

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 925 463**

51 Int. Cl.:

C02F 3/28 (2006.01)

C12M 1/107 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2019 E 19154556 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2022 EP 3689829**

54 Título: **Torre de depuración anaerobia de aguas residuales**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.10.2022

73 Titular/es:

**WATERLEAU GROUP NV (100.0%)
Nieuwstraat, 26
3150 Wespelaar, BE**

72 Inventor/es:

Los inventores han renunciado a ser mencionados

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 925 463 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Torre de depuración anaerobia de aguas residuales

5 La invención se refiere al campo del tratamiento anaerobio de aguas, y en particular a una nueva torre de depuración anaerobia de aguas residuales.

Antecedentes de la invención

10 Es posible que las industrias que generan aguas residuales contaminadas deban proceder a una depuración de sus aguas residuales antes de enviarlas a otros procesos de tratamiento o proceder a una depuración suficiente para poder liberarlas en el ciclo natural del agua.

15 Una unidad de tratamiento de agua común y conveniente que ocupa poco espacio es un reactor anaerobio de tratamiento de aguas residuales y, en particular, un UASB, un subtipo de reactor de lecho fluidizado. En dichas torres, el agua residual se inyecta en la parte inferior del reactor, en la que se mantiene en suspensión un manto de lodo granular de microorganismos debido a una combinación del flujo ascendente y el efecto de sedimentación de la gravedad, cada gránulo que se constituye de varias capas, que se constituyen de un consorcio de diferentes tipos de microorganismos, arqueas, bacterias, entre otros. Además del agua (fase líquida) y los lodos (fase sólida), también
20 está presente el biogás (fase gaseosa). Las bacterias producen biogás tras la descomposición de las impurezas orgánicas disueltas en las aguas residuales.

25 Si bien la mayor parte del lodo debe mantenerse (reciclarse/gastarse/fluidizarse) en el reactor, el biogás y el efluente se extraen. El agua purificada converge hacia la parte superior del reactor, donde se extrae del reactor como agua purificada efluente. El biogás se recoge del tanque de gas y se usa preferentemente como fuente de energía después de cierto pretratamiento.

30 Como se ilustra en las figuras 1a y 1b, que son dos vistas en cortes laterales esquemáticas del mismo reactor anaerobio 1 desde diferentes lados, el agua residual fluye hacia los reactores por la parte inferior 2 de la torre 1, que se dispone con un panel oblicuo 3 para promover el deslizamiento de la materia sólida de sedimentación hacia el borde del panel. Las entradas de aguas residuales se sitúan en la parte inferior del panel para asegurar que el flujo ascendente retome los lodos de sedimentación. Sin embargo, esto es moderadamente eficiente porque parte del lodo sedimentado tiende a permanecer en la porción oblicua, lo que reduce de esta manera la cantidad de lodo en la zona de mezcla activa. Los grandes paneles oblicuos 3 en la parte inferior también limitan el volumen del volumen activo 4
35 en el que se mezclan los lodos con el agua, limitando de esta manera la eficiencia del sistema.

40 Para separar el gas de la mezcla de agua y lodo, se disponen superpuestas varias capas de sedimentadores 5, o separadores trifásicos, a dos alturas diferentes del reactor anaerobio, que se disponen como una sola torre, un primer conjunto de capas a aproximadamente 2/3 de la altura y un segundo conjunto de capas de sedimentadores cerca de la parte superior, el espacio entre los conjuntos de sedimentadores se denomina zona de pulido 7. Alternativamente, también es posible que una torre tenga solo un sedimentador o que tenga tres sedimentadores.

45 Los sedimentadores se diseñan como canales invertidos con paredes laterales verticales y se disponen cercanos entre sí con un espacio entre ellos para permitir el flujo ascendente de agua, junto con parte del gas. Las burbujas de gas, que tienen un movimiento ascendente, son atrapadas debajo del sedimentador (campana de gas) y guiadas a lo largo del sedimentador (campana de gas), hacia un canal de extracción central 6. Las burbujas de gas también transportan lodo y su movimiento asegura la mezcla del lodo. Los sedimentadores también tienen la función de separar el lodo de las burbujas de gas antes de que se extraigan, el lodo separado puede entonces volver a bajar a la zona activa, debido a la gravedad.
50

55 Un problema de los llamados separadores "trifásicos" es que la recolección eficiente del gas requiere al menos tres o cuatro capas de campanas de gas en ambos niveles, tomando una altura no despreciable de la torre y reduciendo de esta manera el volumen activo donde el lodo puede mezclarse y reaccionar con agua, y de esta manera también reduciendo la eficiencia general del sistema. La altura de dichos sedimentadores también conduce a un gran volumen no usado, que por lo tanto no se usa de manera eficiente para degradar los contaminantes.

La única manera de aumentar su rendimiento es aumentar el tamaño y el espacio que ocupa la torre.

60 El documento EP0808805A1 y el documento US2009/308806A1 describen dos torres de depuración anaerobia de aguas residuales.

El objeto de la invención es aumentar la eficiencia de la torre UASB al mismo tiempo que se limita el espacio que ocupa y se optimiza la altura.

Solución de la invención

Para ello, la invención se refiere a una torre de depuración anaerobia de aguas residuales que comprende un reactor de lodos con, visto desde la parte inferior:

- 5 – una zona de entrada de aguas residuales,
- una zona activa,
- un primer conjunto de medios de separación trifásicos para separar lodo, gas y agua, que comprende al menos dos capas de campanas de gas adyacentes que se conectan a un tanque colector de gas que se coloca encima del reactor, y
- 10 – una salida de efluente de agua limpia, en donde las campanas de gas son láminas en forma de campanas para mejorar la separación de lodos, gas y agua, caracterizada porque las capas de láminas en forma de campanas se orientan en direcciones opuestas.

La zona activa es el volumen en el que las aguas residuales contaminadas se mezclan con los lodos activos convirtiendo los contaminantes orgánicos en (bio)gas.

