



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 338 979**

② Número de solicitud: 201000058

⑤ Int. Cl.:  
**C02F 3/30** (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

② Fecha de presentación: **12.01.2010**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **13.05.2010**

Fecha de la concesión: **09.09.2010**

④ Fecha de anuncio de la concesión: **23.09.2010**

④ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**23.09.2010**

⑦ Titular/es: **Universidad de Cantabria  
Pabellón de Gobierno  
Avda. de los Castros, s/n  
39005 Santander, Cantabria, ES**

⑦ Inventor/es: **Tejero Monzón, Juan Ignacio;  
Díez Montero, Rubén;  
Esteban García, Ana Lorena;  
Lobo García de Cortazar, Amaya;  
Temprano González, Javier y  
Rodríguez Hernández, Leticia**

⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Reactor biológico anóxico-anaerobio para la eliminación de nutrientes de aguas residuales.**

⑤ Resumen:

Reactor biológico anóxico-anaerobio para la eliminación de nutrientes de aguas residuales.

Reactor (1) biológico para eliminación de nutrientes de aguas residuales caracterizado por estar compartimentado verticalmente en tres zonas, Anóxica (3), Anaerobia (2) y de Clarificación (4), que cumplen las funciones de eliminación biológica de materia orgánica y fósforo, desnitrificación y decantación. Flujo de agua residual ascendente al producirse la entrada (13) en la zona inferior Anaerobia, y salida (14) en la zona superior de Clarificación. Se ha de instalar precediendo a otro proceso aerobio para nitrificación y afino de materia orgánica cuyo efluente se recircula para producir las condiciones anóxicas. Dispone de sistemas de mezcla y agitación de las zonas Anaerobia y Anóxica, y recirculación de sólidos entre ambas. Se reducen y simplifican las instalaciones necesarias para tratamiento de aguas residuales con eliminación de nutrientes. No se produce consumo de reactivos. Se optimiza el aprovechamiento de la materia orgánica del agua residual. Se obtiene un efluente con baja carga contaminante.

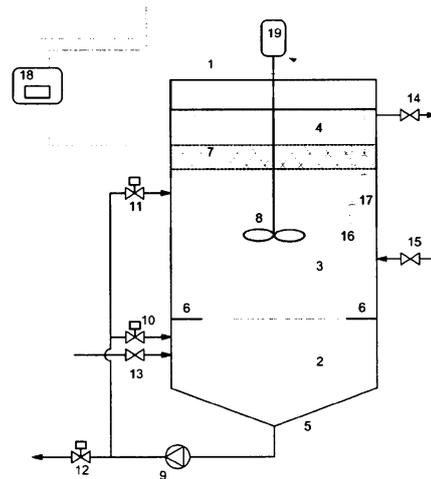


Figura 1

ES 2 338 979 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Reactor biológico anóxico-anaerobio para la eliminación de nutrientes de aguas residuales.

5 La invención corresponde al sector técnico de procesos de depuración de aguas residuales, más concretamente en el relativo a los sistemas biológicos de eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo) de aguas residuales.

10 El fenómeno conocido como eutrofización, designa el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema provocando una abundancia anormalmente alta. En los ecosistemas acuáticos los nutrientes nitrógeno y fósforo constituyen los principales factores limitantes para el desarrollo de la biomasa. La abundancia de estos nutrientes origina un crecimiento desordenado y molesto de plantas acuáticas con importantes consecuencias sobre la composición, estructura y dinámica del ecosistema, lo que conduce de manera general a un aumento de la biomasa, un empobrecimiento de la diversidad, y en definitiva, el deterioro de la calidad del agua.

15 Las corrientes procedentes de las cuencas fluviales aportan continuamente nutrientes disueltos a ríos y lagos de forma natural, pero la actividad humana provoca la descarga continua de aguas residuales con un contenido importante de nutrientes, acelerando drásticamente el proceso de eutrofización de los ecosistemas acuáticos. Las principales aportaciones antropogénicas de nutrientes provienen de la descarga continua, directa o indirecta, de aguas residuales urbanas, agrícolas e industriales. Los vertidos de agua residual urbana, si no hay una depuración previa de nutrientes, aportan nitrógeno orgánico, fósforo orgánico, amonio y fosfato procedentes de las aguas fecales y los detergentes. La contaminación agropecuaria aporta nitratos, amonio y fosfatos procedentes de los fertilizantes y los excrementos animales. Los efluentes industriales, especialmente del procesado de productos alimenticios, también pueden aportar importantes cantidades de nutrientes.

25 Tanto a nivel Nacional como Europeo y mundial hay una preocupación importante y creciente en la Administración sobre el estado eutrófico de ríos embalses, etc. Por ello se prevé una progresiva definición de zonas declaradas como sensibles a la eutrofización que implicaría la remodelación de muchas Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs) existentes, con el fin de capacitarlas para la eliminación de nitrógeno y fósforo, además de las nuevas que restan por construir para el cumplimiento de la normativa vigente.

30 Eliminar el nitrógeno y/o el fósforo antes de la descarga del agua al medio receptor es necesario además de para evitar la eutrofización, para evitar la toxicidad directa de diversos compuestos nitrogenados, y para permitir la recarga de acuíferos y otras aplicaciones de reutilización.

35 La eliminación del nitrógeno en una EDAR puede ser parte integral del tratamiento biológico o un proceso añadido a los tratamientos existentes. Para ello se precisa la existencia de una zona anóxica en el proceso biológico de tratamiento del agua residual, además de la zona aerobia, en una variedad de posibles configuraciones. En la zona aerobia se produce la oxidación de los compuestos de nitrógeno hasta la forma de nitratos, empleando oxígeno como oxidante, mientras que en condiciones anóxicas se produce la oxidación de sustrato carbonoso utilizando los nitratos como agente oxidante. De esta manera se obtiene nitrógeno gas molecular.

