

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 952**

21 Número de solicitud: 201830763

51 Int. Cl.:

C02F 9/14 (2006.01)

C02F 3/28 (2006.01)

C02F 101/16 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

25.07.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

27.01.2020

Fecha de concesión:

25.05.2020

45 Fecha de publicación de la concesión:

01.06.2020

73 Titular/es:

**INGENIERÍA DE OBRAS ZARAGOZA, S.L.
(100.0%)**

**C/ Madre Rafols, nº2, 7º Of. 5b (Edificio Aida)
50004 ZARAGOZA (Zaragoza) ES**

72 Inventor/es:

MURRIA MARTÍN, Joaquín

74 Agente/Representante:

CAPITAN GARCÍA, Nuria

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE DESNITRIFICACIÓN BIOLÓGICA**

57 Resumen:

Proceso de desnitrificación biológica que permite la eliminación biológica de nitritos y nitratos en el agua, también la eliminación biológica de sulfatos en el agua. El proceso comprende las etapas:

- Acondicionamiento del agua bruta, mediante fuente de carbono, nutrientes y adecuación del pH.
- Desnitrificación: Filtrado del agua a través de un filtro cerrado de lecho fijo en flujo ascendente y en situación de anoxia.
- Filtración de afino del agua a través de un filtro de zeolita.
- Lavado de los filtros.

- Oxidación. Se añadirá una etapa de oxidación con dos objetivos: incrementar el potencial de oxidación-reducción y eliminar posibles bacterias.

El procedimiento permite la eliminación de los sulfatos del agua, mediante un proceso de reducción-oxidación empleando bacterias sulfato reductoras (BSR), se eliminan iones sulfatos.

El proceso presenta un mínimo coste de mantenimiento, una gestión más sencilla del manejo de la planta y un menor impacto medioambiental.

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 738 952 B2

DESCRIPCION

PROCEDIMIENTO DE DESNITRIFICACION BIOLÓGICA.

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

Es objeto de la presente invención, tal y como el título de la invención establece, un procedimiento de desnitrificación, es decir la retirada biológica de nitritos y nitratos del agua que es llevada a cabo mediante un proceso de desnitrificación biológica de tipo
10 heterótrofo.

Caracteriza a la presente invención la especial configuración y diseño de los medios y etapas del proceso de manera que el proceso presenta un mínimo coste de mantenimiento, una gestión más sencilla del manejo de la planta y un menor impacto
15 medioambiental al no generar residuos de gestión compleja.

Además, el procedimiento objeto de la invención permite también la eliminación de los sulfatos del agua, ya que en el procedimiento de desnitrificación biológico objeto de la invención el pool de bacterias desnitrificantes también origina una reducción de los
20 sulfatos, en el caso de una concentración elevada de los mismos en el agua a tratar.

Por lo tanto, la presente invención se circunscribe dentro del ámbito de los procesos de desnitrificación.

25 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Actualmente muchos municipios presentan problemas en cuanto a las condiciones de suministro de agua potable para uso de abastecimiento, debido a la propia calidad del agua, que presenta niveles altos de nitratos (NO_3) y sulfatos (SO_4), por encima de los
30 valores límites establecidos en el R.D. 140/2.003.

El origen de dichos niveles altos de contaminación puede ser natural, como resultado de la disolución de yesos geológicos en la percolación del agua o de origen artificial como por ejemplo de agentes detergentes y productos agrícolas.

35

La reglamentación técnico-sanitaria española (R.D. 140/2003) establece como valores máximos de concentración de dichos contaminantes en el agua de consumo los siguientes:

	Sulfatos:	250 mg/l
5	Nitratos:	50 mg/l

La desnitrificación biológica es la reducción del ion nitrato (NO_3^-), presente en el suelo o en el agua, a nitrógeno gas (N_2), la sustancia más abundante en la composición del aire, que se escapará a la atmósfera. En el ciclo biogeoquímico del nitrógeno, mediante la desnitrificación se devuelve a la atmósfera el nitrógeno no consumido por las plantas.