15 Por láminas en forma de campanas, se hace referencia a láminas mayoritariamente paralelas, que definen canales inclinados desde una orientación vertical, la porción superior de cada lámina que se dobla para formar una campana, que cubre, pero no cierra, los canales.

20 Cada lámina con una parte superior doblada o campana forma una campana de gas. El principio de las láminas se conoce por favorecer la sedimentación de las materias sólidas en las tecnologías de tratamiento de aguas. La combinación del principio de sedimentación de láminas con el concepto de campana permite un efecto sinérgico en la separación al:

- 25 – reducir la trayectoria ascendente del gas, ya que la campana se superpone a la lámina adyacente, asegurando de esta manera la captura del gas en toda el área de la capa; esto resulta en
- la optimización de la recolección de gas por una capa de campanas de gas mientras
- aumenta la capacidad de sedimentación del separador trifásico debido a la mayor área de contacto que ofrecen las láminas, y de esta manera asegura un mejor tiempo de retención de lodos, a la vez que
- 30 – permite reducir el número de capas de campana de gas necesarias para una eficiencia óptima en comparación con los sistemas conocidos, reduciendo de esta manera el volumen del conjunto de separadores trifásicos, y
- dejando más volumen activo para convertir contaminantes y/o
- reduciendo el volumen y/o el espacio ocupado del sistema.

35 Este diseño de campana de gas, a priori simple, da como resultado un aumento drástico de la eficiencia de la torre de depuración de aguas residuales.

40 En un modo de realización ventajoso, cada campana de gas que se conecta al tanque colector de gas se proporciona con medios para mantener un amortiguador de gas en cada campana de gas. Mantener una capa de gas debajo de la campana en todo momento permite una mejor separación de sólidos/lodos.

El reactor de lodos de la torre de depuración anaerobia de aguas residuales de la invención puede comprender, además, por encima del primer conjunto de medios de separación trifásicos:

- 45 – una zona de pulido, y
- un segundo conjunto de medios de separación trifásicos que comprende al menos una capa de campanas de gas que se conecta en un extremo a un tanque colector de gas que se coloca encima del reactor.

50 La eficiencia de la torre de depuración de aguas residuales incluso mejora cuando se adopta una disposición especial de la zona de entrada o sistema de alimentación. En lugar de colocar un gran panel oblicuo en cuya parte inferior se deja entrar el agua, la parte inferior del reactor de manto de lodo tiene forma de acordeón, es decir, se dispone con pliegues que forman valles y crestas alternas, y las entradas de aguas residuales se extienden por encima y a lo largo de los valles. Debido a esta disposición, el lodo puede asentarse en varios taludes más pequeños. El flujo de agua residual de entrada puede recircular el lodo de sedimentación de manera más eficiente debido a la menor distancia

55 entre cualquier lodo de sedimentación y una entrada de aguas residuales, asegurando de esta manera la (re)circulación de lodo en la zona activa. El flujo ascendente general también es más homogéneo, lo que conduce a una mezcla optimizada de lodo y agua residual en la zona activa. En combinación con las láminas en forma de campanas únicas, la eficiencia general de la torre de depuración anaerobia de aguas residuales de alta velocidad es aún mayor. Sin embargo, este no sería el caso con los separadores trifásicos estándar, ya que estos no serían lo

60 suficientemente eficientes para manejar la mayor producción de gas resultante de la mayor recirculación y, por lo tanto, la actividad del lodo activo. En tal caso, se necesitarían más capas de separadores trifásicos estándar, lo que daría como resultado una torre más alta y/o una zona activa más pequeña. Esto sería contraproducente.

La invención se entenderá mejor con la siguiente descripción de varios ejemplos, con referencia a los dibujos

acompañantes en los cuales:

las Figuras 1a y 1b son dos vistas laterales esquemáticas de la misma torre 1 desde diferentes lados;

la Figura 2 es una vista lateral esquemática de una torre de depuración de aguas residuales de acuerdo con la invención;

la Figura 3 es una vista en corte en perspectiva del primer conjunto de medios de separación trifásicos de la torre de la Figura 2;

la Figura 4 es una vista en corte en perspectiva de los medios de conexión entre las campanas de gas y la caja colectora de gas de la invención;

la Figura 5 es una vista en perspectiva de una configuración preferida de la parte inferior de un reactor de acuerdo con la invención;

la Figura 6 ilustra una modalidad particular de recirculación interna de acuerdo con la invención, y

la Figura 7 es una vista en perspectiva de otra configuración de la parte inferior de un reactor de acuerdo con la invención.

Con referencia a la Figura 2, una torre de depuración anaerobia de aguas residuales de alta velocidad 21 comprende un reactor de manto de lodos 22 en el que se disponen de abajo hacia arriba en el siguiente orden una zona de entrada de aguas residuales 23, una zona más activa 24 que comprende lodos 39, un primer conjunto de medios de separación trifásicos 25 que comprende en la presente descripción dos capas de campanas de gas paralelas adyacentes 26 que se conectan a un tanque colector de gas 27 que se coloca encima del reactor 22 a través de un tubo ascendente 32, una zona de pulido 28, un segundo conjunto de medios de separación trifásicos 29 que comprende una capa de campanas de gas 30 que se conectan al tanque colector de gas 27 a través del tubo ascendente 32, y una salida de efluente de agua limpia 31, que puede comprender un vertedero (no se representa). Un bajante 33 conecta la parte inferior del tanque colector de gas 27 al área activa 24. La parte inferior 20 del reactor 22 tiene aquí una forma de acordeón.

La zona de entrada 23 puede comprender cualquier forma de entrada de aguas residuales conocida en la técnica del reactor UASB, o un tipo específico de lazos de agua como se describirá a continuación.