45 La eliminación de fósforo del agua residual implica la incorporación de los fosfatos a los sólidos en suspensión, con la posterior retirada de dichos sólidos. El fósforo se puede incorporar a precipitados químicos mediante la adición de sales metálicas o cal en diversas localizaciones dentro del diagrama de flujo del proceso de depuración. Por otra parte, el fósforo se puede incorporar a sólidos biológicos, resultando un proceso con menores costes de operación y menor producción de fango. En los últimos 30 años se han utilizado varias configuraciones de procesos biológicos de fango activo para la eliminación del fósforo. Todas ellas incluyen una zona anaerobia, en la que las bacterias acumuladoras de fósforo (PAOs) liberan fósforo al agua, previa a la zona aerobia o anóxica en la que se produce la acumulación biológica del fósforo en las mismas bacterias PAOs. La mayoría de estas configuraciones incluyen la zona anaerobia en la propia línea principal de agua, mientras que otras lo hacen en la línea de recirculación de fango.

55 La eliminación biológica conjunta de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales urbanas creció notablemente en la década de 1980-1990 y se implantó empleando procesos como A2/O, UCT, Johannesburgo y Bardenpho 5-etapas. Estos procesos incluyen zonas o etapas aerobias, anóxicas y anaerobias para desarrollar las actividades anteriormente descritas. También existen procesos SBR para la eliminación de nutrientes, que funcionan de manera discontinua utilizando un mismo volumen para las diferentes etapas.

60 La selección de un proceso específico para la eliminación biológica de nutrientes depende de las condiciones y características propias del lugar, de los procesos y equipos existentes y de las necesidades u objetivos del tratamiento. Cada configuración ofrece unas ventajas y limitaciones, pero a modo general, se puede resumir que los procesos biológicos convencionales para eliminación de nutrientes, basados en fangos activos en suspensión, presentan las siguientes desventajas:

- 65 • Amplias necesidades de espacio, ya que se requiere aproximadamente cuatro veces el volumen que precisaría el mismo tratamiento sin eliminación de nutrientes. En muchos casos, especialmente en ampliaciones de EDARs existentes, existe un problema de limitación de espacio si se mantiene el proceso convencional de fangos activos.

## ES 2 338 979 B2

- Proceso propenso a la generación de bulking filamentoso, fenómeno de mala sedimentabilidad del fango que origina importantes problemas en la explotación de las EDARs.
- Elevado consumo energético, ya que los procesos de nitrificación y acumulación biológica de fósforo aumentan las necesidades de oxígeno del proceso.

Las nuevas tecnologías para la eliminación biológica de nutrientes pretenden mejorar los procesos convencionales aumentando los rendimientos de eliminación de nutrientes, reduciendo los requerimientos de espacio y energía y/o aumentando la fiabilidad del proceso. Algunas de estas nuevas tecnologías optan por el empleo de un único reactor desempeñando las funciones de reactor anaerobio y anóxico, consiguiendo una importante reducción de las necesidades de espacio. Además este tipo de reactores generalmente permite la ampliación de EDARs existentes de una manera más sencilla y viable que si se utilizaran procesos convencionales. Como ejemplo de esta alternativa se encuentran las siguientes investigaciones:

Kyu-Hong Ahn *et al.*, según el artículo “*Enhanced biological phosphorus and nitrogen removal using a sequencing anoxic/anaerobic membrane bioreactor (SAM) process*” *Desalination* (2003), desarrollaron e investigaron el proceso SAM (Sequencing anoxic/anaerobic membrane bioreactor) para mejorar la eliminación de fósforo obtenida por otros procesos de eliminación de nutrientes. El proceso incluye una zona aerobia, continuamente aireada, para la nitrificación y la fijación de fósforo, con una membrana sumergida para la separación sólido-líquido. El licor mezcla de esta zona aerobia se recircula intermitentemente a la zona secuencial anóxica/anaerobia (a la cual llega el caudal afluente) para alternar las condiciones anóxica para desnitrificación y anaerobia para la liberación de fósforo. Se obtuvieron unos rendimientos de eliminación de fósforo y nitrógeno del 93% y 60% respectivamente.

Park *et al.*, según el artículo “*Small sewage treatment system with an anaerobic-anoxic-aerobic combined biofilter*” *Water Science and Technology* (2003), emplearon un digestor anaerobio de flujo vertical con filtro anóxico alimentado con el agua residual bruta y con la recirculación del efluente de un posterior reactor aerobio. Se obtuvo una eliminación de DQO del 71% en el digestor anaerobio y del 20% en el filtro anóxico. La eliminación de nitrógeno total fue del 70% con una recirculación del efluente nitrificado del 300%. En cambio el trabajo no muestra resultados de eliminación de fósforo, ya que se empleó la zona anaerobia como digestor para reducir la producción de sólidos.

Kwon *et al.*, según el artículo “*Pilot study of nitrogen and phosphorus removal system in municipal wastewater using upflow multi-layer bio reactor (KNR System®)*” *Journal Korean Society of Environmental Engineering* (2003), desarrollaron el proceso KNR® para la eliminación de N y P de agua residual urbana con un reducido ratio C/N. El proceso consiste en un reactor UMBR (upflow multi-layer bio reactor) sustituyendo al habitual decantador primario, seguido de un proceso de fangos activos con reactor biológico y decantador secundario. El UMBR es un reactor de flujo vertical ascendente alimentado por el agua residual afluente junto con la recirculación de fango activo del decantador secundario y la recirculación de nitratos de la zona aerobia. La alimentación se produce por la parte inferior a través de distribuidores rotatorios. Una ligera agitación permite que se produzca un flujo pistón creando diferentes condiciones ambientales en función de la altura. Por debajo de los distribuidores de alimentación se produce el espesamiento del fango. La zona intermedia es anóxica debido a la presencia de nitratos procedentes de la recirculación de la zona aerobia. Una vez que los nitratos han sido desnitrificados completamente, se produce en la parte superior una zona anaerobia donde se lleva a cabo la liberación de fósforo. Según este diseño la disponibilidad de materia orgánica carbonosa para liberación de fósforo en la zona anaerobia está limitada dependiendo del consumo producido en la zona anóxica. Además el lecho de fango producido en el reactor supone una elevada concentración de sólidos en suspensión en la zona anóxica, mientras que esta concentración será baja en la zona superior anaerobia, disminuyendo la eficiencia en la eliminación de fósforo. Por lo tanto, el reactor UMBR ofrece dos importantes limitaciones para conseguir elevados rendimientos de eliminación de fósforo.

