento de la presente invención, en relación con la figura 7.

5 Ejemplo 3

Como el reactor de tratamiento según la presente invención es un reactor de tratamiento de flujo ascendente, y el agua que se tratará contiene unas MES, como en la mayoría de los casos, se produce una acumulación de estas MES. Se realiza entonces un lavado que comprende las fases siguientes:

- 10 1) Fase de expansión: aumento de la velocidad de expansión ascensional del carbón activado granular mediante la puesta en servicio de la bomba de recirculación como suplemento del caudal de alimentación. En el lavado, la velocidad de expansión pasa de $15 \text{ m}^2/\text{m}^3.\text{h}$ a $30 \text{ m}^2/\text{m}^3.\text{h}$. Esta velocidad buscada permite la expansión necesaria y suficiente para extraer las MES del lecho de carbón activado.
- 15 2) Fase de decantación: la parada de la fase de expansión del carbón activado granular que corresponde al comienzo de la fase de decantación se determina cuando la concentración de MES a nivel de las canales aumenta en algunos mg/l (la concentración en MES pasa de 1 a $2,5 \text{ g/l}$ en 7 minutos (figura 7)), midiéndose la concentración de MES mediante una sonda MES (Solitax de LANGE).
- 20 3) Fase de vaciado: la válvula que se encuentra a la altura de vaciado (h_v) está abierta durante un tiempo de 5 minutos para evacuar la franja de agua que comprende las MES que corresponde a la zona (B) (figura 1) hacia el puesto de todas las aguas.
- 25 4) Fase de enjuague: reanudación de la alimentación por inyección de las aguas en la parte inferior del reactor de tratamiento a una velocidad ascensional de $15 \text{ m}^2/\text{m}^3.\text{h}$ durante un tiempo de 10 minutos, estando abierta la válvula de vaciado.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de descontaminación de aguas, normalmente de las aguas residuales, que contienen unos microcontaminantes orgánicos por adsorción sobre carbón activado granular en un reactor de tratamiento de flujo ascendente, de manera que se reduzca un porcentaje de microcontaminantes fijado previamente ($\%MP_f$), que comprende la inyección de las aguas en la parte inferior del reactor que contiene un lecho de carbón activado de manera que se cree una expansión de dicho carbón activado asegurando paralelamente la separación por gravedad entre las aguas descontaminadas y las partículas de carbón activado y la recuperación por desbordamiento de las aguas descontaminadas y decantadas en la parte superior del reactor,

caracterizado por que dicho procedimiento comprende por lo menos las etapas siguientes:

determinación del rendimiento de reducción de UV ($\%UV_f$) a partir de dicho porcentaje de reducción de los microcontaminantes fijado previamente ($\%MP_f$) utilizando la relación $\%MP=f(\%UV)$, siendo dicha relación determinada previamente para dichas aguas de la manera siguiente:

- (i) extraer unas muestras de dichas aguas;
- (ii) seleccionar uno o varios microcontaminantes orgánicos que se cuantificarán en dichas muestras;
- (iii) medir la concentración efectiva del o de los microcontaminantes orgánicos seleccionados en la etapa (ii) en dichas muestras y medir la absorbancia de dichas muestras a una longitud de onda dada λ ;
- (iv) tratar dichas muestras por puesta en contacto con unas dosis crecientes de carbón activado granular;
- (v) medir, para cada dosis de carbón activado probada, la concentración efectiva del o de los microcontaminantes orgánicos seleccionados en la etapa (ii) en dichas muestras después del tratamiento según la etapa (iv);
- (vi) medir, para cada dosis de carbón activado probada, la absorbancia de dichas muestras después del tratamiento según la etapa (iv) a una longitud de onda dada λ ;
- (vii) determinar, para cada dosis de carbón activado probada, el porcentaje de reducción de los microcontaminantes ($\%MP$) y/o el rendimiento de reducción de UV ($\%UV$) para obtener así las relaciones $\%MP=f(Tx)$ y $\%UV=f(Tx)$;
- (viii) determinar la ecuación de la relación $\%MP=f(\%UV)$, que expresa el porcentaje de reducción de los microcontaminantes ($\%MP$) en función del rendimiento de reducción de UV ($\%UV$),

determinación de la tasa de tratamiento de carbón activado granular (Tx) que se inyectará en dicho reactor a partir de dicho porcentaje de reducción de los microcontaminantes fijado previamente ($\%MP_f$), siendo la tasa de tratamiento de carbón activado granular (Tx) que se inyectará en el reactor determinada utilizando las relaciones $\%MP=f(Tx)$ y/o $\%UV=f(Tx)$, siendo dichas relaciones obtenidas a partir de dichas etapas (i) a (vii), y

determinación del volumen de carbón activado granular necesario y suficiente en el reactor para obtener dicho $\%MP_f$ por control de UV de las prestaciones del tratamiento por adsorción sobre carbón activado granular con la tasa de tratamiento definida previamente (Tx), que comprende por lo menos las etapas siguientes:

