

**SISTEMA DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y PROCEDIMIENTO
DE TRATAMIENTO DE AGUAS Y LODOS**

El campo de la presente invención es el del tratamiento de aguas
5 residuales, particularmente de pequeñas y medianas colectividades. Más en
particular, la invención se refiere a un dispositivo de depuración de aguas
residuales que permite favorecer la mineralización de los lodos que se acumulan
en la superficie de dicho dispositivo y/o la reducción de la contaminación disuelta
y, más particularmente, el tratamiento del nitrógeno mediante nitrificación y/o
10 nitrificación-desnitrificación. La invención se refiere igualmente a procedimientos
de depuración que usan tal dispositivo y, específicamente, a un procedimiento
de mineralización de los lodos.

De forma general, el saneamiento de aguas residuales se entiende como el
conjunto de técnicas destinadas a recoger las aguas residuales, evacuarlas, y
15 tratarlas a fin de reducir las contaminaciones hasta un nivel aceptable para el
medio receptor. Generalmente se determinan varios contaminantes, entre los
cuales están las materias en suspensión, responsables principalmente del
aspecto turbio o de la turbidez de las aguas residuales; las materias oxidables,
específicamente las materias orgánicas oxidables, las cuales consumen el
20 oxígeno disuelto en el agua y pueden provocar la asfixia de los organismos
vivos; los compuestos nitrogenados responsables, junto con las materias
fosforadas, de la eutrofización de los estanques. Asimismo, el tratamiento de
aguas residuales requiere una serie de etapas sucesivas cada una de las cuales
se dirige a un tipo de contaminante particular.

25 Para tal fin, la mayoría de los dispositivos de tratamiento de aguas

residuales mediante filtros plantados con cañas actualmente en uso están constituidos esencialmente por dos filtros distintos que funcionan en serie y alimentados por lotes, que constituyen, respectivamente, un primer y un segundo estrato de tratamiento. El primer estrato de tratamiento permite
5 principalmente retener la fracción decantable de la contaminación, las materias en suspensión, de naturaleza orgánica y mineral, sobre la superficie del filtro. El segundo estrato de tratamiento se dirige en particular a reducir la contaminación en forma disuelta o coloidal. El segundo estrato permite principalmente degradar la contaminación orgánica y amoniacal disuelta, por una parte en fracciones
10 oxidadas llevando, a través del metabolismo bacteriano en condiciones aerobias, a la producción de CO_2 y H_2O (materia orgánica) y nitratos y, por otra parte, en una fracción que comprende nuevas células bacterianas, denominadas habitualmente "lodos de depuración". Un tercer estrato de tratamiento se puede aplicar, en ciertos casos, para eliminar los nitratos, antes del vertido de los
15 efluentes tratados al medio ambiente. La eliminación del nitrógeno total se realiza generalmente mediante etapas de nitrificación-desnitrificación durante las cuales el nitrógeno orgánico presente en las aguas residuales se transforma en nitrógeno amoniacal (NH_4^+) después en nitritos, nitratos y nitrógeno gaseoso (N_2), a lo largo de una sucesión de etapas que se caracterizan por condiciones
20 de disponibilidad de oxígeno diferentes. La etapa de nitrificación, en medio aerobio, consiste en la oxidación del nitrógeno amoniacal en nitritos NO_2^- después en nitratos NO_3^- , bajo la influencia de bacterias nitrosas y nítricas. La etapa de desnitrificación, debida a la acción de bacterias desnitrificantes heterótrofas en medio anóxico, reduce los nitratos a nitrógeno gaseoso N_2 , que
25 se libera, por tanto, a la atmósfera. Lo más frecuente es que, debido a las

diferencias de las condiciones ambientales necesarias para un buen desarrollo, las etapas de nitrificación y de desnitrificación se efectúen en instalaciones distintas.

La multiplicación de las etapas de tratamiento de las aguas residuales
5 necesarias para llegar al nivel de descontaminación exigido por las normas medioambientales lleva a una multiplicación de las etapas de tratamiento, particularmente si se pretende el tratamiento del nitrógeno total. A ello le sigue un aumento de la superficie de suelo dedicada al tratamiento de las aguas, lo que afecta al coste de la instalación y, en menor medida, al coste de gestión de
10 las estaciones de depuración. Además, en función de la naturaleza del terreno (presencia de desniveles importantes, zonas costeras, etc.) tales instalaciones pueden ser difíciles de establecer.