Kwon *et al.*, según el artículo “*Biological nutrient removal in simple dual sludge system with an UMBR (upflow multi-layer bio reactor) and aerobic biofilm reactor*”, *Water Science and Technology* (2005), estudiaron un proceso compuesto por un reactor biológico multicapa de flujo vertical UMBR como reactor anóxico y anaerobio con biomasa en suspensión y un posterior reactor aerobio biopelícula con decantador lamelar. Los rendimientos de eliminación de DQO, DBO, sólidos en suspensión (SS), nitrógeno total (NT) y fósforo total (FT) fueron 92.7%, 96.4%, 96.4%, 74.9% y 76.5%, respectivamente. Los rendimientos de eliminación de NT y PT confirman las limitaciones indicadas en el párrafo anterior. Además, según los autores, la eliminación de fósforo tuvo lugar por la sedimentación y adsorción a través del lecho de fango en el UMBR, proceso a su vez favorecido por la baja relación entre fosfato y fósforo total que presentó el agua residual afluente.

Como patentes relacionadas con la presente invención se pueden citar:

La patente GB 2456836-A (*Reactor for biological treatment of feedwater stream such as a municipal wastewater stream, comprises feedwater inlets, sludge outlets, effluent outlets, an anoxic/anaerobic reaction zone, and an aerobic reaction zone*, 2009) muestra un reactor compacto anóxico/anaerobio y aerobio, donde la zona anóxica/anaerobia es compartida para alojar sucesivamente los ambientes anóxicos y anaerobios.

En las patentes DE4409435 (*Waste water treatment appts. by biological elimination of phosphorus and nitrogen*, 1994), DE3301643 (*Phosphate removal from waste water - by alternate anaerobic and aerobic treatment using moving bed of sludge carrier*, 1984) y US2008053897 (*System for biological nutrient removal in raw wastewater feed stream to*

## ES 2 338 979 B2

*remove carbon/nitrogen/phosphorus, 2008*) se describen procesos de eliminación de nutrientes que utilizan reactores biológicos anóxicos y anaerobios, pero en configuraciones diferentes a la presente invención, es decir, no utilizan un reactor compacto anóxico-anaerobio.

5 Las patentes KR460462 (*The advanced wastewater treatment system using the marsh filter bed, 2004*) y KR460463 (*The garden typed advanced wastewater treatment system, 2004*) muestran sistemas de tratamiento de aguas residuales que emplean un reactor biológico multicapa de flujo vertical que reúne las funciones de decantador primario, reactor anaerobio, anóxico, y espesador de fango. Este reactor, denominado UMBR, ha sido descrito en párrafos anteriores, y es la invención que se ha encontrado más similar a la presente, pero tiene las limitaciones citadas anteriormente, que son objeto de mejora en la presente invención.

10 *Objetivo:* eliminar o reducir el contenido de nutrientes (nitrógeno y fósforo) de aguas residuales antes de su vertido al medio o de su reutilización una vez regeneradas, mediante un reactor compacto anóxico-anaerobio integrado en el proceso biológico de una EDAR, que mejore la técnica de tratamiento biológico convencional con eliminación de nutrientes de aguas residuales.

15 De cara a optimizar los rendimientos de eliminación de nutrientes y al mismo tiempo disminuir los costes del proceso de depuración, se han planteado los siguientes objetivos parciales:

- 20 • Utilizar un reactor que aloje las zonas anóxica y anaerobia con elevada concentración de biomasa para magnificar los efectos físicos y biológicos obteniendo una elevada eficiencia.
- Disminuir la necesidad de espacio para la implantación de las zonas anóxica y anaerobia, mediante la utilización de un único reactor compacto anóxico-anaerobio.
- 25 • Reducir el consumo energético del proceso de depuración del agua residual mediante el empleo de las zonas anóxica y anaerobia.
- Reducir el consumo de reactivos, al eliminar biológicamente el fósforo y no precisar aporte externo de sustrato carbonoso para la desnitrificación.

30 La presente invención se basa en el conocimiento de los procesos de eliminación biológica de nitrógeno y fósforo, la cual se lleva a cabo en un reactor compacto anóxico-anaerobio que ha de acompañar a un proceso o reactor aerobio nitrificante y aerobio heterótrofo para afino de la oxidación de materia orgánica, en su caso, sea del tipo que sea. El objeto de la presente invención es el reactor biológico anóxico-anaerobio en el que, mediante la optimización de su configuración y de su modo de operación, se pretende compartimentar en un único reactor las dos condiciones ambientales (anóxica y anaerobia) de una manera compacta, innovadora y con elevada eficiencia. Para ello en el diseño se incluyen las características explicadas a continuación en comparación con las habituales de los tratamientos biológicos convencionales para eliminación de nutrientes por fangos activos:

