



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 204**

51 Int. Cl.:
C02F 3/12 (2006.01)
C02F 3/28 (2006.01)
C02F 3/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03761613 .3**
96 Fecha de presentación : **11.06.2003**
97 Número de publicación de la solicitud: **1517862**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.03.2005**

54 Título: **Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente.**

30 Prioridad: **28.06.2002 FR 02 08108**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.07.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.07.2011

73 Titular/es: **Syndicat Interdepartemental pour
l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne
2, rue Jules Cesar
75012 Paris, FR**

72 Inventor/es: **Krier, Jean**

74 Agente: **Veiga Serrano, Mikel**

ES 2 363 204 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).

DESCRIPCION

Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente

5 **Sector de la técnica**

La invención se refiere a un procedimiento de tratamiento biológico de un efluente con vistas a su depuración, en particular en el campo del tratamiento de aguas residuales principalmente urbanas.

10 Existen diversos procedimientos de tratamiento biológicos de la contaminación de aguas principalmente urbanas. Estos tratamientos se basan en la facultad de la que dispone la biomasa de eliminar la contaminación biodegradable ya sea asimilándola en la floculación bacteriana, ya sea transformándola en moléculas gaseosas (CO₂ para la contaminación carbonada; N₂ para la contaminación nitrogenada mediante la nitrificación del nitrógeno para dar nitratos mediante la biomasa nitrificante, después la desnitrificación de los nitratos para dar nitrógeno atmosférico mediante la biomasa desnitrificante). Estos tratamientos pueden ser extensos, y se basan entonces en la capacidad de tratamiento de las bacterias presentes en el agua urbana, con ayuda del oxígeno aportado por los intercambios con la atmósfera (generalmente mediante insuflación de aire) y de la fotosíntesis (generalmente mediante depuración en estanques). Estos tratamientos pueden ser intensos, y recurren entonces al uso de cultivos bacterianos, artificiales, que "consumen" las materias contaminantes. Se distinguen tres categorías de procedimientos biológicos artificiales. En primer lugar, se distinguen las instalaciones de "cultivos libres", en las que el cultivo bacteriano se mantiene en suspensión en la corriente de aguas residuales que va a tratarse, de las que forman parte las instalaciones de "lodos activados", sistema de depuración aerobia en un baño aireado y con agitación. En segundo lugar, se distinguen las instalaciones de "cultivos fijos", en las que el cultivo bacteriano, también denominado "biopelícula", "película biológica" o "biomasa", descansa sobre un soporte fijo (canto rodado, plástico, medio granular fino). En tercer lugar, se distinguen las instalaciones de "cultivos mixtos", es decir que comprenden suspensiones de bacterias fijadas sobre un soporte móvil tal como plástico.

Estos procedimientos conducen por tanto a la expulsión de un agua tratada; de moléculas gaseosas (principalmente CO₂ y N₂ en tratamiento aerobio, pero también CH₄ en tratamiento anaerobio), que se envían a la atmósfera, directamente o de manera eventual tras la combustión; de lodos en exceso, principalmente constituidos por la biomasa producida durante el tratamiento; y por contaminación decantable no biodegradable.

Estado de la técnica

35 La solicitud de patente EP-A2-0.979.803 describe un procedimiento de tratamiento de un efluente mediante desnitrificación, que comprende una zona de tratamiento de nitrificación aerobia, que también permiten una determinada descomposición orgánica, seguido por una zona de tratamiento de desnitrificación anaerobia que comprende una zona de filtro. Dicha zona de tratamiento de desnitrificación anaerobia realiza la transformación de los sulfatos en sulfuros, después la transformación heterótrofa de los nitratos en gas nitrógeno y en paralelo la transformación de los sulfuros en sulfatos. En la práctica, la presencia de nitratos en la zona de tratamiento de desnitrificación anaerobia va a plantear un problema con el tiempo ya que el potencial de oxidorreducción o potencial redox en el reactor es difícilmente compatible con la actividad de las bacterias de sulfatorreducción. Además la producción de sulfuros a partir de sulfatos sólo puede realizarse, con las bacterias generalmente usadas, en presencia de carbono. Ahora bien, se ha consumido prácticamente la totalidad del carbono en la primera etapa. Por tanto es excesivamente difícil producir sulfuros en la zona de desnitrificación. Por ello se propone introducir sulfuros en esta zona, lo que es poco cómodo y poco deseable en cuanto a la seguridad y los malos olores.