Por tanto, cada vez es más necesario poder reducir el tamaño general de las instalaciones dedicadas al tratamiento de aguas residuales, sin que afecte al
15 nivel de descontaminación final.

Trabajando en las problemáticas del tamaño de las instalaciones de las estaciones de depuración para colectividades, los inventores han descubierto que es posible acelerar la mineralización de los lodos que se acumulan en la superficie del primer estrato de tratamiento, recibiendo las aguas residuales
20 brutas, y aumentando el aporte de oxígeno por medio de un sistema de aireación forzada. Además, han llegado a reducir considerablemente el tamaño general del dispositivo de tratamiento de aguas residuales situando el segundo estrato de tratamiento directamente debajo del primer estrato de tratamiento. Al efectuar esto, los inventores han puesto a punto un dispositivo de tratamiento de aguas
25 residuales en el que el sistema de aireación forzada, dispuesto en el fondo de

dicho dispositivo, permite aportar oxígeno a los dos estratos de tratamiento superpuestos. En el dispositivo de acuerdo con la invención, el aporte de oxígeno al nivel del segundo estrato, o estrato inferior, permite asegurar condiciones de oxigenación necesarias y suficientes para un tratamiento intenso de la contaminación disuelta así como para la nitrificación completa o casi completa del nitrógeno; mientras que el oxígeno, al subir a la superficie, favorece la mineralización de los lodos que se acumulan en la superficie del filtro plantado. Asimismo, es posible adaptar la configuración del dispositivo de tratamiento de acuerdo con la invención, a fin de alternar las fases aerobias y anóxicas en el filtro o los filtros del segundo estrato, y permitir de este modo la desnitrificación de los nitratos. De forma ventajosa, las poblaciones bacterianas desnitrificantes son de tipo facultativas, es decir, aptas para pasar de una respiración a la otra a fin de poder usar, cuando el O_2 es insuficiente, el oxígeno de los nitratos (NO_3^-). En cuanto a las bacterias nitrificantes, a estas no les afectan las condiciones anóxicas. Así, las bacterias nitrificantes y desnitrificantes se pueden mantener en el seno del segundo estrato, independientemente de cuáles sean las condiciones (aerobias, anóxicas) en el seno de dicho segundo estrato. El dispositivo de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con la invención permite, por tanto, en el seno de una única y misma estructura, la implementación del conjunto de las etapas de tratamiento, las cuales se efectúan normalmente en estructuras distintas. Los inventores también han destacado que la utilización de un sistema de aireación forzada en un dispositivo de tratamiento de aguas residuales que comprende un estrato con flujo horizontal interviene en la eliminación, al menos parcial, de los gérmenes patógenos potencialmente presentes en el efluente en tratamiento. Esta etapa de

eliminación de gérmenes patógenos es particularmente interesante en el marco del tratamiento de aguas residuales con el dispositivo de acuerdo con la invención, ya que la presencia del segundo estrato, al nivel del cual el flujo es al menos parcialmente horizontal, combinado con la aireación forzada favorece la
5 eliminación de estos gérmenes patógenos.

La invención, por tanto, tiene como objeto un dispositivo de depuración de aguas residuales de tipo masa filtrante que comprende un primer estrato de cultivo fijo drenado libremente, dispuesto directamente por encima de un
segundo estrato de cultivo fijo sobre un sustrato de fino a grueso saturado de
10 agua, y un sistema de aireación forzada que se extiende por debajo del segundo estrato.

La invención también tiene por objetivo un procedimiento de tratamiento de aguas residuales que usa el dispositivo de depuración de aguas residuales de la invención, de acuerdo con el cual se alimenta el primer estrato con efluente
15 bruto, comprendiendo dicho procedimiento:

una fase (A) de mineralización de los lodos que se acumulan en la superficie del primer estrato;

una fase (B) de degradación aerobia y eventualmente anóxica de la contaminación disuelta al nivel del segundo estrato;

20 una fase (C) de evacuación de las aguas tratadas.

Por supuesto, es posible obtener un inicio de la degradación aerobia de la contaminación disuelta al nivel del cultivo fijo del primer estrato. No obstante, la degradación, y especialmente la nitrificación, se producen mayoritariamente al nivel del segundo estrato.