Las reacciones se producen por la intervención de bacterias anóxicas de carácter heterótrofo. Se necesita ausencia de oxígeno en el medio y presencia de materia orgánica como fuente de carbono para la síntesis. Las bacterias con capacidad para realizar la desnitrificación toman como aceptor de electrones al nitrato (o el nitrito en algún caso) con el objetivo de obtener la energía necesaria para el crecimiento.

En ausencia de O_2 disuelto o en concentraciones limitadas, se induce la actividad nitrato reductasa (enzima) de la cadena de transporte de electrones de la bacteria. Esto colabora en la transferencia de hidrogeno y electrones al NO_3^- que actúa como aceptor de electrones.

Los pasos que tienen lugar a lo largo del proceso de reducción del nitrato se presentan a continuación.



En la actualidad existen ya otros procesos de eliminación de nitratos por vía biológica.

- El proceso Anammox (oxidación anaeróbica de amonio) puede considerarse como un atajo en el ciclo natural del nitrógeno donde el amonio y el nitrito son convertidos a gas nitrógeno. Este proceso es llevado a cabo por un grupo de bacterias autótrofas capaz de oxidar el amonio a nitrógeno gas utilizando nitrito como aceptor de electrones, sin necesidad de aportar materia orgánica ni oxígeno.

Para poder aplicar el proceso Anammox es necesario disponer de un efluente con concentraciones adecuadas de nitrito y amonio por lo que suele ser preciso oxidar previamente el 50% del amonio a nitrito.

5 La aplicación generalizada de los procesos tipo Anammox se ha visto limitada debido en gran parte a la baja tasa de crecimiento de las bacterias Anammox y a su sensibilidad frente a elevadas concentraciones de oxígeno disuelto, nitritos, ácido nitroso libre y amoníaco libre

10 Los inconvenientes de este proceso de desnitrificación son:

- Requiere un aporte de oxígeno para la oxidación de amonito a nitritos.
- Tienen que realizarse en un tanque abierto.
- Este procedimiento requiere un tipo determinado de bacterias autótrofas.

15 ○ No permite la eliminación de sulfatos.

- Proceso basado en la tecnología UFBAF (Up-Flow Biological Aerated Filter), y es un proceso de filtración basado en procesos naturales desarrollados por microorganismos que modifican compuestos químicos.

20

En este sistema los microorganismos ya se encuentran de forma natural en las aguas a tratar y se favorece un ambiente apropiado para su desarrollo.

25 El proceso puede ser aerobio o anaerobio en función de los contaminantes a tratar. Los nitratos se eliminan por reducción biológica, en condiciones anaerobias, con el aporte de una fuente de carbono externa, transformando el nitrato a nitrógeno gas, liberándose éste a la atmósfera. Los metales se eliminan por oxidación biológica, en condiciones aerobias, es decir, con el aporte de oxígeno.

30

La aplicación del proceso consiste en el uso de bacterias desnitrificantes para la reducción del nitrato a nitrógeno gas en condiciones de ausencia de oxígeno.



35

Para un correcto desarrollo de la biomasa, el proceso necesita de unas condiciones adecuadas, que incluyan entre otros, una fuente de alimentación, ausencia de oxígeno, así como un soporte donde se puedan fijar los microorganismos y un reactor donde se realice el tratamiento.

5

Los inconvenientes de este sistema de desnitrificación son:

- Requiere un aporte o aireación con oxígeno
- Requiere un filtro de carbón activo
- Este proceso no permite la eliminación de sulfatos.

10

Por lo tanto, es objeto de la presente invención superar los inconvenientes apuntados de requisitos particulares, limitación a un filtro de lecho fijo concreto, la no posibilidad de eliminación de sulfatos, la necesidad de un aporte de oxígeno, desarrollando un procedimiento como el que a continuación se describe y queda recogido en su esencialidad en la reivindicación primera.

15

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Es objeto de la presente invención un proceso de desnitrificación biológica que reproduce el proceso de desnitrificación tal y como ocurre en la naturaleza.