La solicitud de patente WO 00/27.763 describe una instalación de tratamiento de aguas que comprende uno o dos reactores anaerobios de flujo ascendente, con mezclador, seguidos por un reactor aerobio. El/los primer(os) reactor(es) anaerobio(s) realiza(n) una sulfatorreducción en medio estrictamente anaerobio. Se anuncia que el efluente que sale de la instalación está libre de la contaminación (N, P) mediante acción biológica, y de los metales pesados y de las materias tóxicas no biodegradables mediante acción fisicoquímica. Esta instalación comprende un dispositivo de circulación de lodo asociado al/a los reactor(es) anaerobio(s), lo que hace que el tratamiento sea más pesado. Por otro lado, un lodo de este tipo es rico en sulfuros, lo que plantea problemas de olor y seguridad.

Objeto de la invención

60 Como consecuencia, sigue existiendo la necesidad de realizar un tratamiento de efluente que logre a la vez descontaminar en cuanto al nitrógeno y en cuanto al carbono, al tiempo que produzca un efluente sin molestias olorosas, es decir según las prácticas de la profesión. El procedimiento de la invención permite ventajosamente responder a esa necesidad.

El procedimiento según la invención es un procedimiento de tratamiento biológico de un efluente con vistas a su depuración, que comprende el tratamiento de la mayor parte de dicho efluente, de manera preferible de prácticamente la totalidad de dicho efluente, en una primera etapa de tratamiento biológico anaerobio, de biomasa

fijada sobre un soporte móvil, proporcionando un primer efluente, comprendiendo la biomasa presente en la primera etapa al menos bacterias sulfatorreductoras, después el tratamiento de la mayor parte del primer efluente, de manera preferible de prácticamente la totalidad de dicho primer efluente, en una segunda etapa de tratamiento biológico anóxico, de biomasa fijada, proporcionando un segundo efluente, comprendiendo la biomasa presente en la segunda etapa al menos bacterias sulfooxidantes, y finalmente el tratamiento de la mayor parte del segundo efluente, de manera preferible de prácticamente la totalidad del segundo efluente, en una tercera etapa de tratamiento biológico aerobio, de biomasa fijada, proporcionando un tercer efluente depurado, comprendiendo la biomasa presente en la tercera etapa al menos bacterias nitrificantes, comprendiendo además dicho procedimiento una recirculación de una parte del efluente presente en la tercera etapa a la segunda etapa (en la que se trata).

Así, en la primera etapa de tratamiento biológico anaerobio, se realiza esencialmente, en presencia de bacterias sulfatorreductoras, una descontaminación mayoritaria de los compuestos carbonados que se transforman en un primer momento en ácidos volátiles, con una producción de CO_2 disuelto, sin expulsión de CO_2 a la atmósfera. Después dichos ácidos volátiles se asimilan en un segundo momento de manera prácticamente total por las bacterias sulfatorreductoras al mismo tiempo que se produce la transformación de prácticamente todos los sulfatos en sulfuros. En efecto, la transformación de la contaminación carbonada no avanza hasta la metanización porque es una etapa muy larga que se realiza en presencia de bacterias metanógenas. En la segunda etapa de tratamiento biológico anóxico, en ausencia de oxígeno, se produce esencialmente una desnitrificación, con transformación de prácticamente todos los nitratos que se recirculan, procedentes de la tercera etapa, en gas nitrógeno N_2 y en NO_3 , con una transformación en paralelo de prácticamente todos los sulfuros mediante sulfooxidación (desnitrificación autótrofa). Es lo que explica que no se necesite aporte de O_2 , ya que la transformación de los sulfuros en sulfatos es lo que permite reducir los nitratos en nitrógeno. Además, en esta segunda etapa, se produce de manera más ventajosa una reducción sensible de la contaminación carbonada. Finalmente, en la tercera etapa de tratamiento biológico aerobio, se produce una nitrificación aerobia, prácticamente en ausencia de carbono, que realiza la transformación de prácticamente todo el amoníaco en nitratos. La recirculación de una parte del efluente presente en la tercera etapa a la segunda etapa se realiza o bien a partir del efluente presente en la tercera etapa que se extrae, o bien a partir del tercer efluente que sale de la tercera etapa. Vuelve a ponerse en circulación en la segunda etapa, preferiblemente en la entrada de la segunda etapa mediante mezclado con el segundo efluente. Ventajosamente, una recirculación de este tipo permite disminuir la tasa de nitratos que salen en el tercer efluente.

De manera ventajosa, prácticamente ningún efluente gaseoso, aparte del nitrógeno en la segunda etapa, se emite en las etapas primera y segunda del procedimiento según la invención. En particular el CO_2 generado durante la primera etapa está disuelto generalmente en el primer efluente.

Ventajosamente, un procedimiento de este tipo permite efectuar un tratamiento de efluente logrando a la vez descontaminar en cuanto a nitrógeno y en cuanto a carbono sin generar molestias olorosas particulares, esencialmente libre de cualquier contaminación por los sulfuros, al contrario que los documentos EP-A2 0.979.803 y WO 00/27.763.