25 El dispositivo de acuerdo con la invención está especialmente adaptado

para el tratamiento de aguas residuales procedentes de pequeñas y medianas aglomeraciones, es decir, colectividades con menos de 10 000 habitantes equivalentes (HE) y, lo más frecuente, de 50 a 2000 HE. Por supuesto, el dispositivo de acuerdo con la invención puede servir también para el tratamiento
5 de aguas residuales procedentes de aglomeraciones mayores, así como para el tratamiento de aguas residuales industriales, aguas pluviales, efluentes agroalimentarios, etc.

De acuerdo con la invención, el dispositivo comprende sucesivamente, en altura, un primer estrato plantado y libremente drenado, un segundo estrato
10 saturado de agua y un fondo que recibe el sistema de aireación forzada. En el contexto de la invención, el espesor, o altura, se entiende como la dimensión que se extiende esencialmente en vertical con relación a una superficie sobre la que reposa el dispositivo. Así, cuando el dispositivo se alimenta con efluente, el agua es percolada a través del primer estrato, y alcanza después el segundo estrato, o
15 estrato inferior, antes de ser evacuada por el fondo fuera del dispositivo.

El sistema de aireación forzada, por su parte, está adaptado para inyectar aire desde el fondo del dispositivo, de modo que el oxígeno atraviesa el segundo estrato antes de alcanzar el primer estrato y después el aire libre. En una realización particular, el sistema de aireación permite inyectar entre 100 y 300 g
20 de $O_2/m^2/día$. De una forma general, el experto en la materia sabrá adaptar el caudal a los rendimientos deseados.

El primer estrato, o estrato superior, consiste en al menos un filtro plantado, preferentemente con macrófitos y, más preferentemente con cañas, que comprende ventajosamente sustratos finos. El primer estrato puede comprender
25 ventajosamente dos o más filtros en paralelo que se podrán alimentar, de forma

convencional, en alternancia.

En una realización particular, el primer estrato presenta un espesor, o altura, comprendido preferentemente entre 10 y 50 cm. De forma convencional, el primer estrato puede constar de una capa de material en partículas filtrante, tal como grava con una granulometría comprendida entre 2 y 8 mm, o entre 2 y 4 mm, una capa de puzolana con una granulometría comprendida entre 2 y 8 mm, o cualquier otro sustrato de fijación adaptado. La selección del material en partículas está al alcance del experto en la materia.

De una forma general, el primer estrato del dispositivo de acuerdo con la invención es apta para recibir el efluente bruto, preferentemente el efluente bruto desbastado con rejilla, es decir, desprovisto simplemente de los macrorresiduos.

De acuerdo con la invención, el primer estrato está drenado libremente, de modo que a la llegada de un lote de efluente, el agua se reparte por la superficie del filtro alimentado, y después es percolada verticalmente de manera uniforme en dirección al fondo. Los lodos se acumulan sobre la superficie del filtro. El aporte de oxígeno desde el fondo del dispositivo gracias al sistema de aireación forzada permite optimizar la mineralización de los lodos en CO_2 , H_2O , sal, etc. El dispositivo de acuerdo con la invención permite de este modo reducir, incluso suprimir, los riesgos de colmatación. Así, es posible, de acuerdo con la invención, aplicar cargas mayores que en un primer estrato convencional, y/o aumentar la fase de alimentación de un filtro. Por ejemplo, mientras que un primer estrato convencional se dimensiona generalmente para 300 g de $\text{DQO}/\text{m}^2/\text{día}$ con respecto a la superficie del filtro en operación, con el dispositivo de acuerdo con la invención es posible aumentar la carga por unidad de superficie aplicada al filtro del primer estrato a valores claramente superiores,

específicamente al menos iguales a 600 g de DQO/m²/día (DQO: demanda química de oxígeno).

El agua que es percolada a través del primer estrato para llegar al segundo estrato experimenta ventajosamente un inicio de tratamiento de las
5 contaminaciones disueltas por la biomasa bacteriana aerobia fijada sobre los sustratos.

El segundo estrato, o estrato inferior, está dispuesto directamente debajo del primer estrato. Dicho de otro modo, el cultivo fijo del primer estrato reposa sobre el cultivo fijo del segundo estrato.