- 40 1. Los procesos biológicos de eliminación de nutrientes como etapa terciaria posterior al tratamiento biológico de eliminación de materia orgánica carbonosa precisan instalaciones adicionales a los sistemas generalmente presentes en una EDAR. Para poder reducir las necesidades de espacio e instalaciones, y facilitar la ampliación de plantas existentes, la presente invención permite la eliminación de nutrientes de manera integrada en el tratamiento biológico de la planta.
- 45 2. Los procesos biológicos para la eliminación de nitrógeno con zona anóxica posterior a la zona aerobia (post-desnitrificación) precisan generalmente la adición de sustrato carbonoso. Para evitar esta necesidad, la presente invención sitúa la zona anóxica previamente a la aerobia.
- 50 3. En los procesos químicos de eliminación de fósforo se precisa la adición de reactivos. La presente invención permite la eliminación biológica de fósforo sin necesidad de reactivos.
4. En los procesos biológicos de eliminación de nutrientes se disponen, a menos una zona anóxica y una anaerobia, además de la zona aerobia, en diferentes tanques o reactores. Ello precisa una importante ocupación de espacio e instalaciones complementarias. Frente a esto, la presente invención se caracteriza por disponer de una sola zona anaerobia y otra anóxica en un único reactor con un elevado aprovechamiento del espacio.
- 55 5. Los procesos convencionales de fangos activos para eliminación de nutrientes operan normalmente con concentraciones de sólidos en suspensión alrededor de 3.000 mg/L. La presente invención opera con concentraciones superiores de sólidos en suspensión, permitiendo un mayor aprovechamiento del volumen del reactor.
- 60 6. Los procesos convencionales de fangos activos retiran o purgan el fango en exceso desde un decantador con una concentración de sólidos en suspensión normalmente igual o inferior a 8.000 mg/L, precisando un posterior espesamiento. La presente invención permite obtener mayor concentración de sólidos en suspensión su zona inferior, desde donde se puede realizar la purga de fango, obteniendo un fango al menos parcialmente espesado.

7. Las instalaciones convencionales de fangos activos normalmente disponen de un decantador primario para eliminar parte de la materia orgánica e inorgánica del agua residual afluyente, y alimentar al tratamiento biológico con menor carga orgánica y de sólidos. En cambio, la presente invención puede sustituir a dicho decantador primario, al permitir una importante eliminación de materia orgánica e inorgánica. Por lo tanto, la presente invención desempeña también la función de decantador primario, permitiendo la concentración y purga de sólidos inorgánicos y del fango en exceso, con una zona superior de clarificación, que permite alimentar al posterior tratamiento con baja carga de sólidos.
8. Los procesos biológicos que utilizan biopelícula ofrecen varias ventajas frente a los procesos de fangos activos (mayor concentración de biomasa en el reactor, menor sensibilidad ante variaciones de carga orgánica y temperatura, etc.) y son especialmente eficientes para aguas residuales con baja carga. Uno de los inconvenientes de los procesos biopelícula es el riesgo de atascamiento del lecho. Frente a esto, el efluente de la presente invención es un agua clarificada y con baja carga, lo cual favorece el desempeño de un proceso posterior aerobio del tipo biopelícula.
9. Los procesos de separación sólido-líquido por membranas de filtración pueden sustituir al decantador secundario de un proceso biológico convencional, obteniendo un efluente de calidad muy elevada, normalmente susceptible de ser reutilizado. Los principales inconvenientes de la utilización de membranas son los elevados costes de inversión y la necesidad de controlar el ensuciamiento o fouling de las mismas. Esto último implica frecuentes limpiezas con su correspondiente consumo energético y de reactivos. Como ya se ha indicado, el efluente de la presente invención está lo suficientemente clarificado para favorecer un correcto funcionamiento de las membranas, reduciendo el ensuciamiento de las mismas.
10. A pesar de las características presentadas en los dos puntos anteriores, la presente invención puede emplearse como reactor previo a cualquier otro proceso aerobio nitrificante.
11. En los procesos biológicos convencionales con eliminación de fósforo, la acumulación de fósforo por parte de las bacterias PAOs se produce en ambiente aerobio. En cambio, la presente invención produce un secuestro parcial de las bacterias acumuladoras de fósforo, favoreciendo el fenómeno simultáneo de desnitrificación y acumulación de fósforo, o defosforación desnitrificante. Esto permite la eliminación de fósforo y nitrógeno con un consumo mínimo de materia orgánica, ya que se utiliza simultáneamente para dos fines (desnitrificar y acumular fósforo), un consumo mínimo de oxígeno, ya que la acumulación de fósforo se produce utilizando nitratos como oxidante, y una producción mínima de fango en exceso.

La presente invención consiste en un reactor biológico compartimentado verticalmente con flujo ascendente y de funcionamiento continuo. Se puede emplear en procesos de tratamiento de agua residual para eliminación de nutrientes, precediendo a otro reactor o proceso biológico aerobio nitrificante y aerobio heterótrofo para la oxidación de la materia orgánica residual.

Esta invención se distingue por ser un reactor que alberga varios compartimentos o zonas en su interior, y cumplir varias funciones en un solo reactor. Estas zonas son: zona Anaerobia, zona Anóxica, y zona de Clarificación.

La zona Anaerobia se sitúa en la parte inferior del reactor y se caracteriza por presentar una elevada concentración de sólidos en suspensión, lo que lo convierte en un lecho suspendido de fango. Esta zona dispone de un sistema de mezcla intensa que favorece la resuspensión y homogeneización del lecho de fango, y evita la formación de zonas muertas y caminos preferenciales para el flujo de agua. En esta zona se produce la hidrólisis del material particulado y la liberación de fósforo, en forma de fosfatos, por parte de las bacterias acumuladoras de fósforo (PAOs). Además en esta zona tiene lugar la acumulación y concentración de sólidos en exceso del proceso, pudiendo realizarse por su parte inferior la purga de fango. Opcionalmente puede realizarse la purga desde la zona Anóxica para reducir el contenido en fósforo disuelto del fango purgado. Se puede también realizar la purga conjuntamente desde el posterior reactor o etapa aerobio y el reactor anóxico-anaerobio.

El siguiente compartimento, en sentido ascendente, es la zona Anóxica. No existe una separación física entre las zonas Anaerobia y Anóxica, aunque para evitar caminos preferenciales y dificultar la mezcla entre ambas zonas se pueden instalar deflectores y/o tranquilizadores. Esta separación no debe impedir la circulación ascendente del agua y tampoco puede suponer una superficie sobre la que se depositen sólidos sedimentados. El volumen de la zona Anóxica es el mayor de los diferentes compartimentos del reactor, suponiendo aproximadamente el doble del volumen de la zona Anaerobia.