Así, el procedimiento según la invención permite aprovechar de manera particularmente ventajosa el ciclo biológico de oxidorreducción del azufre, por un lado para eliminar la contaminación carbonada sin aporte de oxígeno, y por otro lado para garantizar una desnitrificación autótrofa sin fuente de carbono.

De manera particularmente ventajosa, un procedimiento de este tipo también permite reducir fuertemente el consumo de oxígeno para reducir la contaminación carbonada. En efecto, la contaminación carbonada se elimina mayoritariamente en las dos primeras etapas de tratamiento biológico, en anaerobiosis y en anoxia.

Además, dado que se reduce la demanda de oxígeno, los caudales de aire expulsado a la atmósfera se disminuyen y comprenden menos, incluso prácticamente nada, de CO_2 . Como consecuencia, es una ventaja para el medio ambiente ya que se conoce la toxicidad de CO_2 como gas de efecto invernadero.

El procedimiento según la invención permite más ventajosamente limitar el tipo de lodos que van a tratarse a los extraídos de una decantación aguas abajo, ya que prácticamente todas las MES (materias en suspensión) pasan a través del sistema sin necesitar extracción de lodos complementaria (asociada al procedimiento según la invención) como en la solicitud de patente WO 00/27.763, y sin dificultar el buen funcionamiento del procedimiento.

Finalmente, el procedimiento según la invención permite de manera ventajosa una baja producción de lodos con respecto a los sistemas clásicos aerobios de reducción de la contaminación carbonada. En efecto, los sistemas bacterianos anaerobios y aerobios nitrificantes son poco energéticos, con tasas de crecimiento muy bajas.

Por otro lado, la energía aportada para la primera etapa se limita esencialmente a una energía de agitación, lo que permite un ahorro de energía con respecto a los sistemas convencionales aerobios. Esta combinación interesante de ahorro de energía y de disminución notable de expulsión a la atmósfera de CO_2 , se encuentra particularmente bien dentro del contexto de una política de desarrollo sostenible.

Según un modo de realización de la invención, la mayor parte, de manera preferible prácticamente la totalidad, del efluente que va a tratarse en dicho procedimiento se tamiza y/o decanta, preferiblemente se tamiza, en una etapa previa a dicho procedimiento de tratamiento.

5 Según un modo de realización preferido de la invención, la mayor parte, de manera preferible prácticamente la totalidad, del tercer efluente procedente de dicho procedimiento se decanta.

La biomasa presente en la primera etapa comprende al menos bacterias sulfatorreductoras. Estas bacterias se eligen generalmente del grupo formado por las bacterias de tipo *Desulfovibrio* y *Desulfatomaaculum*.

10 La biomasa presente en el reactor de la segunda etapa comprende al menos bacterias sulfooxidantes. Esas bacterias se eligen generalmente del grupo formado por las bacterias de tipo *Thiothrix* y *Beggiatoa*.

15 La biomasa presente en la tercera etapa comprende al menos bacterias nitrificantes. Esas bacterias se eligen generalmente del grupo formado por las bacterias de tipo *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*.

20 En el caso de un soporte fijo, el soporte de la biomasa presente en la segunda y/o tercera etapa del procedimiento según la invención se elige generalmente del grupo formado por los materiales minerales, tales como las arenas y la puzolana, y los materiales sintéticos, tales como el BIOSTYRENE[®] comercializado por la sociedad OTV o el BIOLITE[®] comercializado por la sociedad DEGREMONT.

25 En el caso de un soporte móvil, el soporte de la biomasa presente en la primera, segunda y/o tercera etapa del procedimiento según la invención se elige generalmente del grupo formado por los materiales de plástico conocidos por el experto en la técnica. Como ejemplos comerciales de tales materiales de plástico, pueden mencionarse los materiales KMT 1, KMT 2 y AMT de la sociedad KALDNES, los materiales BIOLITE[®], BIOCUBE[®] y FLOCOR RMP de la sociedad DEGREMONT, o bien el material NATRIX MAJOR de la sociedad ANOX, así como el material BIOFLOW 9 de la sociedad CERA COM.

30 La segunda etapa de tratamiento anóxico es generalmente un tratamiento de biomasa fijada sobre un soporte fijo y/o móvil, preferiblemente fijo o móvil.

35 Según un modo de realización de la invención, la segunda etapa de tratamiento anóxico es un tratamiento de biomasa fijada sobre un soporte fijo. Por ejemplo, la biomasa es un biofiltro que comprende al menos bacterias sulfooxidantes. En un caso de este tipo, el efluente que va a tratarse en dicho procedimiento se decanta generalmente en una etapa previa a dicho procedimiento de tratamiento.