10 Ventajosamente, el segundo estrato presenta un espesor, o altura, comprendido entre 100 y 200 cm. De acuerdo con la invención, el segundo estrato puede constar de una capa de material en partículas filtrante, tal como grava o puzolana, con una granulometría comprendida preferentemente entre 8 y 16 mm, o entre 10 y 20 mm, o entre 20 y 40 mm, o entre 30 y 60 mm. La
15 selección del material en partículas está al alcance del experto en la materia.

El segundo estrato está destinado a estar saturada de agua, de modo que se prevén medios de carga para asegurar el mantenimiento del nivel. Asimismo, en función de la configuración hidráulica seleccionada, es posible prever un flujo vertical y/u horizontal en el seno del segundo estrato. En una realización
20 particular, el segundo estrato comprende dos o más de dos filtros en paralelo, que podrán funcionar en alternancia. Ventajosamente, de acuerdo con un ejemplo de la invención, cuando el segundo estrato comprende al menos dos filtros, el agua que es percolada verticalmente en el seno de uno de los filtros es percolada después horizontalmente en el seno de todos o una parte de los filtros
25 adyacentes. Tal configuración es particularmente ventajosa ya que favorece la

eliminación de gérmenes patógenos que pueden estar presentes en el efluente en tratamiento.

De acuerdo con la invención, el agua que es percolada desde el primer estrato llega al segundo estrato. El tratamiento biológico de las contaminaciones
5 disueltas está favorecido por el aporte de oxígeno desde el fondo del dispositivo. Ventajosamente, las condiciones de oxigenación gracias al sistema de aireación forzada son tales que es posible obtener una nitrificación importante, incluso completa, del nitrógeno. Por nitrificación se entiende la oxidación del nitrógeno amoniacal a nitrito y después a nitrato por las bacterias nitrificantes. Por ejemplo,
10 la oxigenación en el seno del segundo estrato puede ser superior a 10 mg de O_2/l , en el límite de la concentración de saturación de O_2 (función de la temperatura y de la salinidad del agua), aunque está comprendida preferentemente entre más de 0 y 5 mg de O_2/l .

El sistema de aireación forzada es ventajosamente apto para funcionar en
15 modo continuo o discontinuo en el seno de un filtro. Por tanto, es posible alternar las condiciones aerobias y anóxicas en el seno de un filtro considerado. En una realización particular, el segundo estrato comprende un único filtro alimentado de forma secuencial por el sistema de aireación forzada. Así, tras una fase aerobia durante la cual el nitrógeno experimenta una nitrificación, es posible
20 obtener una fase anóxica propicia para la desnitrificación. Por desnitrificación se entiende la desnitrificación de los nitratos en nitrógeno molecular por bacterias desnitrificantes. Así, cuando el sistema de aireación forzada funciona de forma alternativa o secuencial, a fin de alternar las condiciones aerobias y anóxicas en el seno del segundo estrato, es posible obtener una fase (D) de desnitrificación al
25 nivel del segundo estrato en condiciones anóxicas y ventajosamente no

limitantes en carbono, antes de la fase (C) de evacuación. Se obtiene de este modo un tratamiento del nitrógeno total en el seno de un mismo filtro.

En otra realización, el segundo estrato comprende al menos dos filtros en paralelo. Ventajosamente, los filtros son alimentados con oxígeno de forma alternativa por el sistema de aireación forzada. Cuando un filtro del segundo estrato es alimentado con oxígeno por el sistema de aireación forzada, otro filtro del segundo estrato no es alimentado a fin de crear condiciones anóxicas y a la inversa. Se puede obtener de este modo una fase (D) de desnitrificación al nivel del filtro del segundo estrato en condiciones anóxicas. Para ello, se fuerza al agua ventajosamente a ser percoladas horizontalmente el filtro en condiciones aerobias hacia el filtro en condiciones anaerobias a través de la masa de grava, sustrato del cultivo fijo desnitrificante. Así, es posible obtener una nitrificación en el filtro en condiciones aerobias, seguida de una desnitrificación en el filtro en condiciones anaerobias o anóxicas.