Las campanas de gas 26 del primer conjunto de medios de separación trifásicos de los sedimentadores 25 se representan en la presente descripción idénticas a las campanas de gas 30 del segundo conjunto de sedimentadores 29. Sin embargo, el primer conjunto 25 comprende en la presente descripción dos capas de campanas de gas para una sola capa en el segundo conjunto 29. También sería posible tener más capas.

Las campanas de gas 26 y 30 son láminas en forma de campanas. La estructura del primer conjunto de sedimentadores 25 se detalla en la Figura 3. La torre 21 es aquí una torre cilíndrica. El conjunto de sedimentadores se dispone en una porción del cilindro. Las campanas de gas 26 se disponen en la presente descripción paralelas a ambos lados de un compartimento central o caja colectora 34 que divide la porción del cilindro a lo largo de su diámetro. Las campanas de gas son perpendiculares al compartimento 34 y se disponen horizontalmente hacia el compartimento para favorecer el flujo del gas hacia el compartimento central.

Cada campana de gas es un tipo de canal largo invertido que se dispone horizontalmente y que uno de sus extremos se conecta a la caja colectora de gas 34. La caja colectora de gas 34 se dispone con un orificio 35 en el medio de su cara superior para dejar pasar el bajante 33 y otro orificio 36 también en su cara superior para conectar el tubo ascendente 32. Cada campana de gas 26 consta de un panel oblicuo 37, que se curva o dobla hacia abajo tipo gancho en la parte superior 38. Los paneles 37 de las campanas de gas adyacentes 26 son paralelos, la parte superior 38 de un panel se superpone verticalmente a la parte inferior de la campana de gas adyacente, si la hay, formando de esta manera una campana. En la presente descripción se representan dos capas de campanas de gas con los paneles 37 de cada capa inclinados en dirección opuesta. Se prefieren las campanas de gas direccionales opuestas para una eficiencia óptima.

Los paneles paralelos 37, muestran similitudes con las conocidas láminas (sedimentadores) generalmente usadas para promover la sedimentación, debido a su gran superficie. Estos paneles 37 pueden por lo tanto desempeñar en la presente descripción la misma función, aunque pueden ser de menor tamaño y/o superficie que las láminas habituales. De hecho, se puede limitar la altura para reducir la altura global del primer conjunto de sedimentadores 25. La parte superior en forma de campana 38 forma una campana para recoger biogás, el término láminas en forma de campanas puede usarse para describir estas campanas de gas particulares.

Una vez descritos los distintos elementos de la torre, se explicará el tratamiento de aguas residuales en sí.

El reactor 22 está lleno de agua en todo momento. No contiene nada de oxígeno, el tratamiento es estrictamente anaerobio. Se asegura un equilibrio de entrada y salida de agua para evitar sobrepresiones en el reactor.

El agua residual ingresa al reactor 22 hacia su parte inferior 34 con un flujo determinado, que se ajusta para promover la turbulencia en la zona activa 24, donde se encuentra el lodo. El lodo se refiere a partículas de microorganismos capaces de digerir los contaminantes orgánicos solubles del agua en metano y agua principalmente. Típicamente, el

reactor de torre se llena con lodo anaerobio granular de sedimentación de pozos de otros reactores para acortar la fase de puesta en marcha y adaptación.

5 La digestión del contaminante genera metano en forma de burbujas de gas, que ascienden hacia la primera capa de láminas en forma de campanas 26 del primer conjunto de sedimentadores 25, junto con algo de lodo. Las burbujas de gas ascienden entre las láminas y quedan atrapadas bajo las campanas 38. A medida que las burbujas ascienden, posiblemente entran en contacto con las láminas 37 que favorecen la separación de las burbujas y el lodo que quedan en los paneles 37 y luego bajan de nuevo a la zona activa, por gravedad.

10 El gas atrapado debajo de las campanas 38 fluye hacia el compartimiento de recolección de gas 34, creando un efecto de elevación de gas que lleva el lodo de debajo del compartimiento de recolección con un flujo suficiente hacia el tubo ascendente 32 para promover el ascenso del licor mezclado (lodo y agua) y el gas hasta el tanque colector de gas 27, que se equipa con una salida de gas, que generalmente se coloca en la parte superior (no se representa). El licor mezclado que subió junto con el gas se decanta y recircula a la zona activa 24 a través del bajante 33, bajo la fuerza de la gravedad en el tanque 27 y crea un importante efecto de mezcla extra que se describirá más adelante.

15 La segunda capa de láminas en forma de campanas permite que el gas restante, que no se extrajo a través de la primera capa, quede atrapado de manera similar y que el lodo restante se separe más y se recircule hacia abajo. Aquí se ilustran dos capas de láminas en forma de campanas. Sin embargo, podría haber un mayor número de capas, en dependencia del tamaño y/o diseño de la torre. En comparación con la técnica anterior, la mayor eficiencia permite tener un número reducido de capas de campanas de gas y por lo tanto aumentar el volumen de la zona activa 24 y/o disminuir el volumen total del tanque reactor 22.

20 La orientación de las capas de láminas en forma de campanas en direcciones opuestas obliga a las burbujas de gas a seguir una trayectoria en zigzag, maximizando de esta manera la recolección de gas debajo de las campanas.

25 Otra ventaja de las láminas en forma de campanas de la invención es evitar el efecto de succión ascendente presente en las campanas de gas convencionales. De hecho, en las campanas de gas convencionales, el área a través de la cual el agua puede fluir hacia arriba se limita al intersticio entre los paneles verticales de dos campanas de gas. Esto crea una gran aceleración del flujo en estos intersticios que resulta en el arrastre hacia arriba de una gran cantidad de materiales sólidos. Debido al efecto combinado de un área de recolección de gas más pequeña (área de sección transversal pequeña 34) y la estructura de las láminas en forma de campanas (que también ocupan un área superficial limitada), se induce una menor aceleración del flujo que nuevamente mejora la eficiencia de separación. La combinación de la capacidad de separación eficiente de la parte de láminas 37 y del área de sección transversal más pequeña de las campanas 38 da como resultado una menor cantidad de gas y lodo que se transfiere a la zona de pulido.