Según otro modo, preferido, de realización de la invención, la segunda etapa de tratamiento anóxico es un tratamiento de biomasa fijada sobre un soporte móvil.

40 La tercera etapa de tratamiento aerobio es generalmente un tratamiento de biomasa fijada sobre un soporte fijo y/o móvil, preferiblemente fijo o móvil.

45 Según un modo de realización de la invención, la tercera etapa de tratamiento aerobio es un tratamiento de biomasa fijada sobre un soporte fijo. Por ejemplo, la biomasa es un biofiltro que comprende al menos bacterias nitrificantes. En un caso de este tipo, el efluente que va a tratarse en dicho procedimiento se decanta generalmente en una etapa previa a dicho procedimiento de tratamiento.

Según otro modo, preferido, de realización de la invención, la tercera etapa de tratamiento aerobio es un tratamiento de biomasa fijada sobre un soporte móvil.

50 Según un modo de realización particularmente preferido de la invención, la segunda etapa de tratamiento anóxico es un tratamiento de biomasa fijada sobre un soporte móvil y la tercera etapa de tratamiento aerobio es un tratamiento de biomasa fijada sobre un soporte móvil. En un caso de este tipo, ventajosamente, la energía aportada es esencialmente una energía de agitación en las diferentes etapas.

55 Según un modo de realización preferido de la invención, la parte del efluente presente en la tercera etapa que se recircula a la segunda etapa se recircula a una tasa, con respecto al segundo efluente, del 50 al 150%, preferiblemente del 80 al 120%, de manera aún más preferida a aproximadamente el 100%, en volumen.

60 La invención se refiere finalmente a un procedimiento de tratamiento biológico de un efluente usando un dispositivo que comprende un primer reactor de tratamiento, de biomasa fijada sobre un soporte móvil, después un segundo reactor de tratamiento anóxico, de biomasa fijada, y finalmente un tercer reactor de tratamiento aerobio, de biomasa fijada, así como los medios de transporte de efluente al primer reactor, del primer al segundo reactor, del segundo al tercer reactor, y los medios de salida de efluente del tercer reactor, comprendiendo además dicho dispositivo al menos un medio de recirculación del tercer reactor al segundo reactor.