El sistema de mezcla de la zona Anóxica consiste en agitación mecánica a bajas revoluciones de giro para evitar la rotura de los flóculos biológicos. Además de proporcionar la suficiente mezcla en la zona Anóxica y favorecer el contacto entre los sólidos biológicos y el agua residual, la agitación mecánica tiene otras dos funciones. Por una parte reduce la sedimentación o pérdida de sólidos, aumentando su tiempo de residencia en la zona Anóxica y manteniendo la concentración de sólidos en suspensión. La concentración de sólidos en suspensión deseada en la zona Anóxica es similar o superior a la habitual en un fango activo convencional. Por otra parte la agitación mecánica proporciona la separación entre las zonas anóxica y anaerobia, ya que la separación real tiene lugar por la superficie del lecho suspendido de fango de la zona Anaerobia. Diferentes velocidades de giro del agitador permiten crear diferentes intensidades de mezcla y turbulencia, pudiendo seleccionar dicha velocidad de acuerdo a la altura del lecho suspendido

## ES 2 338 979 B2

de fango anaerobio deseado, y en función de la morfología exacta del reactor. Dependiendo de la superficie en planta del reactor, se puede precisar la instalación de varios agitadores repartidos por toda la superficie actuando cada uno sobre un área de influencia, y funcionando cada uno de ellos como se ha descrito anteriormente.

5 Las condiciones anóxicas en esta zona se producen debido a la entrada de la recirculación del efluente nitrificado de un posterior reactor o etapa aerobia, a una altura próxima a la ubicación del agitador mecánico. De esta manera, en esta zona tiene lugar el fenómeno de desnitrificación, consumiendo como sustrato la materia orgánica carbonosa del agua residual afluente con los nitratos procedentes de la recirculación como agente oxidante. Además, dado que la presencia de una zona de Clarificación reduce la concentración de sólidos en suspensión del efluente del reactor, se produce el secuestro de las bacterias PAOs en el interior del reactor, favoreciendo la defosforación desnitrificante.

10 Aunque la agitación mecánica reduce el paso de sólidos de la zona Anóxica a la zona Anaerobia por decantación, no lo evita completamente, produciéndose una reducción progresiva de la concentración de sólidos en la zona Anóxica, aumentando la concentración y altura del lecho suspendido de fango anaerobio. Para mantener estables las concentraciones de sólidos en suspensión en ambas zonas se dispone una recirculación de sólidos desde el fondo del reactor (zona Anaerobia) hasta la parte superior de la zona Anóxica. El propósito de esta recirculación es doble, ya que además de mantener las concentraciones de sólidos favorece la exposición alterna de bacterias PAOs a las condiciones anóxicas y anaerobias.

15 La zona de Clarificación, ubicada en la parte superior del reactor, ocupa un pequeño volumen comparado con las otras zonas (aproximadamente el 10% del volumen del reactor). La tranquilización se consigue por la distancia que separa esta zona del agitador mecánico de la zona Anóxica, y se favorece por la colocación de un medio de soporte fijo de biopelícula y separador sólido - líquido entre las zonas Anóxica y Clarificación. Este medio soporte y separador proporciona un medio para el crecimiento de biopelícula y además actúa como filtro para las partículas que fluyen ascendentemente. La biopelícula estaría colonizada por organismos desnitrificantes aumentando la concentración útil, de biomasa en la zona Anóxica. Como medio de soporte y separador se puede utilizar cualquier soporte fijo utilizado como base para el crecimiento de biopelícula, incluido módulos de decantación lamelar.

20 La salida final del reactor se produce por la parte superior del mismo, en la zona de Clarificación, y se puede llevar a cabo a través de una conducción lateral, vertedero perimetral o canaletas de recogida de agua clarificada.

25 El presente invento consta de los siguientes elementos (aunque en determinadas condiciones puede no emplearse alguno de ellos o emplearse algún otro): depósito compartimentado verticalmente abierto por su parte superior al que llamamos reactor (1), resistente a la corrosión, que posee un fondo inclinado (5) para la concentración de sólidos, un deflector o tranquilizador (6) situado entre la zona Anaerobia (2) y la zona Anóxica (3), y un medio soporte para biopelícula y separador sólido - líquido (7) situado entre la zona Anóxica (3) y la zona de Clarificación (4).

30 El sistema de mezcla y agitación está formado por: una bomba de recirculación (9), una válvula automática NA (10), otra válvula automática NC (11), y un agitador mecánico de bajas revoluciones (8). En su lugar, el sistema de mezcla puede utilizar agitadores sumergidos.

35 El sistema de purga de fango en exceso utiliza la misma bomba de recirculación (9) y una válvula automática NC (12). En su lugar, se puede utilizar una bomba independiente para la purga, con las correspondientes válvulas automáticas temporizadas o controladas.

40 Las conexiones de entrada/salida del reactor (1) son: entrada (13) de agua residual afluente en zona Anaerobia (2), salida (14) de agua efluente desde zona de Clarificación (4), y recirculación (15) de efluente nitrificado de una posterior etapa aerobia a zona Anóxica (3).

45 El sistema de control esta compuesto por: medidor de altura (17) del lecho suspendido de fango (sensor óptico o de ultrasonidos), medidor de concentración de sólidos en suspensión (16) en zona Anóxica (3) (sonda de sólidos en suspensión o turbidez), controlador automático (18) para registro de datos y apertura y cierre de válvulas automáticas, y regulador de velocidad de giro (19) del agitador mecánico (8) (Ver Figura 1). Este sistema puede estar formado por otros sensores, controladores y actuadores que en todo caso realicen las funciones necesarias, descritas a continuación.

50 El agua residual bruta, previamente pretratada (desbaste, tamizado y desarenado-desengrasado) se introduce en el reactor (1) por la conexión de entrada (13), accediendo a la zona Anaerobia (2). El sistema de mezclado de esta zona funciona de manera continuo proporcionado una mezcla completa y formando un lecho suspendido de fango anaerobio que ocupa la zona Anaerobia (2).