- a) inyección diaria de carbón activado granular con la tasa de tratamiento (Tx) definida previamente en el reactor de tratamiento inicialmente vacío, y después
- b) control, ventajosamente por lo menos una vez al día, del rendimiento de reducción de UV ($\%UV_c$), comprendiendo dicho control las etapas siguientes:
 - (1) medición de la absorbancia a una longitud de onda dada λ de las aguas antes del tratamiento por adsorción sobre carbón activado granular ($A_{\lambda AvTx}$);
 - (2) medición de la absorbancia a la misma longitud de onda λ de las aguas después del tratamiento por adsorción sobre carbón activado granular ($A_{\lambda ApTx}$); y
 - (3) cálculo del rendimiento de reducción de UV ($\%UV_c$) a partir de las absorbancias medidas antes y después del tratamiento ($\%UV_c = ((A_{\lambda AvTx} - A_{\lambda ApTx}) / A_{\lambda AvTx}) * 100$),
- c) obtención del volumen de carbón activado granular necesario y suficiente cuando dicho $\%UV_c$ es tal que: $\%UV_c = \%UV_f \pm 20\%$ ($\%UV_f$) durante por lo menos 5 días, ventajosamente de 5 a 10 días, y extracción de carbón activado granular expandido de manera que se conserve dicho volumen de carbón activado granular

necesario y suficiente en el reactor.

2. Procedimiento de descontaminación de aguas, normalmente de las aguas residuales, que contienen unos microcontaminantes orgánicos por adsorción sobre carbón activado granular en un reactor de tratamiento de flujo ascendente, de manera que se reduzca un porcentaje de microcontaminantes previamente fijado ($\%MP_f$), que comprende la inyección de las aguas en la parte inferior del reactor que contiene un lecho de carbón activado de manera que se cree una expansión de dicho carbón activado asegurando paralelamente la separación por gravedad entre las aguas descontaminadas y las partículas de carbón activado y la recuperación por desbordamiento de las aguas descontaminadas y decantadas en la parte superior del reactor,

caracterizado por que dicho procedimiento comprende por lo menos las etapas siguientes:

determinación del rendimiento de reducción de UV ($\%UV_f$) a partir de dicho porcentaje de reducción de los microcontaminantes fijado previamente ($\%MP_f$) utilizando la relación $\%MP=f(\%UV)$, siendo dicha relación determinada previamente para dichas aguas de la manera siguiente:

- (i) extraer unas muestras de dichas aguas;
- (ii) seleccionar uno o varios microcontaminantes orgánicos que se cuantificarán en dichas muestras;
- (iii) medir la concentración efectiva del o de los microcontaminantes orgánicos seleccionados en la etapa (ii) en dichas muestras y medir la absorbancia de dichas muestras a una longitud de onda dada λ ;
- (iv) tratar dichas muestras por puesta en contacto con unas dosis crecientes de carbón activado granular;
- (v) medir, para cada dosis de carbón activado probada, la concentración efectiva del o de los microcontaminantes orgánicos seleccionados en la etapa (ii) en dichas muestras después del tratamiento según la etapa (iv);
- (vi) medir, para cada dosis de carbón activado probada, la absorbancia de dichas muestras después del tratamiento según la etapa (iv) a una longitud de onda dada λ ;
- (vii) determinar, para cada dosis de carbón activado probada, el porcentaje de reducción de los microcontaminantes ($\%MP$) y/o el rendimiento de reducción de UV ($\%UV$) para obtener así las relaciones $\%MP=f(Tx)$ y $\%UV=f(Tx)$;
- (viii) determinar la ecuación de la relación $\%MP=f(\%UV)$, que expresa el porcentaje de reducción de los microcontaminantes ($\%MP$) en función del rendimiento de reducción de UV ($\%UV$),