El sistema de aireación forzada de acuerdo con la invención está dispuesto ventajosamente sobre el fondo del dispositivo, debajo del segundo estrato. Este puede, por tanto, alimentar con oxígeno el segundo estrato y después, mediante el oxígeno que sube hacia la superficie, el primer estrato. Se puede utilizar cualquier sistema que permita inyectar de forma controlada el aire. Por ejemplo, es posible utilizar un compresor o un soplador o cualquier otro dispositivo de compresión. En una realización particular, el sistema de aireación forzada emplea oxígeno atmosférico. A fin de garantizar un buen reparto del oxígeno en el dispositivo, el sistema de aireación forzada comprende ventajosamente una red de distribución repartida por toda la superficie del fondo del dispositivo. Por ejemplo, el sistema de aireación forzada comprende una red de tuberías

perforadas con orificios de liberación de oxígeno, extendiéndose dicha red por el fondo.

En una realización particular, el fondo del dispositivo comprende una o más capas drenantes, con una granulometría comprendida, por ejemplo, entre 10 y 30 mm. La red de tuberías de alimentación de oxígeno se puede disponer, por tanto, debajo de esta capa drenante. En otra realización, no se prevé ninguna capa drenante, realizándose el drenaje por medio del material en partículas del segundo estrato, cuya granulometría, por tanto, se selecciona para permitir dicho drenaje. En una primera realización, se dispone una red de drenaje de recuperación de las aguas tratadas en la base del filtro del segundo estrato, o en el fondo del dispositivo, para la fase (C) de evacuación de las aguas tratadas, fuera del dispositivo de tratamiento. En otra realización particular, la recuperación de las aguas tratadas se efectúa por medio de un drenaje de recuperación situado al otro lado del filtro en funcionamiento (al fondo y en un extremo del filtro), perpendicularmente al sentido del flujo en el filtro horizontal. Así, es posible obtener en el seno de un mismo filtro del segundo estrato un flujo vertical desde el primer estrato y un flujo horizontal en la dirección de la zona del filtro en la que está situado el sistema de recogida.

En una realización particular, el dispositivo de acuerdo con la invención consta de dos series de filtros en paralelo, destinados a funcionar en alternancia. Dicho de otro modo, el primer estrato y el segundo estrato constan cada una de dos o más filtros en paralelo. En este caso, puede ser interesante prever dos sistemas de recogida, dispuestos a un lado y a otro del dispositivo, de modo que permitan la evacuación de las aguas en dos lugares diferentes. Así, jugando con los sistemas de recogida, es posible permitir un flujo vertical y/u horizontal en el

seno del segundo estrato. Específicamente, es posible obtener un flujo vertical en un primer filtro del segundo estrato, y forzando la evacuación (C) por el sistema de recogida situado en el lado opuesto del primer filtro, obtener un flujo horizontal en un segundo filtro. Por otro lado, jugando con la aireación de los
5 filtros, es posible mantener el filtro que experimenta el flujo vertical en condiciones aerobias y el filtro que experimenta el flujo horizontal en condiciones anóxicas. De este modo se produce una nitrificación en el filtro en condiciones aerobias, seguido de una desnitrificación en el filtro en condiciones anóxicas. Se obtiene así, en el seno de un mismo dispositivo de tratamiento una
10 mineralización intensa de los lodos, una degradación biológica de las materias, o contaminaciones, disueltas, y un tratamiento del nitrógeno total (es decir, una nitrificación y una desnitrificación).

El dispositivo de acuerdo con la invención se puede utilizar igualmente de forma similar para la mineralización de los lodos, ya sean primarios o
15 secundarios. Así pues, la invención también tiene como objetivo un procedimiento de mineralización de los lodos, usando el dispositivo de depuración de aguas residuales de acuerdo con la invención, de acuerdo con el cual se alimenta el primer estrato con aguas residuales brutas y/o lodos, comprendiendo dicho procedimiento una fase (A) de mineralización de los
20 lodos/depósitos orgánicos que se acumulan en la superficie del primer estrato; una fase (B) de degradación aerobia de la contaminación disuelta al nivel del segundo estrato; opcionalmente una fase (D) de desnitrificación al nivel del segundo estrato; y una fase (C) de evacuación de las aguas tratadas.

La invención tiene también como objetivo la utilización de un dispositivo de
25 tratamiento secundario o terciario de las aguas residuales que comprende un

estrato con flujo horizontal destinado a recibir un efluente en tratamiento y un sistema de aireación forzada que se extiende preferentemente debajo de dicho estrato con flujo horizontal, para la eliminación, al menos parcial, de los gérmenes patógenos en dicho efluente.