La turbulencia en la zona de pulido es mucho menor que en la zona activa, debido a que se genera menos gas porque:

- 40
- una pequeña cantidad de lodo puede pasar a través del primer conjunto de sedimentadores 25,
 - la mayoría de los contaminantes ya se degradaron en la zona activa, lo que resulta en
 - una menor producción de biogás limitando de esta manera el flujo ascendente.

45 El flujo de líquido en la zona de pulido también es menor, ya que parte del líquido circula a través del tubo ascendente y el bajante, provocando de esta manera un cortocircuito en la zona de pulido.

50 Como consecuencia, una menor cantidad de biogás y lodo llegan al segundo conjunto de sedimentadores 29. Por lo tanto, la necesidad de una separación trifásica se limita y se puede lograr una separación eficaz mediante una menor cantidad de capas de láminas en forma de campanas. Típicamente, hay menos capas de campanas de gas en el segundo conjunto de medios de separación trifásicos que en el primer conjunto de medios de separación trifásicos.

55 Debido a que el segundo conjunto 29 de medios de separación trifásicos necesita manejar flujos más bajos y menos material particulado que el primer conjunto 25, la capa de láminas en forma de campanas 30 del segundo conjunto 29 puede tener un diseño diferente al de las láminas en forma de campanas 26 del primer conjunto 25. En particular, para garantizar que no haya turbulencia por encima de la última capa de campanas de gas, la capa superior de láminas en forma de campanas se sella a la pared lateral del reactor 22, mientras que el agua limpia (prácticamente sin lodo ni biogás) llega a la salida 31 con un flujo laminar. Por sellado se entiende que la capa de láminas en forma de campanas se dispone de manera que ningún biogás pueda llegar a la parte superior del reactor 22 sin pasar entre dos láminas y bajo una campana.

60 Para mejorar aún más la separación sólido-líquido, la conexión entre las campanas de gas y la caja colector de gas 34 puede disponerse con medios para retener una capa de gas en la campana.

65 En los sedimentadores habituales, el extremo de la campana de gas se conecta a la caja colector de gas a través de un simple orificio que atraviesa la sección vertical de la caja colector de gas. Esto permite que todo el biogás que se

produce se extraiga a los tubos ascendentes a través de la caja colectora de gas. Es de conocimiento común que el mantenimiento de una capa de gas "amortiguador" debajo de la campana permite una separación mucho mejor del lodo y el agua en esta zona.

5 Para ello, con referencia a la Figura 4, se puede colocar una placa de cubierta 40 frente al orificio 41, dentro de la caja colectora de gas 34, para obligar al flujo de gas, que se ilustra por las flechas discontinuas, a bajar a la parte inferior del nivel de la cubierta antes de poder subir de nuevo en la caja colectora de gas 34.

10 De esta forma, la capa más alta de gas debajo de la campana 38 no puede desplazarse hacia la caja colectora 34, ya que queda retenida por la placa de cubierta 40.

15 Una caja colectora de gas 34 se usa usualmente por un conjunto de separadores o sedimentadores trifásicos. Sin embargo, en dependencia del tamaño de la instalación, se podría usar un mayor número de cajas collectoras de gas, o se podría dividir una caja colectora de gas en varios compartimentos. Por ejemplo, cada capa de láminas en forma de campanas se puede conectar a un compartimento diferente. Cada caja o cada compartimento puede equiparse con su propio tubo ascendente.

20 Los tubos ascendentes se conectan directamente al tanque colector de gas. En grandes instalaciones pueden existir varios tanques colectores de gas independientes.

Los tubos ascendentes se diseñan para optimizar la relación entre el biogás y el agua, así como también el tamaño de las burbujas en el o los tubos ascendentes.

25 Un tubo ascendente puede tener su extremo inferior ligeramente dentro de la caja colectora de gas para permitir el patrón de flujo correcto de agua y biogás en el tubo ascendente.

Las capas de campanas de gas pueden fabricarse de forma modular, es decir, fáciles de superponer o quitar del conjunto de sedimentadores.

30 El conjunto de medios de separación de la invención permite así una mejor separación y recirculación del lodo a la zona activa. Para asegurar que el lodo no se sedimente en la parte inferior del reactor, las láminas en forma de campanas de la invención se combinan ventajosamente con una parte inferior del reactor en forma de acordeón.

35 Con referencia a la Figura 5, la superficie de la parte inferior 50 de un reactor de lodos 52 se dispone con un piso o suelo en forma de acordeón, es decir, con pliegues que forman crestas 54 y valles 55 y 56 alternados. Los tubos de entrada de aguas residuales 53 se extienden horizontalmente por encima de los valles 55 y 56 en la parte inferior del reactor. Los tubos 53 en la presente descripción pasan a través de la pared del reactor 52 de manera que un lazo de retorno 56 se encuentra fuera del reactor 52, así como también las divisiones de una llegada común de aguas residuales 57 a los varios tubos 53.

40 Las tuberías de entrada de aguas residuales, aunque en la presente descripción se describen extendiéndose a lo largo y por encima de los valles, pueden colocarse de acuerdo con cualquier otro patrón adecuado, por ejemplo, en una disposición perpendicular y/o paralela con respecto a las crestas de la parte inferior 54, pueden estar por encima o incluso incrustadas dentro las crestas. Si las tuberías se colocan paralelas a los valles, las tuberías pueden cruzar completamente el tanque reactor 52 y el lazo de alimentación está fuera del tanque reactor.

50 Si las líneas de alimentación de aguas residuales se colocan perpendicularmente a los valles y crestas, como se describe para el reactor 72 que se ilustra en la Figura 7, las tuberías de alimentación 73 pueden ubicarse ligeramente por encima de los valles 75 y las crestas 74.

Preferentemente, no hay ningún fluido debajo del piso de acordeón (aparte del fluido que puede fluir en las tuberías que corren debajo de este piso). La sección debajo del piso puede acomodar convenientemente tuberías, circuitos o cualquier otro elemento de interés.