20

El sistema está compuesto por un filtro biológico de lecho fijo donde se desarrolla la desnitrificación biológica, un filtro físico donde se retiene la materia en suspensión y posible turbidez del agua y una adición de oxidante, además del sistema de lavado de equipos.

25

El sistema diseñado, además de desnitrificar, permite la eliminación de un porcentaje variable de los sulfatos disueltos en el agua bruta, además de los sólidos y las partículas en suspensión.

30

El procedimiento cuenta con las siguientes etapas:

- Acondicionamiento del agua bruta, mediante fuente de carbono, nutrientes y adecuación del pH.

- Desnitrificación: Filtrado del agua a través de un filtro cerrado de lecho fijo en flujo ascendente y en situación de anoxia. En esta etapa se produce la reducción del nitrato a nitrógeno atmosférico.
 - Filtración de afino del agua a través de un filtro de zeolita. En esta etapa se reducen los niveles de sólidos orgánicos, olores y sabores.
 - Lavado de los filtros. El agua resultante de los lavados puede verterse a la red de saneamiento municipal.
 - Oxidación. Se añadirá una etapa de oxidación con dos objetivos:
 - Incrementar el Potencial de oxidación-reducción (ORP) del agua producto.
 - Eliminar posibles bacterias o materia orgánica que quedase en el agua, con el fin de garantizar un agua segura para el consumo, a la par que se evita aumentar el consumo de cloro de desinfección.
- 15 El procedimiento objeto de la invención permite también la eliminación de los sulfatos del agua.

En el procedimiento de desnitrificación se ha observado que el pool de bacterias desnitrificantes también origina una reducción de los sulfatos, en el caso de una concentración elevada de los mismos en el agua a tratar.

La desulfatación biológica es un proceso de reducción-oxidación que se produce naturalmente por bacterias sulfato reductoras (BSR) en el que se eliminan iones sulfatos

Salvo que se indique lo contrario, todos los elementos técnicos y científicos usados en la presente memoria poseen el significado que habitualmente entiende un experto normal en la técnica a la que pertenece esta invención. En la práctica de la presente invención se pueden usar procedimientos y materiales similares o equivalentes a los descritos en la memoria.

A lo largo de la descripción y de las reivindicaciones la palabra “comprende” y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la

invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION.

5

Seguidamente un modo de realización preferente de la invención propuesta.

- Acondicionamiento del Agua Bruta.

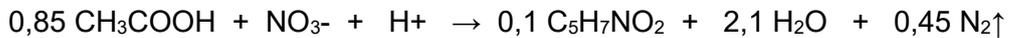
10 El equipo de desnitrificación biológico requiere para su funcionamiento el aporte de los elementos que necesitan los microorganismos para realizar la transformación del nitrato (NO_3^-) a nitrógeno gas (N_2). Estos elementos son fuente de carbono y nutrientes.

15 En términos de desnitrificación biológica, la fuente de carbono puede ser:

- La materia orgánica biodegradable soluble presente en el agua a tratar. En general, es baja en el agua de abastecimiento.
- La materia orgánica biodegradable soluble producida durante el decaimiento endógeno (respiración endógena).
- Una fuente de carbono externa, puede emplear ácido acético o láctico.

20

La reacción que describe la acción de los microorganismos teniendo el NO_3^- como
25 aceptor de electrones dosificando ácido acético como fuente de carbono es:



La energía obtenida de este proceso será utilizada por los microorganismos para su
30 crecimiento bacteriano.

La reacción de desnitrificación se lleva a cabo en un rango de pH, por lo que se deberá regular el pH del agua bruta mediante la adición de los correspondientes reactivos.

35

Por tanto, los productos utilizados para el acondicionamiento del agua bruta y aporte de nutrientes son los siguientes:

- 5 Ácido Acético o láctico
- Ácido Fosfórico u ortofosfato
- Hidróxido de sodio.

La adecuación del agua bruta se realiza mediante un sistema de bombas dosificadoras que inyectan directamente en la conducción de agua estos componentes con un caudal de acuerdo a la caracterización del agua bruta y los requerimientos de calidad del agua de salida.