determinación de la tasa de tratamiento de carbón activado granular (Tx) que se inyectará en dicho reactor a partir de dicho porcentaje de reducción de los microcontaminantes fijado previamente ($\%MP_f$), siendo la tasa de tratamiento de carbón activado granular (Tx) que se inyectará en el reactor determinada utilizando las relaciones $\%MP=f(Tx)$ y/o $\%UV=f(Tx)$, siendo dichas relaciones obtenidas a partir de dichas etapas (i) a (vii), y

determinación del volumen de carbón activado granular necesario y suficiente en el reactor para obtener dicho $\%MP$ por control de UV de las prestaciones del tratamiento por adsorción sobre carbón activado granular con la tasa de tratamiento previamente definida (Tx), que comprende por lo menos las etapas siguientes:

a') previamente a la puesta en servicio del reactor de tratamiento, introducción de una carga inicial de carbón activado granular en el reactor, representando dicha carga una altura de lecho de carbón comprendida entre 20 y 50 cm, ventajosamente 30 cm, y siendo dicha carga seleccionada de manera que se obtenga por lo menos el porcentaje de reducción de los microcontaminantes fijado previamente ($\%MP_f$), y después

b') control, ventajosamente por lo menos una vez al día, del rendimiento de reducción de UV ($\%UV_c$), comprendiendo dicho control las etapas siguientes:

(1) medición de la absorbancia a una longitud de onda dada λ de las aguas antes del tratamiento por adsorción sobre carbón activado granular (A_{AvTx});

(2) medición de la absorbancia a la misma longitud de onda λ de las aguas después del tratamiento por adsorción sobre carbón activado granular (A_{ApTx}); y

(3) cálculo del rendimiento de reducción de UV ($\%UV_c$) a partir de las absorbancias medidas antes y después del tratamiento ($\%UV_c = ((A_{AvTx} - A_{ApTx}) / A_{AvTx}) * 100$),

c') cuando dicho $\%UV_c$ es tal que: $\%UV_f \leq \%UV_c \leq \%UV_f + 15\%$, inyección diaria de carbón activado granular con

la tasa de tratamiento (Tx) definida previamente en el reactor, y después

d') control del rendimiento de reducción de UV_c ($\%UV_c$) hasta la obtención del volumen necesario y suficiente de carbón activado granular cuando dicho $\%UV_c$ es tal que: $\%UV_c = \%UV_i \pm 20\%(\%UV_i)$ durante por lo menos 5 días, ventajosamente de 5 a 10 días, y extracción de carbón activado granular expandido de manera que se conserve dicho volumen de carbón activado granular necesario y suficiente en el reactor.

3. Procedimiento de descontaminación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicha inyección de las aguas se realiza a una velocidad ascensional comprendida entre 7 y 20 $m^3/m^2.h$, ventajosamente entre 12 y 15 $m^3/m^2.h$, de manera que se obtenga una suspensión densa de carbón activado expandido en forma de lecho expandido, coronada por una altura de agua clara decantada.

4. Procedimiento de descontaminación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicha extracción de carbón activado granular expandido se realiza a partir de por lo menos dos niveles de extracción del lecho de carbón activado.

5. Procedimiento de descontaminación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dichas mediciones de absorbancia de las aguas se realizan a una longitud de onda λ comprendida entre 200 y 300 nm, ventajosamente 254 nm.

6. Procedimiento de descontaminación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la granulometría del carbón activado granular está comprendida entre 300 y 800 μm , ventajosamente entre 600 y 800 μm .

7. Procedimiento de descontaminación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la inyección diaria de carbón activado granular en el reactor se realiza por encima del lecho de carbón activado en la parte superior del reactor.

8. Procedimiento de descontaminación según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende por lo menos una etapa de lavado del lecho de carbón activado.

9. Procedimiento de descontaminación según la reivindicación 8, caracterizado por que dicho lavado se realiza cuando $h_e \geq h_p + 10$ a 50% (h_p), ventajosamente $h_e \geq h_p + 10$ a 20% (h_p), representando h_e la altura del lecho expandido sucio y h_p la altura del lecho lavado.

10. Procedimiento de descontaminación según la reivindicación 8 o 9, caracterizado por que dicho lavado comprende una fase de expansión y una fase de decantación, consistiendo dicha fase de expansión en aplicar al lecho de carbón activado una velocidad de expansión ascensional de 20 a 50 $m^3/m^2.h$, y más ventajosamente de 30 $m^3/m^2.h$, que permite la separación del carbón activado granular de las materias en suspensión presentes en las aguas.