55 Los tubos de entrada 53 presentan orificios que se extienden a lo largo de los tubos y que se orientan en varias direcciones radiales para crear una mezcla completa de aguas residuales y lodos.

60 Siempre que el lodo caiga o se acumule hacia la parte inferior del reactor 52, puede volver a suspenderse o fluidizarse debido al flujo y la turbulencia que se crea en esta zona por el agua residual entrante y que se refuerza aún más por el flujo descendente.

65 La orientación de los orificios en los tubos de entrada de agua 53 se ajusta al reactor específico. Por ejemplo, los orificios se pueden colocar para crear un flujo descendente para volver a suspender el lodo que se acumula en el fondo de los valles 55 y 56. Preferentemente, los orificios se colocan en los lados laterales de los tubos para crear un flujo generalmente horizontal, que puede orientarse ligeramente hacia arriba y/o hacia abajo para crear un movimiento giratorio de agua y/o lodo, para una mejor mezcla y fluidización del lodo en la zona activa anterior.

Dicha disposición de los tubos de entrada de aguas residuales no es posible con la parte inferior del reactor de forma cónica de la técnica anterior.

5 La Figura 5 ilustra la parte inferior de un reactor con tres crestas y cuatro valles. Estos números pueden variar en dependencia del tamaño de la instalación. Preferentemente, los tubos de entrada se extienden más o menos a lo largo de toda la longitud de los valles. Los tubos de entrada se pueden colocar ligeramente por encima del nivel de las crestas, o al mismo nivel o ligeramente por debajo.

10 Ventajosamente, los valles se equipan con medios para eliminar materiales sólidos pesados no reactivos sedimentados, como lodos pesados u otros materiales inorgánicos. Se pueden disponer varios puntos de extracción/eliminación 59 a lo largo de un valle y conectarlos a las salidas de lodo 58, ventajosamente colocados dentro o debajo de la estructura de acordeón. Estos medios de eliminación pueden ser manuales o automatizados, y pueden depender de las mediciones de calidad que se hacen en las muestras de lodos.

15 Para optimizar aún más la mezcla en el área activa, el(los) bajante(s) se pueden configurar para recircular el agua del tanque colector de gas con una orientación de flujo específica.

20 Con referencia a la Figura 6, el bajante 60 conecta el tanque colector de gas a la zona activa 62, donde se produce la principal degradación anaerobia de lodos de contaminantes. En su extremo inferior, el bajante 60 se divide en dos tubos 61a y 61b. Los tubos 61a y 61b pueden configurarse para impartir una determinada dirección al flujo de agua que baja del tanque colector de gas. En particular, se puede impartir un flujo giratorio al agua que se recicla desde el tanque colector de gas. Este flujo se puede ajustar en combinación con el flujo que imparten los tubos de entrada 63 en la parte inferior 64 del reactor, para optimizar la mezcla en la zona activa 62. También se puede prever la altura de la extremidad de los bajantes 61a y 61b para combinar de manera óptima los flujos en la zona activa 62.

25 Esta recirculación interna desde el tanque colector de gas es una forma inteligente de eliminar el biogás y mejorar la mezcla en la sección más baja de la zona activa. Esto significa que una mayor producción de biogás significará un mayor flujo interno de agua y gas a través de los tubos ascendentes, lo que resultará en un mayor flujo a través de la tubería descendente, mejorando la mezcla y la producción de biogás también. Dado que la mezcla en la zona activa es el factor clave para la eficiencia de la instalación de tratamiento anaerobio, la recirculación interna es una solución sencilla y rentable.

35 El tanque colector y separador de gases es un elemento clave para la recirculación interna donde es necesario mantener un equilibrio de presiones entre la mezcla de gas/agua que ingresa desde el o los tubos ascendentes, la salida de gas y la recirculación de agua a través del bajante. En dependencia del tamaño de la torre de tratamiento, se pueden instalar varios tanques de gas, en lugar de uno, como se representa en la Figura 2. El colector del tanque de gas se puede colocar dentro o fuera del tanque/torre reactor. El agua limpia efluente se recoge en vertederos de desbordamiento (Ver Figura 2, 31).

40 Adicionalmente, para ajustar los flujos entrantes en el reactor, en particular en la zona activa, también se puede recircular parte del agua limpia si es necesario. Los medios de recirculación de agua limpia pueden instalarse dentro del reactor o pueden ser externos.

45 En general, con una alta carga COD, la producción de biogás aumenta, lo que resulta en un aumento de la recirculación interna, optimizando la turbulencia en el lecho de lodos, obteniendo un ligero efecto diluyente del flujo de entrada y de esta manera un aumento de la capacidad de los fenómenos de transferencia de masa.