55 La única posibilidad de evacuación del agua de la zona Anaerobia (2) es por su parte superior accediendo así a la zona Anóxica (3) por flujo ascendente. Entre la zona Anaerobia (2) y Anóxica (3) se dispone un deflector o tranquilizador (6) que interrumpe las corrientes preferenciales del fluido sobre la pared del depósito, de manera que se evita el mezclado entre las dos zonas. Además, este deflector o tranquilizador (6) facilita la formación de la superficie del lecho suspendido de fango anaerobio, produciéndose desde la parte superior del deflector (6) la mezcla de la zona Anóxica (3) mediante el agitador mecánico (8), que puede ser de eje vertical o de eje horizontal. En esta zona Anóxica (3) se produce el mezclado con el efluente nitrificado de una posterior etapa aerobia, que accede por la conexión de recirculación (15).

## ES 2 338 979 B2

Mediante el regulador de velocidad (19) se selecciona la velocidad de giro del agitador mecánico (8) que proporciona la altura del lecho suspendido de fango anaerobio en el nivel deseado, facilitado por el deflector o tranquilizador (6). Esta agitación mantiene los sólidos en suspensión en la zona Anóxica (3) retardando su decantación hacia el lecho suspendido de fango anaerobio, pero sin evitar la progresiva reducción de la concentración de sólidos en suspensión en la zona Anóxica (3). Por ello, periódicamente se produce la apertura de la válvula NC (11) y el cierre de la válvula NA (10), resuspendiendo la cantidad de sólidos necesaria para restituir la concentración deseada en la zona Anóxica (3). A continuación se vuelve a la posición cerrada de la válvula NC (11) y abierta de la válvula NA (10). El sistema de resuspensión de sólidos descrito utiliza la bomba (9) de mezcla y agitación de la zona Anaerobia (2), pero también puede utilizar una bomba independiente para realizar la función de resuspensión de sólidos.

La circulación ascendente provoca el paso del agua a través del soporte fijo y separador sólido - líquido (7) y la biopelícula formada sobre el mismo, accediendo a la zona de Clarificación (4) con baja concentración de sólidos en suspensión. La salida (14) del agua efluente se produce por la parte superior del reactor (1) a través de una conducción lateral, de un vertedero perimetral o de canaletas de recogida del agua clarificada.

Mediante el sistema de purga de fango se retira el fango en exceso del proceso. Esta purga se puede realizar desde el fondo del reactor (1), mediante la bomba de recirculación (9) y la apertura de la válvula NC (12) comandada por el controlador (18). Para la acumulación de sólidos se dispone de un fondo inclinado (5) en la zona Anaerobia (2). El sistema de acumulación de fango puede disponer también de rasquetas que concentran el fango en el fondo del reactor (1). Opcionalmente se puede hacer la purga desde la zona Anóxica (3), de manera que aunque el fango purgado tenga menor concentración de sólidos en suspensión, no tendrá fósforo disuelto en alta concentración. En este caso la zona Anóxica (3) puede disponer de concentradores de fango.

El controlador automático (18) registra los valores obtenidos por el medidor de altura (17) del lecho suspendido de fango y el medidor de concentración de sólidos en suspensión (16) en zona Anóxica (3). De esta manera se permite conocer la evolución del funcionamiento del reactor (1) en cuanto a la concentración de biomasa en las zonas Anóxica (3) y Anaerobia (2). La orden de apertura y cierre de la válvula automática NC (11) y la válvula automática NA (10) respectivamente, dada por el controlador (18) para llevar a cabo la recirculación de biomasa de la zona Anaerobia (2) a la Anóxica (3) puede producirse de manera temporizada, o bien mediante el control de la concentración de sólidos en suspensión en la zona Anóxica (3) llevado a cabo por el medidor de concentración (16), tomando como consigna para llevar a cabo la recirculación de biomasa un valor mínimo de concentración de sólidos en suspensión. La purga de fango también se puede llevar a cabo de manera temporizada mediante la apertura de la válvula automática (12) por orden del controlador (18), o bien a partir de la altura del lecho suspendido de fango indicada por el medidor de altura (17) y registrada en el controlador (18).

Se ha comprobado la viabilidad técnica de la idea mediante la experimentación en un reactor a escala de bancada de 49 litros de volumen con un caudal afluente de 10 L/h en la cual se analizaron las necesidades de resuspensión de sólidos. Se obtuvo como resultado que para mantener unas concentraciones de sólidos en suspensión de 3.000 y 8.000 mg/L en las zonas Anóxica (3) y Anaerobia (2) respectivamente, se precisaría el funcionamiento de la resuspensión de sólidos mediante una bomba (9) de caudal 60 L/h durante aproximadamente 50 segundos cada 10 minutos.

Las ventajas del reactor descrito, debidas fundamentalmente a la utilización de un único reactor, su configuración y su modo de operación son:

1. Reducción y simplificación de las instalaciones necesarias en el proceso global de tratamiento en una EDAR, al reunir en un único reactor compacto las funciones de decantador primario, zona anaerobia, zona anóxica y espesamiento de fango.
2. Viabilidad para ampliación de EDARs existentes, sustituyendo al decantador primario.
3. Eliminación del consumo de reactivos al no precisar aporte de sustrato carbonoso para la desnitrificación y al eliminar el fósforo biológicamente.
4. Optimización en el aprovechamiento de la materia orgánica del agua residual, lo que hace que el proceso sea aplicable a aguas residuales con bajas relaciones C/N y C/P.
5. Reducción del consumo energético para mezclado al funcionar por flujo ascendente.
6. Reducción del consumo de oxígeno del tratamiento posterior, al favorecer la desnitrificación y acumulación de fósforo simultáneas en la zona Anóxica.
7. Obtención de una elevada eficiencia en comparación con otras tecnologías empleando el mismo volumen, al operar con elevada concentración de biomasa, o bien necesidad de menor volumen de reactor para obtener los mismos resultados.
8. Reducción del espacio necesario para la implantación de un proceso de eliminación biológica de nutrientes.

## ES 2 338 979 B2

9. Obtención de un efluente con baja carga contaminante, ya que la mayor parte de la materia orgánica biodegradable y de los sólidos en suspensión se elimina en el reactor.