65

- 5 Dicho medio de recirculación es generalmente tal que puede recircular una parte del efluente que puede estar presente en el tercer reactor y/o una parte del efluente que puede salir del tercer reactor. El primer reactor comprende generalmente del 20 al 80%, preferiblemente del 40 al 60%, por ejemplo aproximadamente el 40%, en volumen, de soporte móvil. Este soporte se elige generalmente del grupo formado por los materiales de plástico conocidos por el experto en la técnica. Como ejemplos comerciales de tales materiales de plástico, pueden citarse los materiales KMT 1, KMT 2 y AMT de la sociedad KALDNES, los materiales BIOLITE[®], BIOCUBE[®] y FLOCOR RMP de la sociedad DEGREMONT, o bien el material NATRIX MAJOR de la sociedad ANOX, así como el material BIOFLOW 9 de la sociedad CERA COM.
- 10 Preferiblemente, un dispositivo de este tipo comprende además al menos un reactor de pretratamiento en el que la mayor parte, preferiblemente la totalidad, de dicho efluente que va a tratarse, se tamiza y/o decanta, preferiblemente se tamiza, antes de su entrada en dicho primer reactor.
- 15 Preferiblemente, un dispositivo de este tipo comprende además al menos un reactor de tratamiento posterior. En éste, la mayor parte, de manera preferible prácticamente la totalidad, del efluente que puede salir del tercer reactor, se decanta.
- 20 Según la invención, el primer reactor comprende una biomasa que comprende bacterias sulfatorreductoras. Esas bacterias se eligen generalmente del grupo formado por las bacterias de tipo *Desulfovibrio* y *Desulfatoculum*.
- Según un modo de realización preferido de la invención, el segundo reactor comprende una biomasa fijada sobre un soporte móvil.
- 25 Según otro modo de realización de la invención, el segundo reactor comprende una biomasa fijada sobre un soporte fijo. En un caso de este tipo, el dispositivo comprende además generalmente al menos un reactor de pretratamiento en el que la mayor parte, de manera preferible prácticamente la totalidad, del efluente que va a tratarse en el segundo reactor, se decanta antes de su entrada en dicho segundo reactor.
- 30 El segundo reactor comprende generalmente del 20 al 80%, preferiblemente del 40 al 60%, por ejemplo aproximadamente el 40%, en volumen, de soporte, fijo o móvil.
- En el caso de un soporte fijo, el soporte se elige generalmente del grupo formado por los materiales minerales, tales como las arenas y la puzolana, y los materiales sintéticos, tales como el BIOSTYRENE[®] comercializado por la
- 35 Sociedad OTV o el BIOLITE[®] comercializado por la sociedad DEGREMONT.
- En el caso de un soporte móvil, el soporte se elige generalmente del grupo formado por los materiales de plástico conocidos por el experto en la técnica. Como ejemplos comerciales de tales materiales de plástico, pueden citarse los materiales KMT 1, KMT 2 y AMT de la sociedad KALDNES, los materiales BIOLITE[®], BIOCUBE[®] y FLOCOR RMP de la sociedad DEGREMONT, o bien el material NATRIX MAJOR de la sociedad ANOX, así como el material BIOFLOW 9 de la sociedad CERA COM.
- 40 Según la invención, el segundo reactor comprende una biomasa que comprende bacterias sulfooxidantes. Esas bacterias se eligen generalmente del grupo formado por las bacterias de tipo *Thiotrix* y *Beggiatoa*.
- 45 Según un modo de realización de la invención, el tercer reactor comprende una biomasa fijada sobre un soporte móvil.
- Según otro modo de realización de la invención, el tercer reactor comprende una biomasa fijada sobre un soporte fijo. En un caso de este tipo, el dispositivo comprende además generalmente al menos un reactor de pretratamiento en el que la mayor parte, de manera preferible prácticamente la totalidad, del efluente que va a tratarse en el tercer reactor se decanta antes de su entrada en dicho tercer reactor.
- 50 El tercer reactor comprende generalmente del 20 al 80%, preferiblemente del 40 al 60%, por ejemplo aproximadamente el 40%, en volumen, de soporte, fijo o móvil.
- 55 En el caso de un soporte fijo, el soporte se elige generalmente del grupo formado por los materiales minerales, tales como las arenas y la puzolana, y los materiales sintéticos, tales como el BIOSTYRENE[®] comercializado por la Sociedad OTV o el BIOLITE[®] comercializado por la sociedad DEGREMONT.
- 60 En el caso de un soporte móvil, el soporte se elige generalmente del grupo formado por los materiales de plástico conocidos por el experto en la técnica. Como ejemplos comerciales de tales materiales de plástico, pueden citarse los materiales KMT 1, KMT 2 y AMT de la sociedad KALDNES, los materiales BIOLITE[®], BIOCUBE[®] y FLOCOR RMP de la sociedad DEGREMONT, o bien el material NATRIX MAJOR de la sociedad ANOX, así como el material BIOFLOW 9 de la sociedad CERA COM.
- 65

Según la invención, el tercer reactor comprende una biomasa que comprende bacterias nitrificantes. Esas bacterias se eligen generalmente del grupo formado por las bacterias de tipo *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*.

5 Según un modo de realización preferido de la invención, el primer reactor comprende al menos un medio de mezclado. Esto permite ventajosamente favorecer las reacciones que pueden tener lugar en dicho primer reactor.

10 Según un modo de realización preferido de la invención, en el caso en el que el soporte es móvil, el segundo reactor comprende al menos un medio de mezclado. Esto permite ventajosamente favorecer las reacciones que pueden tener lugar en dicho segundo reactor.

Según un modo de realización preferido de la invención, en el caso en el que el soporte es móvil, el tercer reactor comprende al menos un medio de mezclado. Esto permite ventajosamente favorecer las reacciones que pueden tener lugar en dicho tercer reactor.

15 El primer reactor comprende generalmente al menos un medio de aireación. Esto permite ventajosamente favorecer las reacciones que pueden tener lugar en dicho primer reactor.

20 Según un modo de realización preferido de la invención, la parte del efluente que se recircula al segundo reactor mediante al menos un medio de recirculación puede ser una parte del efluente que puede salir del tercer reactor.

Según un modo de realización preferido de la invención, el medio de recirculación es tal que puede recircular una parte del efluente que puede estar presente en el tercer reactor.

25 En cualquier caso, el dispositivo comprende al menos un medio de mezclado adecuado para mezclar la parte del efluente que puede salir del tercer reactor y/o que puede estar presente en el tercer reactor, y que se recircula al segundo reactor mediante al menos un medio de recirculación, con el efluente adecuado para transportarse mediante un medio de transporte del primer reactor al segundo reactor. Así, el dispositivo según la invención comprende entonces en combinación entre el primer y el segundo reactor al menos un medio de transporte, al menos un medio de mezclado de efluente y también al menos un medio de introducción de efluente en el segundo reactor.

Descripción detallada de la invención

35 La invención se comprenderá mejor, y aparecerán otras ventajas, tras la lectura de la siguiente descripción, facilitada a título no limitativo, mediante referencia a la figura.

La Figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo (12) de tratamiento de efluente según la invención.

40 Tres reactores (3, 4 y 5), alimentados por un efluente (1) aportado por un conducto, en el que está presente materia en suspensión (MES), realizan un tratamiento de depuración en tres etapas y permiten la salida por un conducto (2) de un efluente depurado, en el que sigue estando presente MES. Las flechas simbolizan el sentido de trayectoria de los efluentes en el interior del dispositivo (12). El efluente (1) entra en el reactor (3) de tratamiento anaerobio. Sale del mismo un efluente que se dirige por un conducto (9) a un reactor (4) de tratamiento anóxico. El efluente que sale del reactor (4) por un conducto (10) alimenta un reactor (5) de tratamiento aerobio. Del reactor (5), mediante un medio de recirculación no representado, sale un efluente de recirculación que se envía al reactor (4) por un conducto (11). El reactor (3) comprende un medio (6) de mezclado. El reactor (4) comprende un medio (7) de mezclado. El reactor (5) comprende un medio (8) de mezclado y de aireación, estando simbolizada dicha aireación mediante la presencia de burbujas (16) de aire. Por otro lado, los tres reactores comprenden una biomasa sobre lecho móvil. El reactor (3) comprende una biomasa (13). El reactor (4) comprende una biomasa (14). El reactor (5) comprende una biomasa (15).

El siguiente ejemplo ilustra la invención sin por ello limitar el alcance.

EJEMPLO

55 En el siguiente ejemplo, se usa un dispositivo (12) tal como se describe en la Figura 1. Se llenan los reactores al 40% de material de plástico BIOFLOW 9 sobre el que se fijan bacterias *Desulfovibrio* para el reactor (3), al 40% de material de plástico BIOFLOW 9 sobre el que se fijan bacterias *Thiotrix* para el reactor (4), y al 40% de material de plástico BIOFLOW 9 sobre el que se fijan bacterias *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* para el reactor (5).

60 Los resultados se facilitan para un tiempo de permanencia de 12,5 horas.

65 Para medir la eliminación de la contaminación carbonada, se ha medido la demanda química de oxígeno (DQO) a la salida del segundo reactor (4). Para el conjunto de los tres reactores, la carga volumétrica aplicada (CVA) de DQO es de 0,31 kg/m³.d (kilogramo por m³ y por día), y la carga volumétrica eliminada (CVE) de DQO es de 0,22 kg/m³.d.

La carga volumétrica aplicada (CVA) es la carga volumétrica de entrada. La carga volumétrica eliminada (CVE) es la carga volumétrica resultante de la resta entre la carga volumétrica de entrada y la carga volumétrica de salida. Para el primer reactor (3), la CVA de DQO es de 0,84 kg/m³.d y la CVE de DQO es de 0,60 kg/m³.d, para un tiempo de permanencia de 4,6 horas. Los resultados son los siguientes, facilitados en la tabla 1.

5

Tabla 1 Eliminación de la DQO soluble

| DQO en alimen-tación (conducto 1) (mg/l) | DQO en salida del reactor (4) (anoxia) (mg/l) | DQO en salida del reactor (5) (aerobio) (mg/l) | Rendi-miento de los reactores (3+4) en DQO (%) | Rendi-miento global de los reactores (3+4+5) en DQO (%) |
|--|---|--|--|---|
| 161 | 48 | 45 | 70 | 72 |

Se constata por tanto una eliminación muy buena de la contaminación carbonada.

10

Para medir la eficacia de la nitrificación, se ha medido la cantidad de N en NH₄ (N.NH₄) en los diferentes efluentes. Para el tercer reactor (5), la CVA en N.NH₄ es de 0,18 kg/m³.d y la CVE en N.NH₄ es de 0,17 kg/m³.d, para un tiempo de permanencia de 4,3 horas. Los resultados son los siguientes, facilitados en la tabla 2.

15

Tabla 2 Nitrificación

| N.NH ₄ en alimen-tación (conducto 1) (mg/l) | N.NH ₄ en salida del reactor (5) (aerobio) (mg/l) | N.NO ₂ en salida del reactor (5) (aerobio) (mg/l) | N.NO ₃ en salida del reactor (5) (aerobio) (mg/l) | Rendimiento del reactor (5) en N.NH ₄ transformado (%) |
|--|--|--|--|---|
| 32,2 | 1,2 | 3,1 | 13 | 96,3 |

Se constata por tanto que el rendimiento de nitrificación es muy bueno.

20

Para medir la eficacia de la desnitrificación, se ha medido la cantidad de N en NO₃ (N.NO₃) en los diferentes efluentes. Para el segundo reactor (4), la CVA en N.NO₃ es de 0,21 kg/m³.d y la CVE en N.NO₃ es de 0,18 kg/m³.d, para un tiempo de permanencia de 4,3 horas. Los resultados son los siguientes, facilitados en la tabla 3.