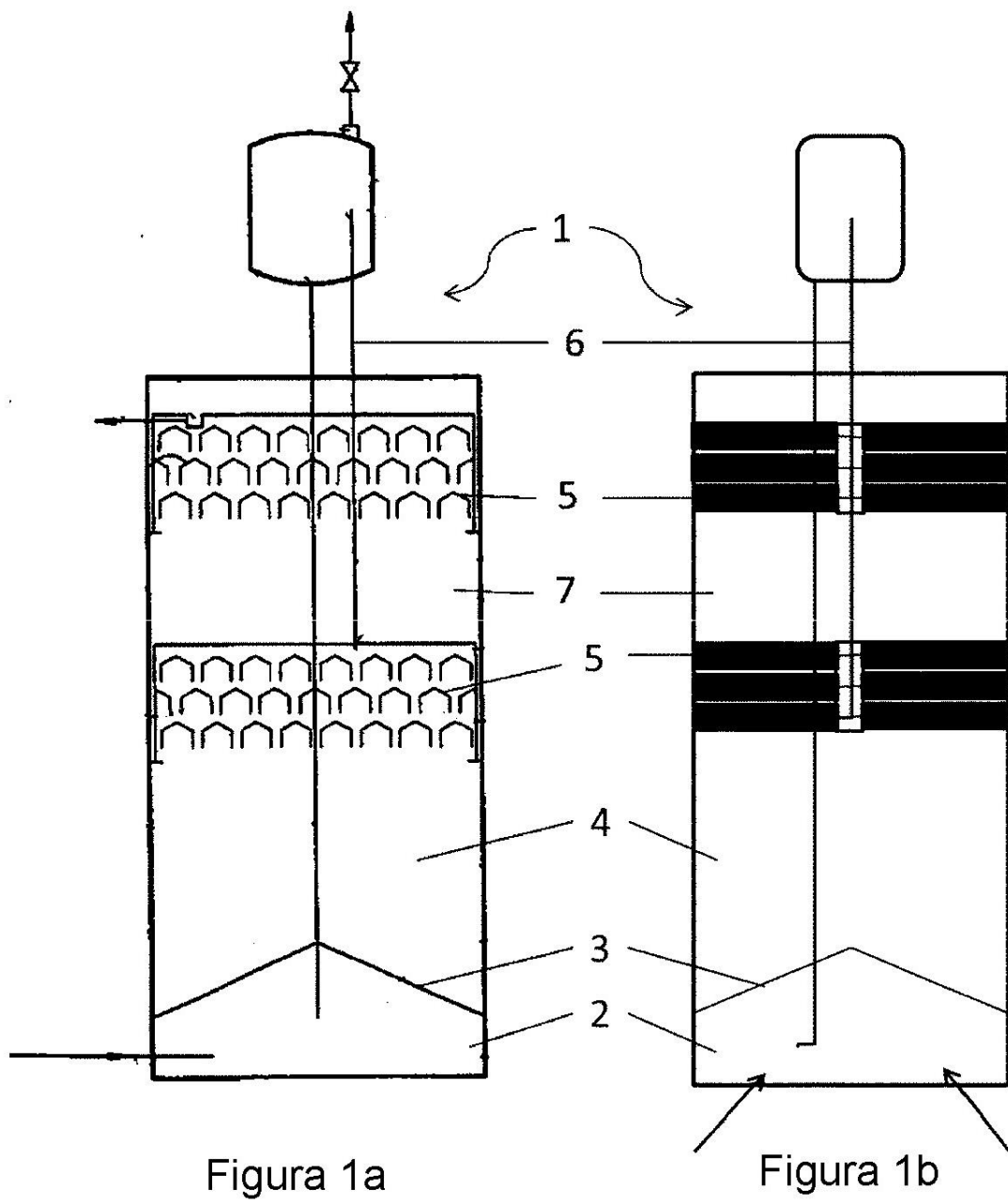
50 En la presente descripción se representó una torre cilíndrica. Sin embargo, es posible tener otras formas, como por ejemplo una sección cuadrada o rectangular, o una sección circular deformada.

La investigación de laboratorio ha confirmado que hay tres factores principales para que un reactor funcione de manera óptima:

- una mezcla eficiente entre el bio-lodo y las aguas residuales,
- 55 – un buen proceso de separación trifásico que permita mantener el bio-lodo dentro de la torre, y
- una zona de entrada de aguas residuales en forma de acordeón.

REIVINDICACIONES

- 5
1. Una torre de depuración anaerobia de aguas residuales (21) que comprende un reactor de lodos (22) con, de abajo hacia arriba:
- una zona de entrada de aguas residuales (23),
 - una zona activa (24),
 - un primer conjunto (25) de medios de separación trifásicos para separar lodo, gas y agua, que comprende al menos dos capas de campanas de gas adyacentes (26) que se conectan a un tanque colector de gas (27) que se coloca encima del reactor (22), y
 - una salida de efluente de agua limpia (31),
- 10
- en donde las campanas de gas (26) son láminas en forma de campanas para mejorar la separación de gas, lodo y agua caracterizada porque las capas de láminas en forma de campanas se orientan en direcciones opuestas.
- 15
2. La torre de depuración de aguas residuales de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las campanas de gas (26) y el tanque colector de gas (27) se conectan por un tubo ascendente (32), un bajante (33) que se proporciona para reciclar el agua del tanque colector de gas (27) a la zona activa (24).
- 20
3. La torre de depuración de aguas residuales de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 y 2, en donde se proporcionan medios entre cada campana de gas (26, 30) y el tanque colector de gas (27) para mantener un amortiguador de gas en cada dicha campana de gas (26).
- 25
4. La torre de depuración de aguas residuales de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además sobre el primer conjunto de medios de separación trifásicos:
- una zona de pulido (28),
 - un segundo conjunto (29) de medios de separación trifásicos que comprende al menos una capa de campanas de gas (30) que se conectan por un extremo a un tanque colector de gas (27) que se coloca encima del reactor.
- 30
5. La torre de depuración de aguas residuales de acuerdo con la reivindicación 4, en donde hay menos capas de campanas de gas en el segundo conjunto (29) que en el primer conjunto (25) de medios de separación trifásicos.
- 35
6. La torre de depuración de aguas residuales de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 y 5, en donde el segundo conjunto (29) de medios de separación trifásicos tiene una capa superior de láminas en forma de campanas (30) que se sella a la pared lateral del reactor (22).
- 40
7. La torre de depuración de aguas residuales de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la parte inferior (34; 50) del reactor (22; 52) tiene forma de acordeón.
- 45
8. La torre de depuración de aguas residuales de acuerdo con la reivindicación 7, en donde la parte inferior del reactor (52) se dispone con pliegues que forman crestas (54) y valles (55) alternados, y medios perforados de entrada de aguas residuales (53) que se extienden por encima y a lo largo de los valles (55) para mejorar la resuspensión de lodos granulares
- 50
9. La torre de depuración de aguas residuales de acuerdo con la reivindicación 8, en donde los valles (55) se equipan con medios para eliminar del reactor (52) los materiales sólidos sedimentados.
10. La torre de depuración de aguas residuales de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el extremo más bajo del bajante (60) se dispone para impartir una dirección determinada al flujo de agua que desciende desde el tanque colector de gas (27) para mejorar la resuspensión del lodo granular.