11. Procedimiento de descontaminación según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que la duración de dicha fase de expansión está comprendida entre 5 y 15 minutos, ventajosamente entre 7 y 11 minutos, y ventajosamente por que dicho lavado se realiza de 1 a 7 veces por semana, aún más ventajosamente de 1 a 3 veces por semana.

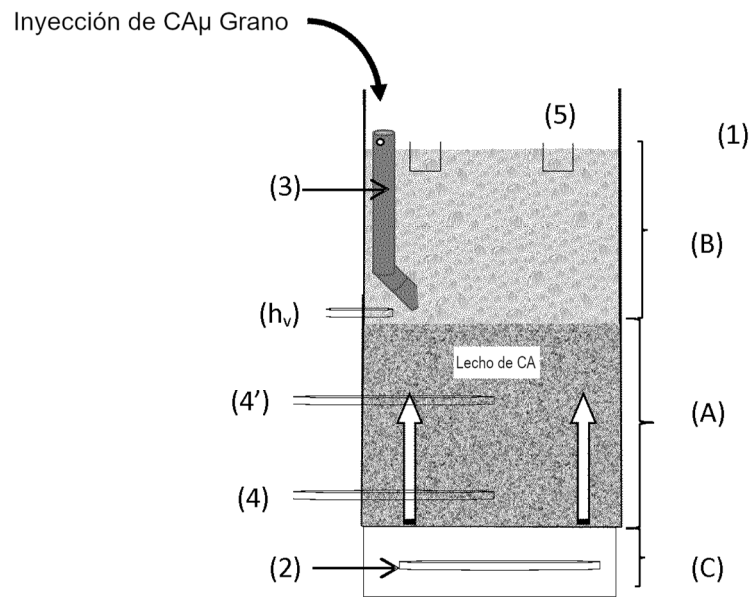


Figura 1

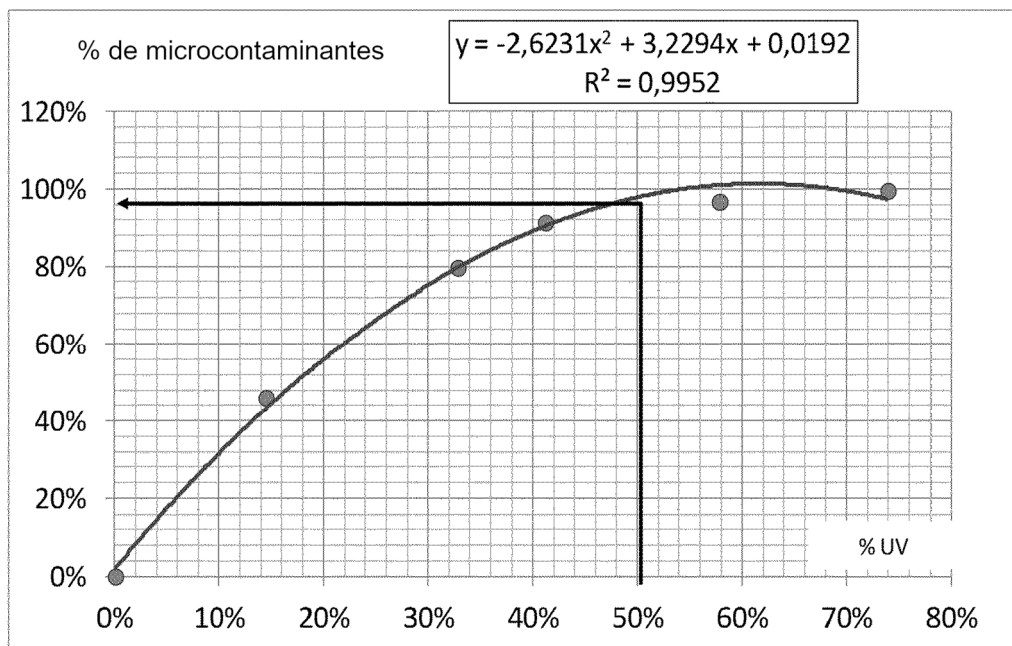


Figura 2

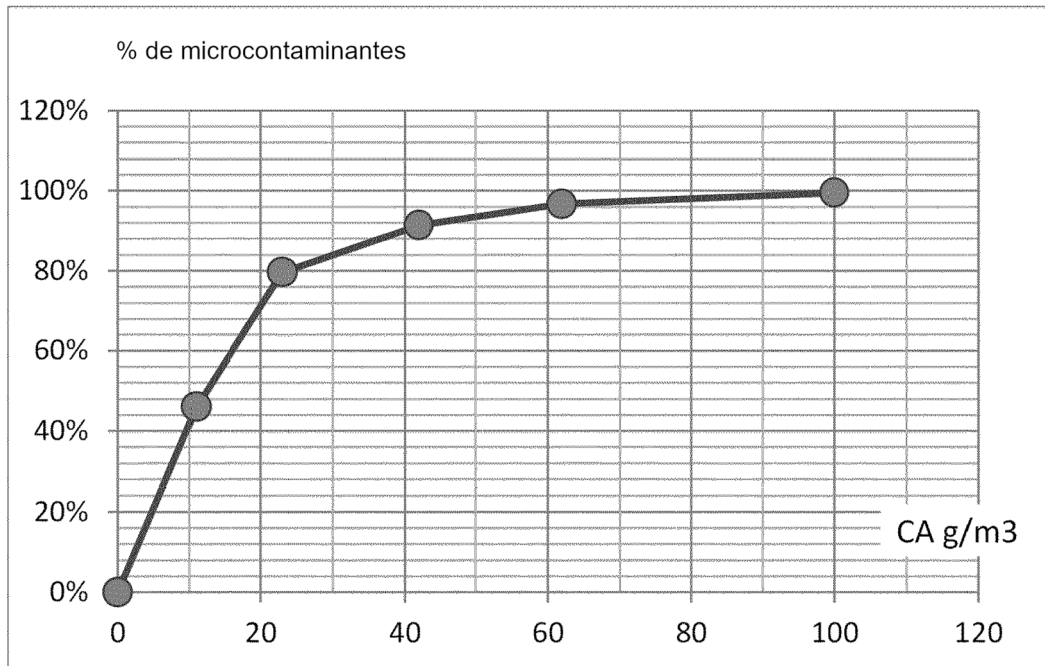