5 La invención se comprenderá mejor mediante la lectura de la descripción que sigue y del examen de las figuras que la acompañan. Estas se presentan a título informativo y en absoluto limitante de la invención. Las figuras representan:

Figura 1: Una representación esquemática de una vista longitudinal de un dispositivo de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con un ejemplo de
10 realización de la invención;

Figura 2: Una representación esquemática de una vista longitudinal de un dispositivo de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con otro ejemplo de realización de la invención;

Figuras 3 y 4: Dos representaciones esquemáticas del dispositivo de
15 tratamiento de aguas residuales de acuerdo con la figura 2, funcionando de modo alternado.

Un primer ejemplo de realización del dispositivo de acuerdo con la invención se representa en la figura 1, que comprende al menos dos filtros en paralelo. La configuración del dispositivo así representado no permite la
20 desnitrificación, sino solamente la nitrificación.

El dispositivo 10 de tratamiento de aguas residuales comprende más precisamente un primer estrato 11 cada uno de cuyos filtros 12, 13 puede estar alimentado por lotes por medio de una alimentación 14 de aguas residuales
25 brutas. La superficie del primer estrato 11, plantada con cañas, retiene/filtra las materias en suspensión que contribuyen a la formación de la capa de lodos y

cuya acción mecánica de las plantas permite la permeabilidad. El primer estrato comprende también, bajo las cañas, un material en partículas filtrante. Directamente debajo del material en partículas filtrante del primer estrato se extiende el material en partículas filtrante dea segundo estrato 15. El segundo

5 estrato 15 está saturada de agua: un pozo de carga 16 permite mantener el nivel de agua.

Un sistema de aireación forzada 17 permite inyectar oxígeno en el dispositivo de tratamiento 10. Más precisamente, el sistema de aireación forzada comprende un compresor 18 y una red de canalizaciones 19 que se extiende por

10 el fondo 20 del dispositivo de tratamiento de las aguas 10. Por ejemplo, la red de canalizaciones 19 se extiende contra la geomembrana que recubre la superficie del suelo en el que está implantado el dispositivo. La red de canalizaciones 19 está constituida, por ejemplo, por una pluralidad de tuberías perforadas, para permitir la liberación del aire aportado por el compresor 18. Las tuberías están

15 espaciadas, por ejemplo, de 5 a 20 cm unas de otras para garantizar un buen reparto del oxígeno sobre toda la superficie del dispositivo. Un drenaje 21 se extiende igualmente por el fondo 20 del dispositivo 10 para recuperar las aguas tratadas y drenarlas hacia el exterior del dispositivo.

Con tal dispositivo 10 de tratamiento, las aguas residuales desbastadas

20 con rejilla que llegan al nivel de uno de los filtros 12, 13 del primer estrato 11 son percoladas verticalmente en dicho filtro 12. La mineralización de los lodos que se acumulan en la superficie del primer filtro 12 del primer estrato 11 es favorecida por la buena oxigenación de dicho filtro 12. En efecto, el sistema de aireación forzada 17 permite aumentar la oxigenación del filtro 12 y optimiza así la

25 mineralización de los lodos. Además, en la medida en que el segundo filtro 13

está en reposo, los lodos que no se han podido acumular en la superficie del segundo filtro 13 durante la fase de alimentación precedente pueden continuar mineralizándose y se evita así cualquier colmatación.

Tras haber sido percoladas verticalmente en el filtro 12 del primer estrato 11, las aguas son percoladas verticalmente en un primer filtro 22 del segundo estrato 15, situado debajo del primer filtro 12 del primer estrato 11. La degradación biológica que ha comenzado en el filtro 12 del primer estrato 11 continua en el filtro 22 del segundo estrato 15, comprendida la nitrificación, favorecida por la gran oxigenación de dicho filtro por medio del sistema de aireación forzada 17.

Las aguas tratadas son evacuadas mediante el drenaje 21 que se extiende por el fondo del dispositivo 10, a lo largo de los filtros 22 y 23 del segundo estrato 15. Se puede prever una pendiente en el fondo 20 del dispositivo 10, a un lado y a otro del drenaje 21, a fin de evitar las zonas de estancamiento.

Las figuras 2, 3 y 4 representan un segundo ejemplo de realización del dispositivo de acuerdo con la invención, que comprende igualmente dos series de filtros en paralelo.