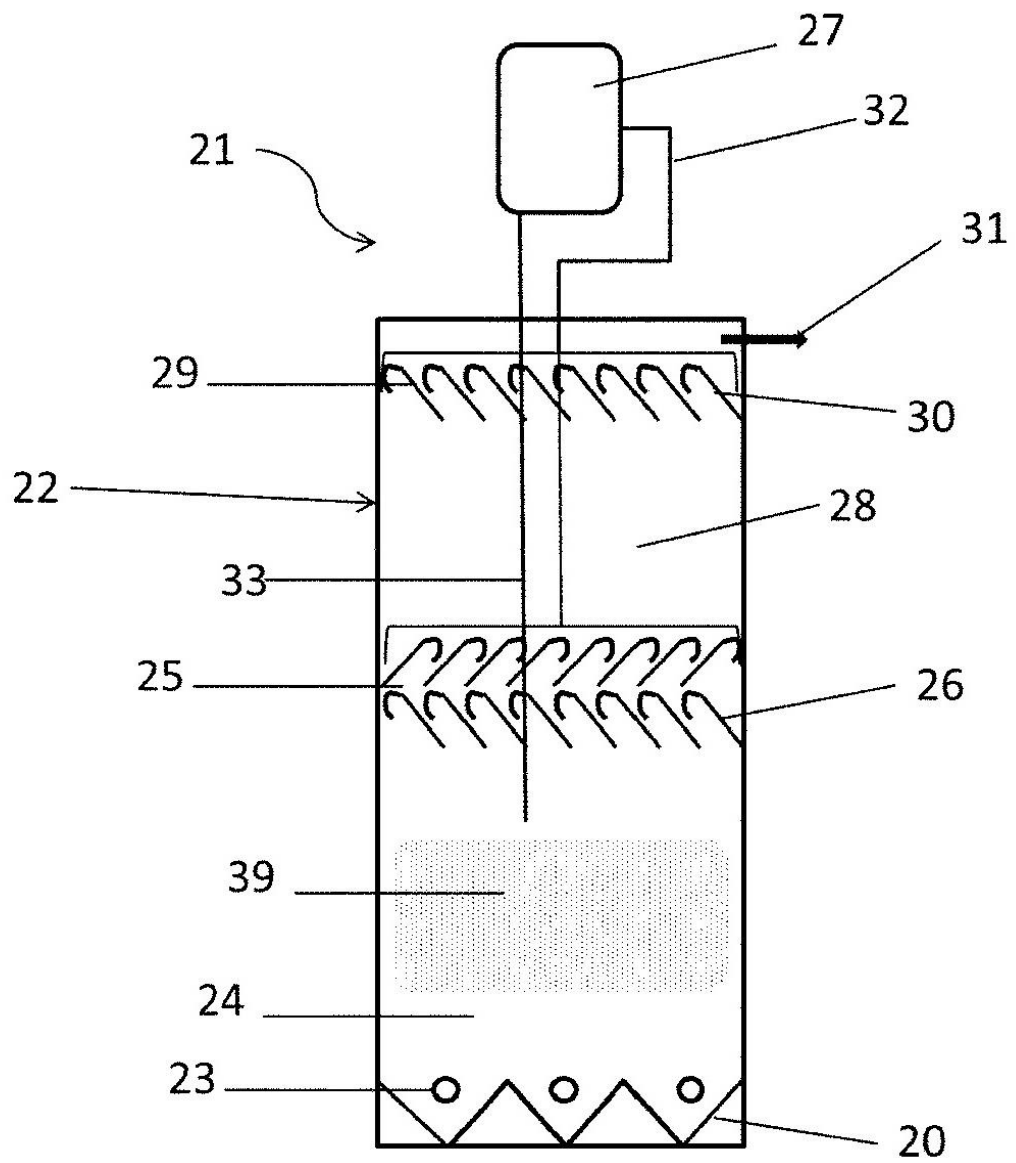


Figura 2

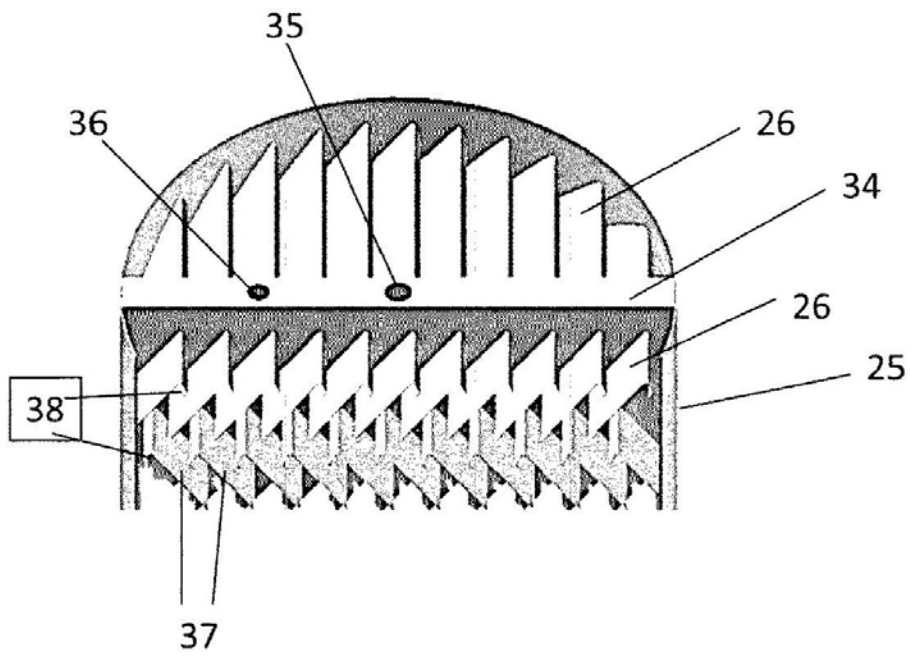


Figura 3

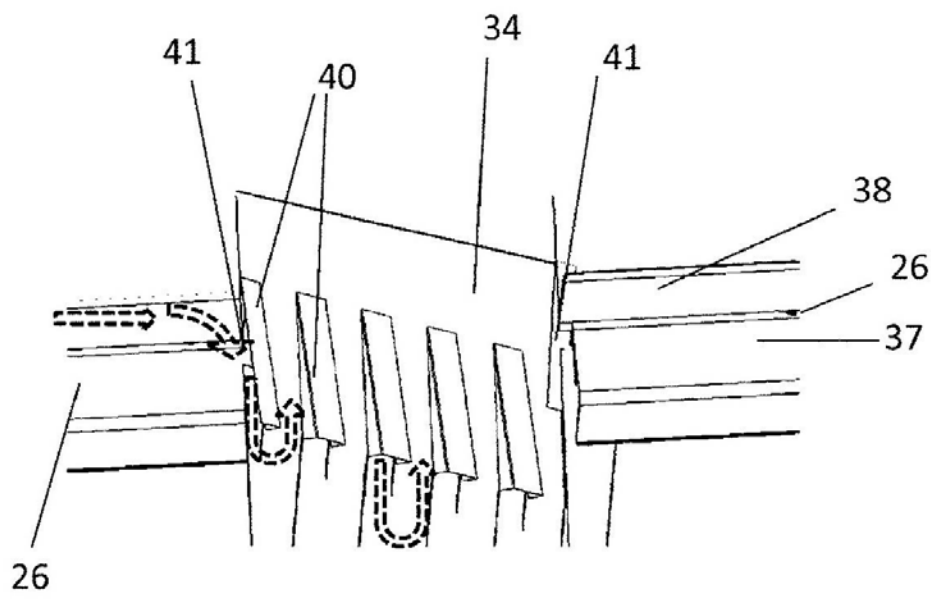