25

Tabla 3 Desnitrificación

| N.NH ₄ en alimen-tación (con-ducto 1) (mg/l) | N.NO ₂ en salida del reactor 4 (anoxia) (mg/l) | N.NO ₃ en salida del reactor 4 (anoxia) (mg/l) | N.NH ₄ en salida del reactor 5 (aero-bio) (mg/l) | N.NO ₂ en salida del reactor 5 (aero-bio) (mg/l) | N.NO ₃ en salida del reactor 5 (aero-bio) (mg/l) | Rendi-miento del reactor 5 en N.NO ₃ eliminado (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 32,2 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 3,1 | 13 | 48,1 |

Se constata por tanto que, para una tasa de recirculación de aproximadamente el 100%, que es la tasa aplicada en este caso (razón entre el efluente recirculado por el conducto (11) al reactor (4) con respecto al efluente que entra por el conducto (9) en el reactor (4)), se aproxima al 50% de rendimiento global de desnitrificación.

30

En el efluente (2), se constata la presencia de azufre (nativo) en gran cantidad.

Por otro lado, para evaluar la evolución de los sulfatos, se considera la concentración de S en SO₄ en los diferentes efluentes, tal como se resume a continuación en la tabla 4. Para el primer reactor (3), la CVA en S.SO₄ es de 0,24 kg/m³.d (en S.SO₄) y la CVE en S.SO₄ es de 0,16 kg/m³.d, para un tiempo de permanencia de 4,6 horas. Los resultados son los siguientes, facilitados en la tabla 4.

35

Tabla 4 Sulfatorreducción y sulfooxidación

| S.SO ₄ en alimen-tación (conducto 1) (mg/l) | S.SO ₄ en salida del reactor (3) (anaerobio) (mg/l) | S.SO ₄ en salida del reactor (4) (anoxia) (mg/l) | S.SO ₄ en salida del reactor (5) (aerobio) (mg/l) | Rendimiento del reactor (3) en S.SO ₄ transformado (%) |
|--|--|---|--|---|
| 46,7 | 15,9 | 42,8 | 45,9 | 65,9 |

40

Se constata fácilmente según estos resultados una reducción de los sulfatos en anaerobiosis con un rendimiento próximo al 66%, una reoxidación de los sulfuros formados en anaerobiosis en el reactor (4) de desnitrificación, y una

terminación de la oxidación del azufre en sulfato en el reactor (5) aerobio, para encontrar valores muy próximos a los de la alimentación. Por otro lado, se ha constatado que la sulfatorreducción se correlaciona bien con la eliminación de la DQO.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente con vistas a su depuración, caracterizado porque comprende el tratamiento de la mayor parte de dicho efluente en una primera etapa de tratamiento biológico anaerobio, de biomasa fijada sobre un soporte móvil, proporcionando un primer efluente, comprendiendo la biomasa presente en la primera etapa al menos bacterias sulfatorreductoras, después el tratamiento de la mayor parte del primer efluente en una segunda etapa de tratamiento biológico anóxico, de biomasa fijada, proporcionando un segundo efluente, comprendiendo la biomasa presente en la segunda etapa al menos bacterias sulfooxidantes, y finalmente el tratamiento de la mayor parte del segundo efluente en una tercera etapa de tratamiento biológico aerobio, de biomasa fijada, proporcionando un tercer efluente depurado, comprendiendo la biomasa presente en la tercera etapa al menos bacterias nitrificantes, comprendiendo además dicho procedimiento una recirculación de una parte del efluente presente en la tercera etapa a la segunda etapa.
- 15 2. Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente según la reivindicación 1, caracterizado porque la mayor parte del efluente que va a tratarse en dicho procedimiento se tamiza y/o decanta en una etapa previa a dicho procedimiento de tratamiento.
- 20 3. Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente, según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque la mayor parte del tercer efluente procedente de dicho procedimiento se decanta.
- 25 4. Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la segunda etapa de tratamiento anóxico es un tratamiento de biomasa fijada sobre un soporte móvil o sobre un soporte fijo.
- 30 5. Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la tercera etapa de tratamiento aerobio es un tratamiento de biomasa fijada sobre un soporte móvil o sobre un soporte fijo.
- 35 6. Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque usando un dispositivo (12) que comprende un primer reactor (3) de tratamiento, de biomasa fijada sobre un soporte móvil, después un segundo reactor (4) de tratamiento anóxico, de biomasa fijada, y finalmente un tercer reactor (5) de tratamiento aerobio, de biomasa fijada, así como medios (1) de transporte de efluente al primer reactor, (9) del primer al segundo reactor, (10) del segundo al tercer reactor, y medios (2) de salida de efluente del tercer reactor, comprendiendo además dicho dispositivo al menos un medio (11) de recirculación del tercer reactor al segundo reactor.
- 40 7. Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente según la reivindicación 6, caracterizado porque el primer reactor comprende al menos un medio de mezclado.
- 45 8. Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente según una de las reivindicaciones 6 ó 7, caracterizado porque el segundo reactor comprende al menos un medio de mezclado.
9. Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque el tercer reactor comprende al menos un medio de mezclado.
10. Procedimiento de tratamiento en tres etapas biológicas de un efluente según una de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado porque el tercer reactor comprende al menos un medio de aireación.