- Desnitrificación

15 Tras el proceso de adecuación del agua bruta, esta pasa por el filtro de desnitrificación donde se lleva a cabo el proceso de reducción de los nitratos a nitrógeno gas.

El filtro de desnitrificación será un filtro cerrado a presión, de flujo ascendente, con lecho fijo. Se creará un ambiente de ausencia de oxígeno para favorecer el desarrollo de las familias de bacterias adecuadas.

Como material de soporte bacteriano se utiliza aluminosilicato expandido exclusivamente, dado que las características de porosidad y granulometría permiten un rápido desarrollo de la colonia bacteriana.

25 En este lecho filtrante se encuentra la biomasa adherida donde las bacterias desnitrificantes facultativas realizan la transformación del nitrato en nitrógeno atmosférico. Las bacterias desnitrificantes existentes en el filtro provienen de la inoculación de un cultivo de las siguientes familias de bacterias:

30 Bacillus megaterium, Bacillus polymyxa, Bacillus subtilus, Bacillus licheniformis, Bacillus thuringiensis, Pseudomonas putida, Saccharomyces cerevisiae, y Trichoderma reesei.

Todos estos microorganismos del compuesto inoculado en el filtro son clasificados Agentes del GRUPO DE RIESGO I según los Grupos de Riesgo de la Organización Mundial de la Salud.

5 - Filtración de afino

Tras el proceso de desnitrificación, el agua pasará por un filtro cerrado de flujo ascendente donde se realizará una filtración de mayor afino de los sólidos de materia orgánica, posibles olores y/o sabores y adsorción de otro tipo de posibles contaminantes. El medio filtrante de esta etapa es zeolita natural.

Este lecho cumple con labores de filtración y retención física, por lo que el material de relleno se ha seleccionado para que no se produzca un desarrollo de bacterias.

15 El dimensionamiento del filtro de afino se ha realizado en función de obtener una velocidad de filtración inferior a $1 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$, con el fin de que la velocidad de paso no sea muy elevada, lo que originaría arrastre del lecho filtrante.

20 Los filtros de afino disponen de un juego de válvulas que permiten aislar cualquiera de dichos filtros, así como poder realizar contralavados periódicos para eliminar la materia retenida.

- Lavado de filtros

25 Dentro del proceso biológico de eliminación de nitratos y sulfatos es necesario realizar contralavados de los filtros y eliminar el lodo generado y bacterias muertas.

30 El proceso de lavado de los filtros del equipo se realiza cada 24 horas o por diferencia de presión alcanzada. Cada secuencia de lavado requiere un consumo de agua de entre 5% a 10% del volumen máximo de agua diaria tratada por el equipo.

El agua a utilizar en los lavados puede ser agua bruta sin acondicionar y procedente del depósito de cabecera o también se puede utilizar agua ya tratada, siempre y cuando la concentración de cloro libre no sobrepase los 2 ppm.

35

El agua resultante de los lavados es un agua con un contenido de materia orgánica de las fases del biológico y de la filtración afino. La caracterización de esta agua es residual doméstica de concentración débil de DQO, DBO5 y SS. Esta agua de lavados tiene calidad suficiente como para ser vertida directamente al colector municipal sin
5 necesidad de realizarle ningún tratamiento previo o utilizarse como agua de riego para el campo.

- Oxidación

10 Tras la filtración de afino, se dispone una etapa de oxidación para incrementar el potencial de oxidación-reducción y si es necesario eliminar posibles bacterias o materia orgánica que quedase en el agua, con el fin de garantizar un agua segura para el consumo, a la par que se evita aumentar el consumo de cloro de desinfección.

15 Se opta por una dosificación de peróxido de hidrógeno como fase oxidante.

- Desulfatación

El procedimiento objeto de la invención permite también la eliminación de los sulfatos del agua, etapa que puede realizarse inmediatamente a continuación de la desnitrificación y antes de la filtración de afino.
20

La desulfatación biológica es un proceso de reducción-oxidación que se produce naturalmente por bacterias sulfato reductoras (BSR) en el que se elimina iones
25 sulfatos.