Figura 4

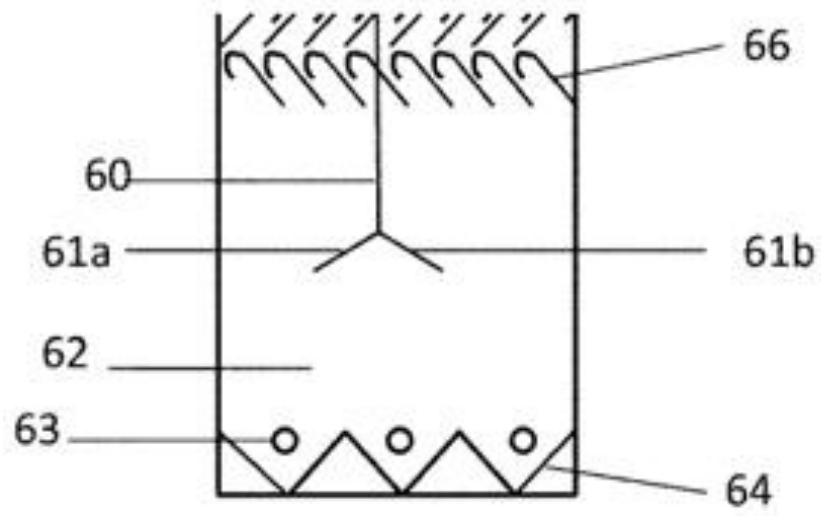


Figura 6

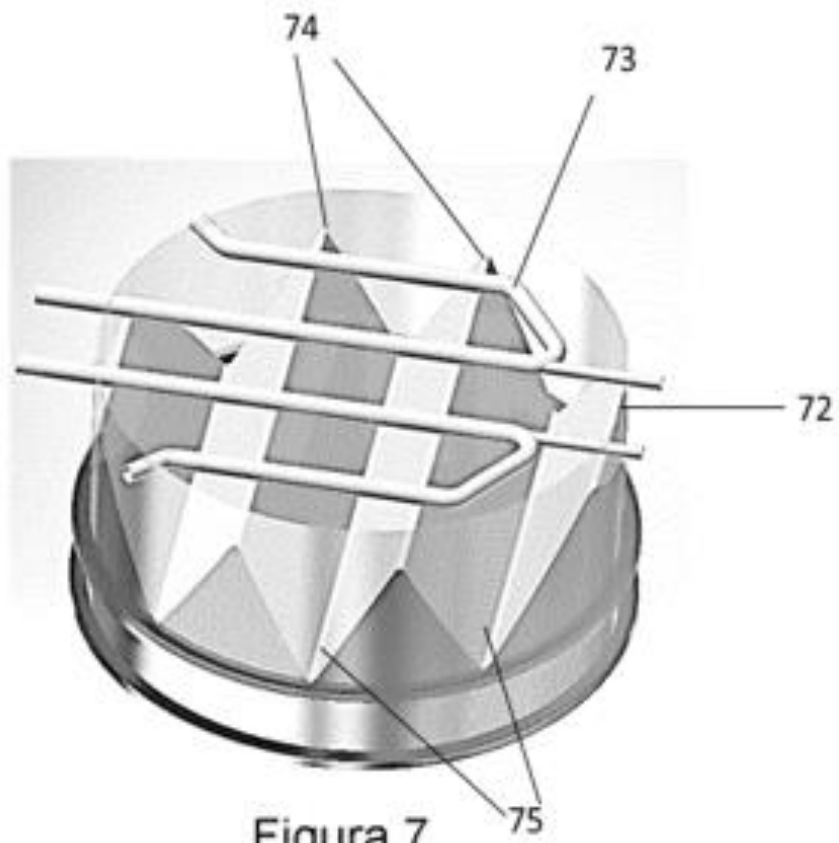


Figura 7