Figura 3

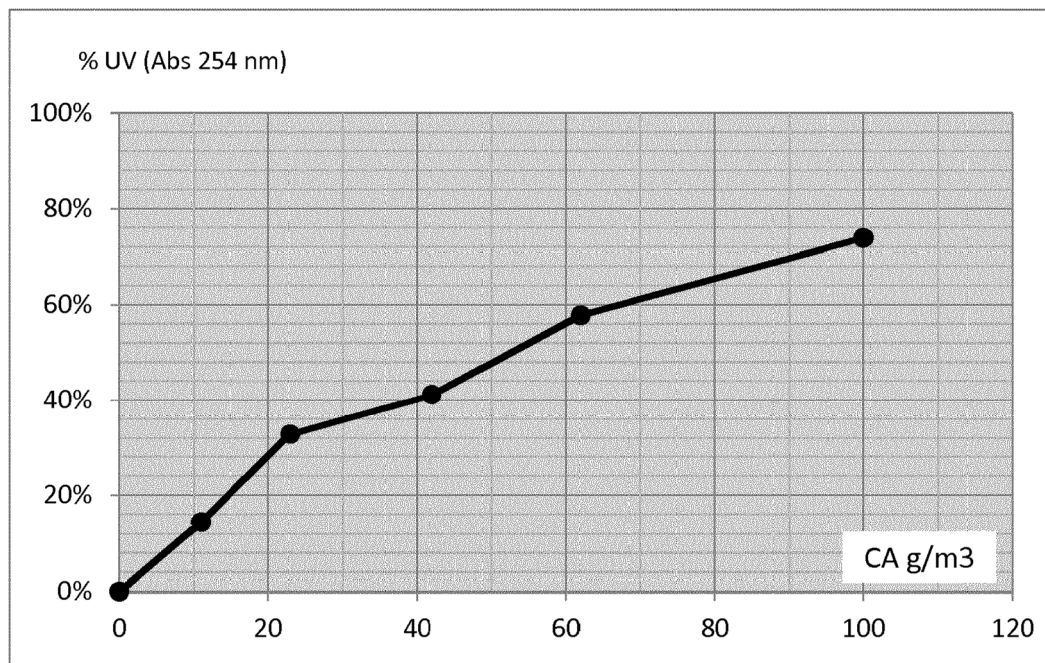


Figura 4

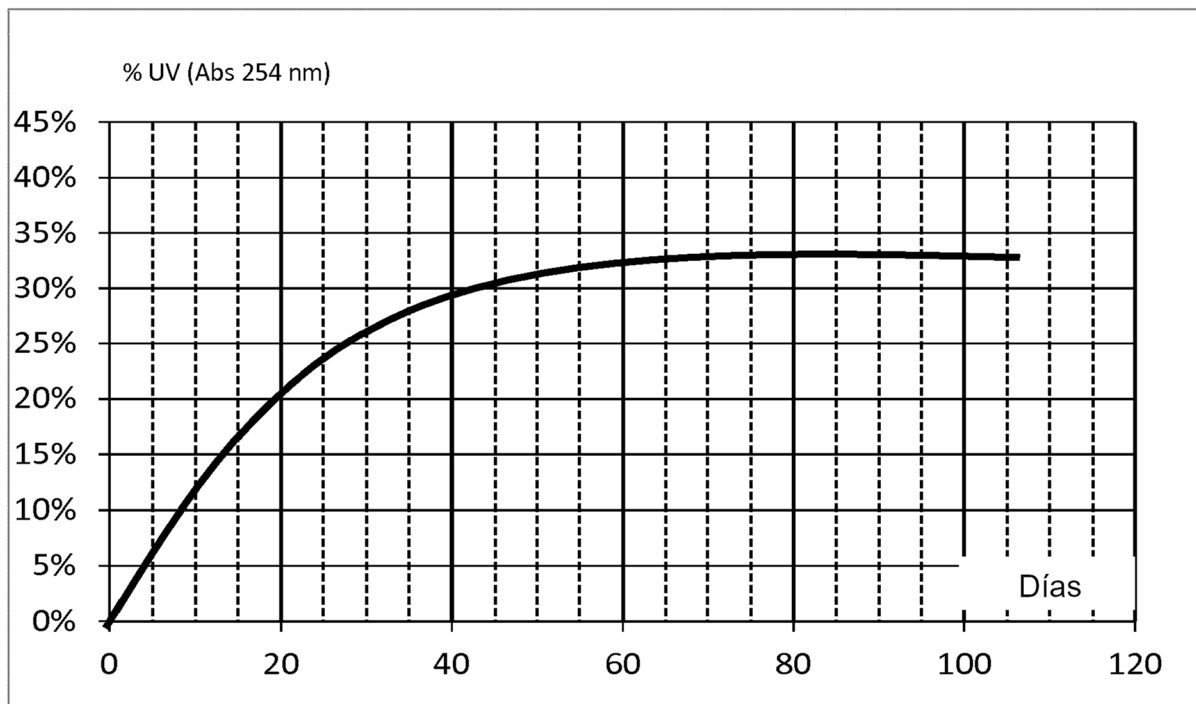


Figura 5

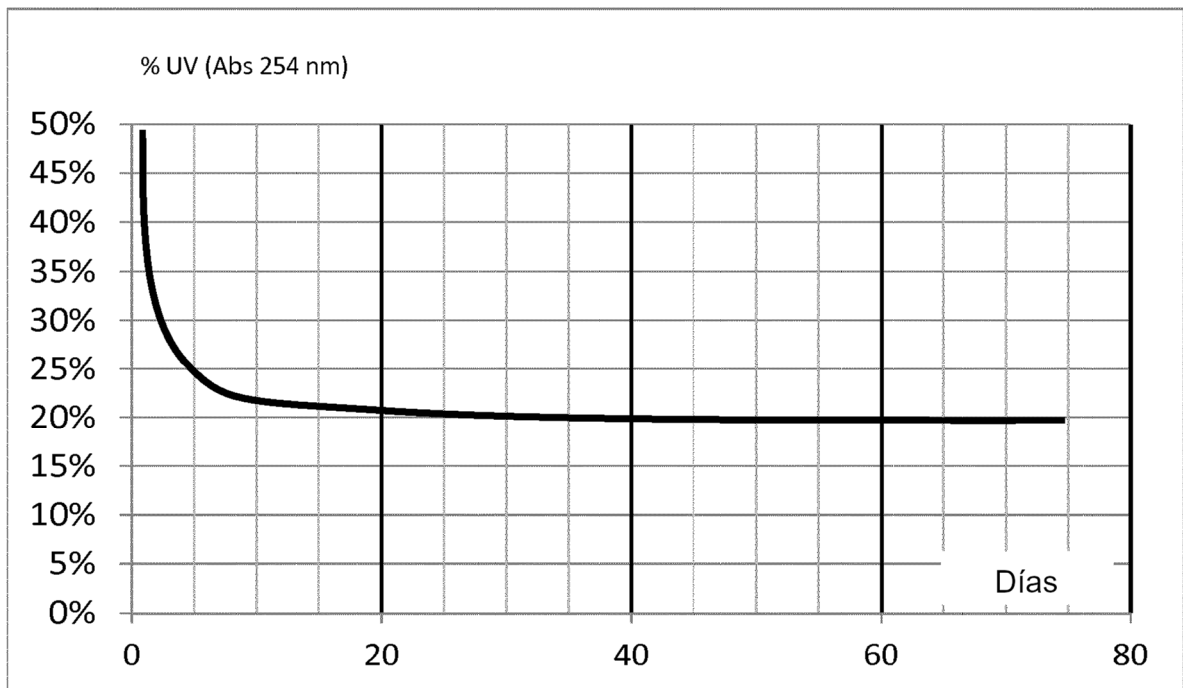