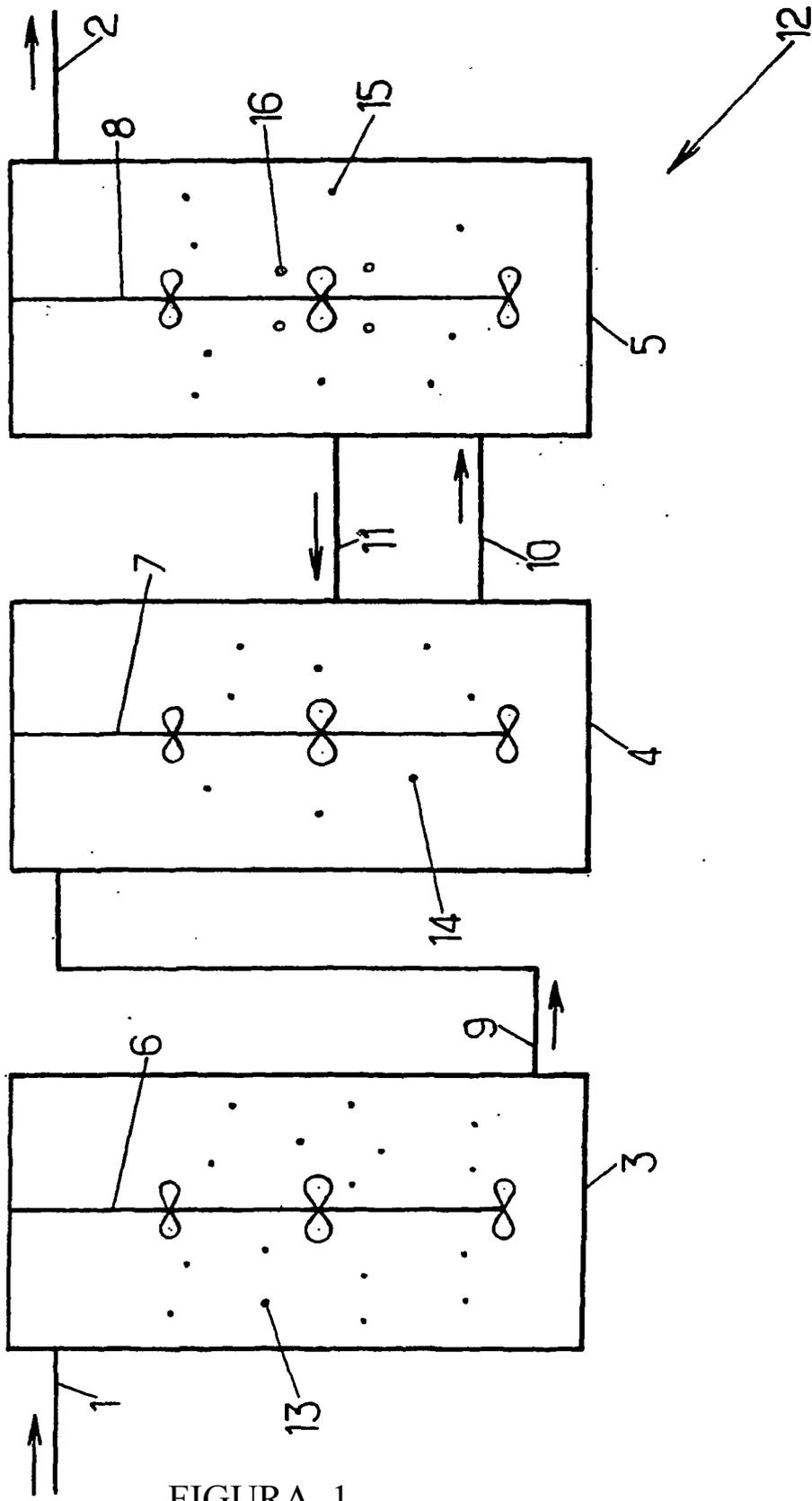


FIGURA 1