Las bacterias sulfato reductoras (BSR) son microorganismos anaerobios que utilizan moléculas en base a azufre como aceptores finales de electrones para realizar sus funciones metabólicas.
30

Son bacterias adaptables que suelen encontrarse en ambientes anóxicos con concentraciones elevadas en sulfatos (aguas residuales, depósitos de sulfuro, pozos petrolíferos,...). Tradicionalmente se distinguen dos grupos respecto a la forma de oxidar la materia orgánica: un primer grupo que oxida parcialmente la materia,
35 constituido por géneros como Desulfovibrio, Desulfomonas, Desulfotomaculum,

Desulfobulbus y Thermodesulfobacterium y un segundo grupo que reduce el resto de la materia a CO_2 , que son las bacterias Desulfobacter, Desulfococcusa, Desulfosarcina, Desulfonema y Desulfobacterium. Ambos grupos, aparte de degradar la materia orgánica parcial o totalmente, producen como subproducto sulfuro de hidrógeno.

Estas bacterias pueden realizar la reducción de sulfatos a sulfuros y finalmente a sulfuro de hidrógeno en condiciones anaerobias.

10 En el procedimiento descrito se ha observado que el pool de bacterias desnitrificantes definido en el apartado anterior, también origina una reducción de los sulfatos, en el caso de una concentración elevada de los mismos en el agua a tratar. De esta forma, alimentando el reactor con una corriente de agua con una concentración elevada de sulfatos, ofreciendo un medio para el crecimiento y retención de las bacterias y
15 aditivando la fuente de carbono necesaria se puede promover la conversión de los sulfatos en sulfuro de hidrógeno junto con los procesos de desnitrificación ya descritos.

Para la eliminación de los sulfatos en agua se obtendrán mejores rendimientos mediante la inclusión en el pool de bacterias inoculado de varios grupos de las
20 bacterias sulforreductoras definidas previamente.

Como subproducto del proceso biológico se generará sulfuro de hidrógeno, dando ese característico olor a huevos podridos a concentraciones superiores a 2 ppm.

25 Para su eliminación hemos dispuesto de una torre de aireación a continuación del proceso de desulfatación biológica.

En las torres de aireación, el agua se pone en contacto con el aire, con el objetivo de modificar la concentración de sustancias volátiles o eliminar gases remanentes. En
30 nuestro caso el objetivo es eliminar el sulfuro de hidrógeno producido en la desulfatación biológica.

El proceso de aireación en la torre cumple el objetivo de purificación del agua como sistema complementario del proceso de reducción de sulfatos del agua, mediante el
35 arrastre o barrido de sustancias volátiles, causado normalmente por la mezcla

turbulenta del agua con el aire del medio ambiente y por el proceso de oxidación de los metales y los gases. Esto significa aumentar el contenido de oxígeno y disminuir el contenido de dióxido de carbono, metano, sulfuro de hidrógeno y compuestos orgánicos volátiles. En el intercambio de gases que se produce en este proceso, 5 tienen lugar simultáneamente: la aireación/absorción y la transferencia de gas/desorción.

Hemos optado por la implantación de un aireador en cascada, por su nulo consumo energético. En este tipo de aireadores el agua se deja caer, en láminas o capas 10 delgadas sobre uno o más escalones o bandejas para producir turbulencias en donde el agua entra en contacto íntimo con el aire creando la transferencia de gas. De cara a su utilización en plantas de tratamiento para caudales pequeños o medios, el sistema propuesto es económico, no se requiere energía adicional y el mantenimiento es sencillo.

15

Los gases generados en el proceso de aireación se harán circular por una cámara con perlas de carbón activado, que absorben y acumulan el sulfhídrico generado.