El dispositivo 100 de tratamiento de las aguas comprende igualmente un primer estrato 101 cada uno de cuyos filtros 102, 103 puede estar alimentado por lotes por medio de una alimentación 104 de aguas residuales brutas desbastadas con rejilla. Un segundo estrato 105, saturada de agua, está situada directamente debajo del primer estrato 101. Dos pozos de carga 108, 109, dispuestos cada uno en un extremo del filtro 106, 107 del segundo estrato 105 permiten mantener el nivel de agua.

Un sistema de aireación forzada 110, apto para funcionar en alternancia,

permite inyectar oxígeno en el dispositivo de tratamiento 100, después en uno y/o en el otro de los dos filtros 106, 107 del segundo estrato 105. Por ejemplo, un sistema de válvulas (no representado) permite alimentar oxígeno alternativamente a una red de tuberías que se extienden por debajo del primer
5 filtro 106 del segundo estrato 105 o una red de tuberías que se extienden por debajo del segundo filtro 107 de dicho segundo estrato 105.

Los pozos de carga 108, 109 permiten igualmente recoger las aguas tratadas. Estos sistemas de recogida pueden funcionar de forma alternativa, a fin de recuperar las aguas tratadas después de uno u otro de dichos sistemas.

10 El dispositivo 100 se puede utilizar ventajosamente tal como se describe en el presente documento: Un lote de efluente bruto desbastado con rejilla se dirige hacia el primer filtro 102 del primer estrato 101 (figuras 2 y 3). Las aguas residuales son percoladas verticalmente en dirección del primer filtro 106 del segundo estrato 105. En este caso también, la mineralización de los lodos que
15 se acumulan en la superficie del primer filtro 102 es favorecida por la buena oxigenación de dicho filtro 102. El segundo filtro 103 del primer estrato 101, por su parte, se encuentra en reposo.

El sistema de aireación forzada 110 inyecta ventajosamente oxígeno solo al nivel del primer filtro 106 del primer estrato. Así, dicho primer filtro 106 está en
20 condiciones aerobias, mientras que el segundo filtro 107 está en condiciones anóxicas.

Tras haber sido percoladas verticalmente en el filtro 102 del primer estrato 101, las aguas son percoladas verticalmente en el primer filtro 106 del segundo estrato 105, situado debajo del primer filtro 102 del primer estrato 101. Las
25 condiciones en el seno del primer filtro 106 del segundo estrato 105 se reúnen

para permitir el tratamiento de las contaminaciones disueltas, comprendida la nitrificación.

El sistema de recogida 109 situado al otro lado del primer filtro 106 del segundo estrato 105 está en funcionamiento, mientras que el sistema de recogida 108 situado cerca de dicho primer filtro 106 no funciona (válvula cerrada). Así, para ser evacuadas, las aguas tratadas deben transitar por el segundo filtro 107 del segundo estrato 105, en el que van a ser percoladas horizontalmente. Debido a que el segundo filtro 107 está en condiciones anóxicas, se puede producir, por tanto, la nitrificación de los nitratos. Se obtiene así, a la salida del dispositivo 100, un tratamiento del nitrógeno total.

Durante el ciclo de alimentación siguiente (figura 4), es el segundo filtro 103 del primer estrato 101 el que es alimentado, y el primer filtro 101, por su parte, se deja en reposo. El sistema de aireación forzada 110 cambia igualmente de zona de inyección del oxígeno, de modo que el primer filtro 106 del segundo estrato 105 se encuentra en condiciones anóxicas, mientras que el segundo filtro 107 de dicho segundo estrato 105 está en condiciones aerobias. Asimismo, el sistema de recogida activado se invierte. Las aguas tratadas son evacuadas por el sistema 108 situado al otro lado del segundo filtro 107 de modo que las aguas que son percoladas verticalmente en el segundo filtro 107 son percoladas también horizontalmente en el primer filtro 106 antes de ser evacuadas.

De este modo es posible alternar los ciclos de fases de aeración activas y fases de reposo en las series de filtros 102, 106 y 103, 107.

De acuerdo con la invención, es posible prever más series de filtros en paralelo, por ejemplo, tres, cuatro, etc., particularmente a fin de espaciar los tiempos de actividad de cada uno de los filtros.