Figura 6

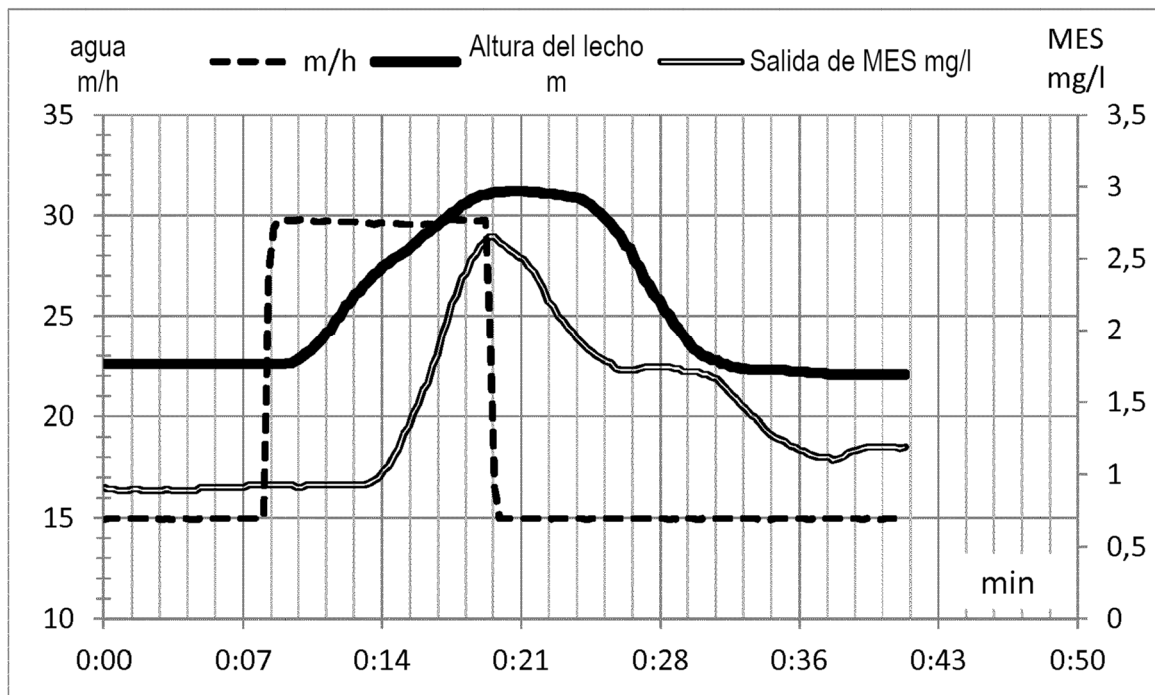


Figura 7

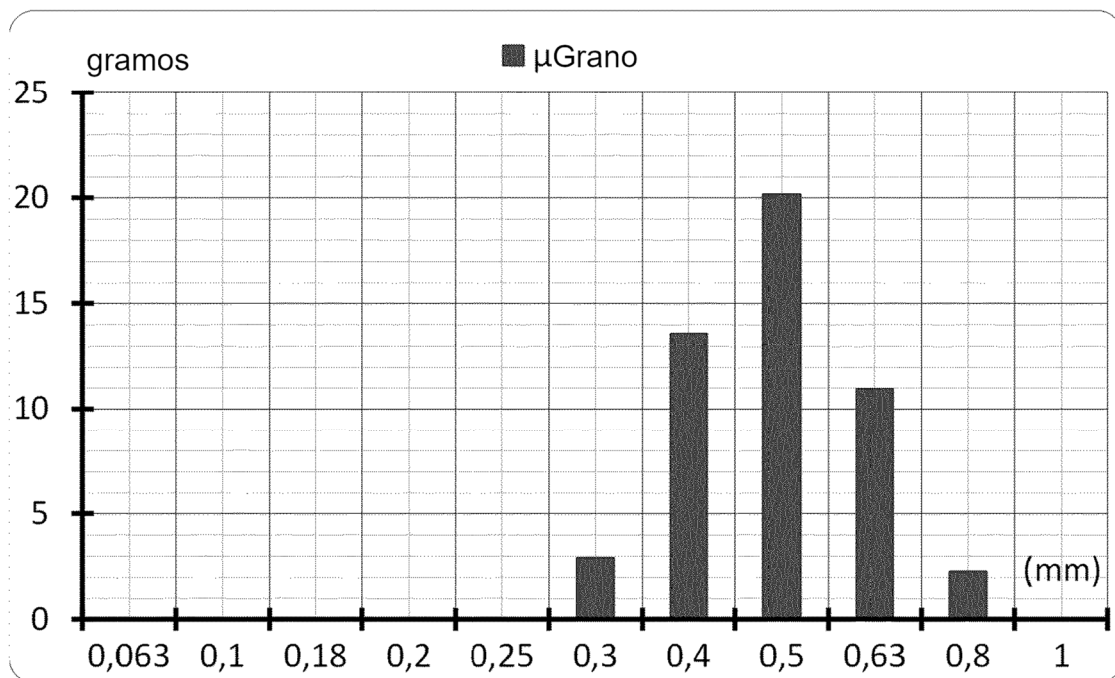


Figura 8

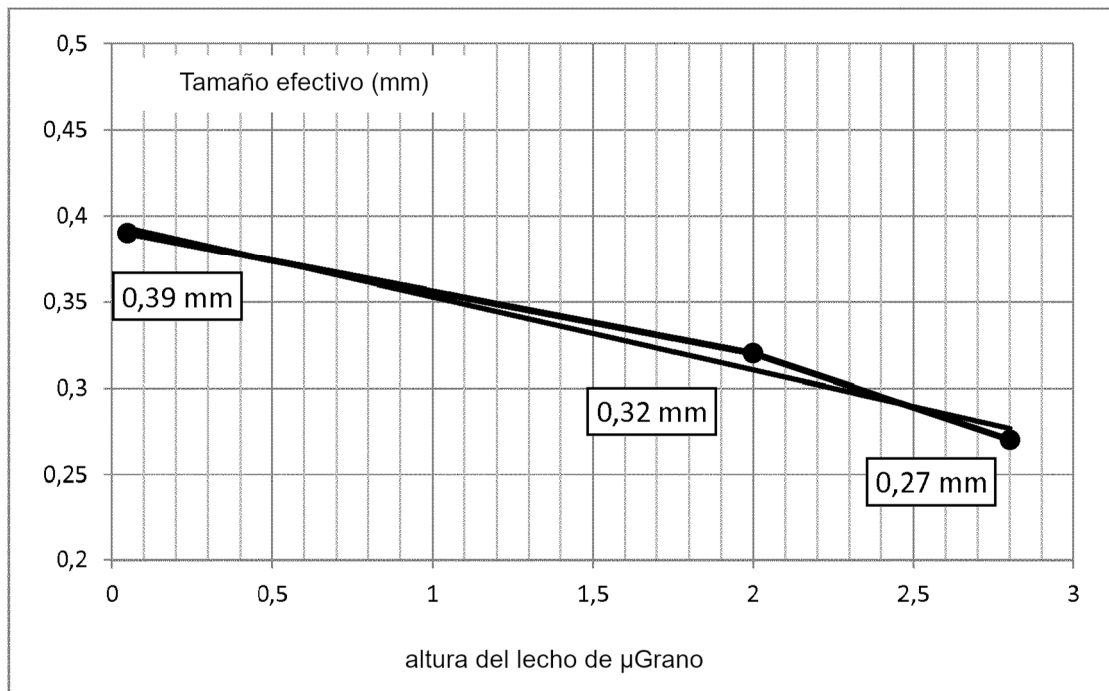


Figura 9