Descrita suficientemente la naturaleza de la presente invención, así como la manera 20 de ponerla en práctica, se hace constar que, dentro de su esencialidad, podrá ser llevada a la práctica en otras formas de realización que difieran en detalle de la indicada a título de ejemplo, y a las cuales alcanzará igualmente la protección que se recaba, siempre que no altere, cambie o modifique su principio fundamental.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de desnitrificación biológico caracterizado por que comprende las siguientes etapas:

- 5
- acondicionamiento del agua bruta, mediante fuente de carbono, nutrientes y adecuación del pH;
 - desnitrificación: filtrado del agua a través de un filtro cerrado de lecho fijo basado exclusivamente en aluminosilicato expandido en flujo ascendente y en situación de anoxia; en esta etapa se produce la reducción del nitrato a
- 10
- filtración de afino del agua a través de un filtro cerrado de flujo ascendente donde se realizará una filtración de mayor afino de los sólidos de materia orgánica, posibles olores y/o sabores y adsorción de otro tipo de posibles contaminantes empleando un filtro de zeolita;
- 15
- lavado de los filtros; el agua resultante de los lavados puede verterse a la red de saneamiento municipal;
 - oxidación; se añadirá una etapa de oxidación con dos objetivos:
 - incrementar el Potencial de oxidación-reducción (ORP) del agua producto;
- 20
- eliminar posibles bacterias o materia orgánica que quedase en el agua, con el fin de garantizar un agua segura para el consumo, a la par que se evita aumentar el consumo de cloro de desinfección.

2.- Procedimiento de desnitrificación biológico según la reivindicación 1 caracterizado por que la fuente de carbono es:

- 25
- la materia orgánica biodegradable soluble presente en el agua a tratar; en general, es baja en el agua de abastecimiento;
 - la materia orgánica biodegradable soluble producida durante el decaimiento endógeno (respiración endógena);
- 30
- una fuente de carbono externa, puede emplear ácido acético o láctico;

y los nutrientes son alguno o combinación de los siguientes:

Ácido Acético o láctico

Ácido Fosfórico u ortofosfato

Hidróxido de sodio.

5 3.- Procedimiento de desnitrificación biológico según la reivindicación 1 ó 2 caracterizado por que como material de soporte bacteriano se utiliza aluminosilicato expandido y las bacterias desnitrificantes existentes en el filtro provienen de la inoculación de un cultivo de las siguientes familias de bacterias:

10 Bacillus megaterium, Bacillus polymyxa, Bacillus subtilus, Bacillus licheniformis, Bacillus thuringiensis, Pseudomonas putida, Saccharomyces cerevisiae, y Trichoderma reesei.

15 4.- Procedimiento de desnitrificación biológico según la reivindicación 1 ó 2 caracterizado por que el dimensionamiento del filtro empleado en la etapa de filtración de afino se ha realizado en función de obtener una velocidad de filtración inferior a 1 m³/m².h

20 5.- Procedimiento de desnitrificación biológico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que la oxidación tiene lugar mediante una dosificación de peróxido de hidrógeno.

25 6.- Procedimiento de desnitrificación biológico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que permite la realización de una desulfatación a continuación de la desnitrificación mediante bacterias sulfato reductoras.

7.- Procedimiento de desnitrificación biológico según la reivindicación 6 caracterizado por que las bacterias sulfato reductoras (BSR) se realiza con uno o con los dos grupos siguientes de bacterias:

- 30 - primer grupo que oxida parcialmente la materia, constituido por géneros como Desulfovibrio, Desulfomonas, Desulfotomaculum, Desulfobulbus y Thermodesulfobacterium y
- un segundo grupo que reduce el resto de la materia a CO₂, que son las bacterias Desulfobacter, Desulfococcusa, Desulfosarcina, Desulfonema y
- 35 Desulfobacterium;

donde ambos grupos, aparte de degradar la materia orgánica parcial o totalmente, producen como subproducto sulfuro de hidrógeno.

5 8.- Equipo para desnitrificación de acuerdo al procedimiento de desnitrificación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 caracterizado por que comprende un filtro biológico de lecho fijo donde se desarrolla la desnitrificación biológica, un filtro físico donde se retiene la materia en suspensión y posible turbidez del agua y una adición de oxidante, además del sistema de lavado de equipos.

10 9.- Equipo para desnitrificación y desulfatación según la reivindicación 8 caracterizado por que además comprende una torre de aireación a continuación del proceso de desulfatación biológica, donde dicha torre de aireación es una torre de aireación en cascada.