5 10. Mejora del funcionamiento de un posterior reactor aerobio biopelícula al reducir el riesgo de atascamiento y permitir su especialización como nitrificante. No obstante, el tratamiento posterior al reactor biológico anóxico-anaerobio puede ser cualquiera del tipo aerobio nitrificante y aerobio heterótrofo para afino de materia orgánica.

10 11. Mejora de un posterior proceso de separación sólido-líquido por membrana al reducir el ensuciamiento y las necesidades de limpieza de la misma. No obstante, el tratamiento posterior al reactor biológico anóxico-anaerobio puede ser cualquiera del tipo aerobio nitrificante y aerobio heterótrofo para afino de materia orgánica.

Figura 1

- 15 1. Depósito (Reactor)
2. Zona Anaerobia
- 20 3. Zona Anóxica
4. Zona de Clarificación
5. Fondo inclinado
- 25 6. Deflector/Tranquilizador
7. Soporte fijo y separador sólido-líquido.
- 30 8. Agitador mecánico de bajas revoluciones
9. Bomba de recirculación
10. Válvula automática NA para recirculación y mezcla de zona Anaerobia
- 35 11. Válvula automática NC para recirculación de biomasa desde la zona Anaerobia a la Anóxica
12. Válvula automática para purga de fango
- 40 13. Entrada de agua residual afluente
14. Salida de agua tratada
15. Entrada de recirculación de efluente nitrificado en una posterior etapa aerobia
- 45 16. Medidor de concentración de sólidos en suspensión en zona Anóxica
17. Medidor de altura de lecho suspendido de fango en zona Anaerobia
- 50 18. Controlador para registro de datos, automatización y control de válvulas automáticas
19. Regulador de velocidad de giro del agitador mecánico

55  Bomba

 Válvula

60  Válvula automática

— Conducciones hidráulicas

65 - - - - Línea de captación de datos

---- Circuito de mando eléctrico

## REIVINDICACIONES

1. Reactor biológico anóxico-anaerobio para la depuración y la eliminación de nutrientes de aguas residuales que comprende: un depósito (1) compartimentado verticalmente en orden ascendente en tres zonas: Anaerobia (2), Anóxica (3) y Clarificación (4), con entrada de agua residual afluente (13) en zona Anaerobia (2), salida de agua tratada (14) desde zona de Clarificación (4) y entrada de recirculación (15) del efluente nitrificado de una posterior etapa aerobia en la zona Anóxica (3), un sistema de mezcla de la zona Anaerobia (2), un sistema de mezcla de la zona Anóxica (3), un sistema de acumulación de fangos en la zona Anaerobia (2), un sistema de recirculación de biomasa mediante bombas desde la zona Anaerobia (2) a la zona Anóxica (3) y un sistema de purga de fangos.
2. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por la posibilidad de emplear tanto deflectores (6) como otros elementos tranquilizadores para favorecer la separación entre la zona Anaerobia (2) y la zona Anóxica (3).
3. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por disponer de un soporte fijo y separador sólido - líquido (7) para la formación de biopelícula, para favorecer la separación de los sólidos arrastrados por el flujo de agua y para tranquilización o reducción de la transmisión de turbulencia de la zona Anóxica (3) a la zona de Clarificación (4).
4. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sistema de mezcla de la zona Anaerobia (2) utiliza bombas externas de recirculación (9) o bien agitadores sumergidos.
5. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sistema de mezcla de la zona Anóxica (3) comprende agitadores mecánicos (8) de eje vertical de bajas revoluciones, o bien agitadores sumergidos de eje horizontal.
6. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la recirculación de biomasa desde la zona Anaerobia (2) a la zona Anóxica (3) se realiza mediante las bombas externas (9) del sistema de mezclado de la zona Anaerobia (2) y válvulas automáticas (10, 11), permitiendo el accionamiento intermitente temporizado o controlado tanto del mezclado como de la recirculación.
7. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el fondo (5) del reactor (1) está inclinado con cierta pendiente para favorecer la acumulación de sólidos.
8. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la acumulación de fangos se realiza mediante rasquetas radiales de fondo, bien de accionamiento central o periférico, o mediante rasquetas a lo ancho de accionamiento por puente o por cadenas.
9. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sistema de purga de fangos utiliza bombas propias o bien las bombas (9) del sistema de mezclado de la zona Anaerobia (2) y válvulas automáticas (12) temporizadas o controladas.
10. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el sistema de purga de fangos se realiza mediante bombas o válvulas temporizadas o controladas que extraen el fango mediante tuberías que parten de concentradores de fangos colocados en la zona Anóxica (3).
11. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con las reivindicaciones 1, 4 y 5, **caracterizado** porque mediante la velocidad de giro de los agitadores (8) se establece la altura del lecho suspendido de fango de la zona Anaerobia (2).
12. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por disponer de un sistema de medida de la altura del lecho suspendido de fango de la zona Anaerobia (2) mediante un sensor (17) óptico o por ultrasonidos.
13. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** por disponer de un sistema de medida de la concentración de sólidos en suspensión en la zona Anóxica (3) mediante una sonda (16) de sólidos suspendidos o de turbidez.
14. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con las reivindicaciones 1, 6 y 13, **caracterizado** porque mediante el sistema de recirculación de biomasa controla la concentración de sólidos en suspensión de la zona Anóxica (3), medida por la sonda de concentración (16).
15. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con las reivindicaciones 1, 9, 10 y 12, **caracterizado** porque mediante el sistema de purga de fango controla la altura del lecho suspendido de fango de la zona Anaerobia (2), medida por el sensor de altura (17).

## ES 2 338 979 B2

16. Dispositivo para la eliminación de nutrientes de aguas residuales, de acuerdo con las reivindicaciones 1, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15, **caracterizado** por disponer de captación de los datos de los sensores, tratamiento de los mismos y automatización y control de las válvulas automáticas, bombas y agitadores.

5

10

15

20

25

30

35

40

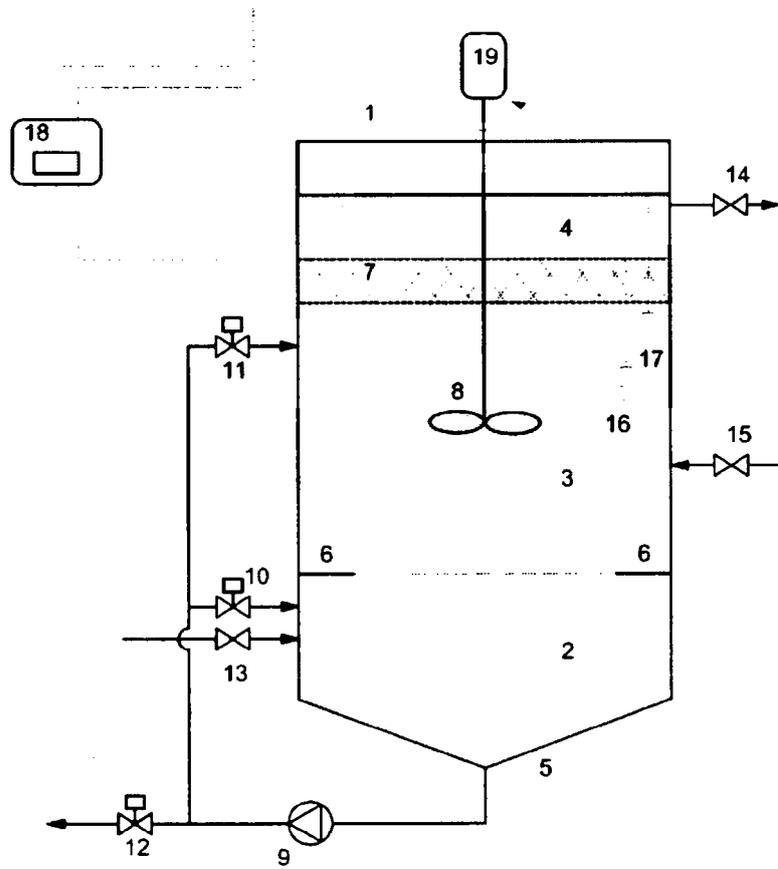
45

50

55

60

65



**Figura 1**



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 338 979

② Nº de solicitud: 201000058

③ Fecha de presentación de la solicitud: 12.01.2010

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: C02F 3/30 (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 6086765 A (EDWARDS et al.) 11.07.2000, figura 1; columnas 2-5.	1-16
A	WO 2009096797 A1 (NTNU TECHNOLOGY TRANSFER AS; PHATTARANAWIK JIRACHOTE) 06.08.2009, figura 1; páginas 10-12.	1-16
A	DE 19717758 A1 (HARRENDORF HEINZ DIPL ING) 29.10.1998, resumen; figura 1.	1-16
A	US 2005040107 A1 (KASPARIAN et al.) 24.02.2005, figura 3; párrafos 34-41,55.	1-16

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

29.04.2010

Examinador

A. Urrecha Espluga

Página

1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C02F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, XPESP, NPL.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 29.04.2010

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-16	<b>SÍ</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-16	<b>SÍ</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión:**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

**1. Documentos considerados:**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 6086765 A	11.07.2000
D02	WO 2009096797 A1	06.08.2009
D03	DE 19717758 A1	29.10.1998
D04	US 2005040107 A1	24.02.2005

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El objeto de la invención es un reactor biológico anóxico-anaerobio para la depuración y la eliminación de nutrientes de aguas residuales que comprende un depósito compartimentado verticalmente en tres zonas, anaerobia, anóxica y de clarificación.

El documento D01 divulga un reactor biológico anóxico-anaerobio que comprende un depósito compartimentado verticalmente en tres zonas: anaerobia, anóxica y aerobia, una entrada de agua residual en la interfase anaerobia-anóxica, una salida desde la zona aerobia, un sistema de mezcla en la zona anaerobia, otro sistema de mezcla en la zona anóxica, un sistema de acumulación de fangos en la zona anaerobia, un sistema de recirculación de biomasa mediante bombas y un sistema de purga de fangos (figura 1, columnas 2-5).

El documento D02 divulga un reactor biológico que comprende un depósito compartimentado verticalmente en dos zonas: anóxica/anaerobia y aerobia, una entrada del agua residual en la zona anaerobia, una salida desde la zona de aerobia y una entrada de recirculación del efluente de la etapa aerobia en la zona anóxica/anaerobia, un sistema de acumulación de fangos en la zona anaerobia y una sistema de purga de fangos. El reactor dispone de un separador entre la zona anaerobia y aerobia, y biopelícula en la zona aerobia (figura 1, páginas 10-12).

El documento D03 divulga un reactor biológico anóxico-anaerobio para la depuración y la eliminación de nutrientes de aguas residuales que comprende un depósito compartimentado verticalmente en tres zonas: anaerobia, anóxica y aerobia (resumen, figura 1).

El documento D04 divulga un reactor biológico anóxico-anaerobio para la depuración y la eliminación de nutrientes de aguas residuales que comprende un depósito compartimentado de forma concéntrica en tres zonas, aerobia, anóxica y de clarificación, con una zona anaerobia en el fondo del reactor (figura 3, párrafos 34-41, 55).

Ninguno de los documentos citados, ni ninguna combinación relevante de los mismos, divulga un reactor biológico anóxico-anaerobio para la depuración y eliminación de nutrientes de aguas residuales que comprende un depósito dividido verticalmente en tres zonas, anaerobia, anóxica y de clarificación, en el que la zona de clarificación disponga de un soporte fijo y separador sólido-líquido para la formación de biopelícula que favorezca la separación de los sólidos arrastrados por el flujo del agua y la tranquilización o reducción de la turbulencia entre las zonas anóxica y de clarificación, de manera que el efluente obtenido sea un agua clarificada y de baja carga lo que favorece la realización de una etapa aerobia posterior del tipo biopelícula.

En consecuencia, el objeto técnico de las reivindicaciones 1-16 es nuevo e implica actividad inventiva (Artículos 6 y 8 de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes).