

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 818**

51 Int. Cl.:

C02F 3/34 (2006.01)

C02F 3/30 (2006.01)

C02F 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2013 PCT/US2013/033996**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.10.2013 WO13151836**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2013 E 13715558 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 2836469**

54 Título: **Procedimiento que comprende bacterias ANAMMOX en vehículos de biopelícula para eliminar amonio de una corriente de agua residual**

30 Prioridad:

04.04.2012 US 201213439153

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

04.07.2018

73 Titular/es:

**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES
SUPPORT (100.0%)
L'Aquarène, 1 Place Montgolfier
94417 Saint-Maurice Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**ZHAO, HONG;
WELANDER, THOMAS;
CHRISTENSSON, MAGNUS y
LEMAIRE, ROMAIN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 674 818 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

Procedimiento que comprende bacterias ANAMMOX en vehículos de biopelícula para eliminar amonio de una corriente de agua residual

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a un sistema y a un procedimiento para eliminar amonio de una corriente de agua residual, y más particularmente, a un procedimiento de desamonificación que implica el uso de bacterias oxidantes de amonio aeróbicas (AOB) y bacterias oxidantes de amonio anaeróbicas (ANAMMOX).

Antecedentes

- 10 Normalmente, el agua residual influente incluye nitrógeno del amonio, $\text{NH}_4\text{-N}$. Convencionalmente, para eliminar el nitrógeno del amonio, se recurre a un procedimiento en dos etapas, nitrificación y desnitrificación. En dicho enfoque convencional para eliminar el nitrógeno del amonio, el procedimiento implica una primera etapa que se denomina etapa de nitrificación y que implica convertir el nitrógeno del amonio en nitrato y una cantidad muy reducida de nitrito, a lo que se suele hacer referencia como NO_x . Muchos procedimientos de tratamiento de agua residual de lodos activados convencionales llevan a cabo la nitrificación en una zona de tratamiento aeróbico. En la zona de
15 tratamiento aeróbico, el agua residual que contiene el nitrógeno del amonio se somete a aireación y esto da lugar a un cultivo de microorganismos que convierte de forma eficaz el nitrógeno del amonio en NO_x . Una vez que se ha convertido el nitrógeno del amonio en NO_x , normalmente se transfiere el agua residual que contiene NO_x a una zona anóxica con fines de desnitrificación. En la zona de tratamiento de desnitrificación, se mantiene el agua residual que contiene NO_x en una cubeta, en la que no se suministra aire y a la que se hace referencia convencionalmente como
20 zona de tratamiento anóxica. En este punto entran en operación diferentes cultivos de microorganismos para usar el NO_x como un agente de oxidación y, en virtud de ello, se reduce el NO_x en nitrógeno libre que se escapa a la atmósfera. Para una comprensión y apreciación más detallada de la nitrificación y desnitrificación biológica convencional se remite a las divulgaciones expuestas en las patentes estadounidenses Nos. 3.964.998; 4.056.465; 5.650.069; 5.137.636 y 4.874.519.

- 25 Los procedimientos de nitrificación y desnitrificación convencionales presentan una serie de inconvenientes. En primer lugar, los procedimientos de nitrificación y desnitrificación convencionales requieren una sustancial energía en forma de la generación de oxígeno que se requiere durante la fase de nitrificación. Asimismo, la nitrificación y desnitrificación convencional requieren un suministro sustancial de una fuente de carbono externa.

- 30 En los últimos años, se ha descubierto que la desamonificación puede llevarse a cabo en circunstancias limitadas en un reactor de biopelícula de una sola etapa. Dicho procedimiento utiliza vehículos de biopelícula y está diseñado para desarrollar ciertos tipos de bacterias en los vehículos de biopelícula. En particular, las bacterias a las que está dirigido son bacterias oxidantes de amonio aeróbicas (AOB) y bacterias oxidantes de amonio anaeróbicas (ANAMMOX). En sustancial medida, este enfoque de desamonificación se ha limitado a aplicaciones de corriente secundaria en la que existe una concentración de amonio relativamente alta, una concentración de carbono orgánico relativamente baja y una temperatura relativamente alta. Este procedimiento se emplea normalmente, por ejemplo,
35 en el tratamiento de agua de rechazo de lodos digeridos anaeróbicamente. La expresión "agua de rechazo" significa una corriente acuosa que está contenida dentro de una corriente secundaria de un procedimiento de tratamiento de agua residual y en la que la corriente acuosa incluye una concentración de amonio relativamente alta en relación con el agua residual en la corriente principal.

- 40 En las actas de la Conferencia WEFTEC 2011 "ANITA™ Mox - A BioFarm Solution for Fast Start-up of Deammonifying MBBRs" se describe un procedimiento MBBR de desamonificación en una etapa denominado ANITA™ MOX que ha sido desarrollado para la eliminación autotrófica de N desde corrientes ricas en nitrógeno.

- Existen muchas ventajas en cuanto al procedimiento de desamonificación. Aproximadamente se requiere un 60 % menos de oxígeno para eliminar una cantidad determinada de nitrógeno del amonio. Por otra parte, un
45 procedimiento de desamonificación no requiere una fuente de carbono adicional. Asimismo, un procedimiento de desamonificación tiene como resultado una menor producción de CO_2 y menos producción de lodos.

- Por lo tanto, existe la necesidad de un procedimiento de desamonificación que sea adecuado para eliminar sustancialmente el amonio tanto en la corriente principal como en la corriente secundaria de un procedimiento de
50 tratamiento de agua residual y que no requiera la sustancial cantidad del oxígeno requerida para la nitrificación y desnitrificación convencional, y que sea particularmente adecuado para las corrientes de agua residual de la corriente principal que tienen un contenido en carbono orgánico relativamente alto y una concentración de amonio relativamente baja.

Sumario de la invención

La invención se define con las reivindicaciones adjuntas.

La presente invención se refiere a un procedimiento de desamonificación que utiliza bacterias AOB y ANAMMOX para eliminar amonio tanto de la corriente principal como de una o más corrientes secundarias de un procedimiento de tratamiento de agua residual.

5 Asimismo, la presente invención implica el crecimiento de bacterias AOB y ANAMMOX en una corriente secundaria en la que el agua residual en ella tiene una concentración de amonio relativamente alta, y el uso de las bacterias AOB y ANAMMOX desarrolladas en la corriente secundaria para eliminar el amonio del agua residual en la corriente principal.

10 Asimismo, la presente invención implica alternar el contacto de las bacterias AOB y ANAMMOX con agua residual en la corriente principal y la corriente secundaria en la que el contacto de la corriente secundaria se utiliza tanto para eliminar el amonio del agua residual en la corriente secundaria como para rejuvenecer las bacterias AOB y ANAMMOX en condiciones operativas favorables de temperatura y nivel de sustrato, de manera que cuando se retornan a la corriente principal sean eficaces para eliminar el amonio del agua residual en la corriente principal.

15 En una realización, un procedimiento de tratamiento de agua residual incluye una corriente principal y una corriente secundaria y el procedimiento incluye eliminar amonio del agua residual en la corriente secundaria, así como la eliminación de amonio del agua residual en la corriente principal. En esta realización, el agua residual en la corriente principal incluye una concentración de amonio relativamente baja y el agua residual en la corriente secundaria incluye una concentración de amonio relativamente alta. En la corriente secundaria, el agua residual que tiene la concentración de amonio relativamente alta se dirige a un reactor de biopelícula de corriente secundaria que tiene vehículos de biopelícula en él. En el reactor de biopelícula de corriente secundaria, las condiciones son favorables para el crecimiento de bacterias ANAMMOX en los vehículos de biopelícula. Esto se debe en parte al menos a la concentración de amonio relativamente alta en el agua residual en la corriente secundaria. Las bacterias ANAMMOX en los vehículos de biopelícula en el reactor de biopelícula de la corriente secundaria favorecen la reducción de la concentración de amonio del agua residual en la corriente secundaria. Las bacterias ANAMMOX en los vehículos de biopelícula se utilizan también para reducir la concentración de amonio del agua residual en la corriente principal que, en comparación con el agua residual en la corriente secundaria, incluye una concentración de amonio relativamente baja. Esto se lleva a cabo poniendo en contacto el agua residual en la corriente principal con las bacterias ANAMMOX en los vehículos de biopelícula una vez que las bacterias ANAMMOX han residido en el reactor de biopelícula de corriente secundaria. El procedimiento continúa alternando el contacto de las bacterias ANAMMOX en los vehículos de biopelícula con el agua residual en la corriente principal y con el agua residual en la corriente secundaria de manera que las bacterias ANAMMOX, cuando entran en contacto con el agua residual en la corriente principal, favorecen la reducción de la concentración de amonio del agua residual en la corriente principal y cuando entran en contacto con el agua residual en la corriente secundaria, las bacterias ANAMMOX favorecen la reducción de la concentración del amonio en el agua residual en la corriente secundaria. La exposición de la biomasa al agua residual en la corriente secundaria que tiene la concentración de amonio relativamente alta es eficaz para rejuvenecer las bacterias ANAMMOX de manera que cuando las bacterias ANAMMOX se vuelven a poner en contacto con el agua residual en la corriente principal, las bacterias ANAMMOX son eficaces para reducir la concentración de amonio del agua residual en la corriente principal.

Otros objetos y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto y serán evidentes a partir del estudio de la siguiente descripción y de los dibujos adjuntos, que son meramente ilustrativos de dicha invención.

40 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un procedimiento de desamonificación que incluye procedimientos tanto de corriente secundaria como de corriente principal.

La Figura 2 es una ilustración esquemática en la que se muestra un procedimiento de corriente principal y corriente secundaria alterno para eliminar amonio de agua residual.

45 La Figura 3 es una ilustración esquemática de un procedimiento de desamonificación similar al representado en la Figura 1 pero que implica en este caso un sistema de lodos activado de película fija integrado.

La Figura 4 ilustra un procedimiento de desamonificación que emplea un sistema de lodos activados de película fija integrado tanto de corriente principal como de corriente secundaria para eliminar el amonio.

50 La Figura 5 es una ilustración esquemática que presenta un procedimiento de desamonificación de corriente principal y corriente secundaria en particular que emplea sistema de lodos activado de película fija integrada para eliminar el amonio.

La Figura 6 ilustra un procedimiento de desamonificación que emplea un sistema de lodos activados de película fija integrado para eliminar amonio en corrientes secundarias.

55 La Figura 7 es una tabla en la que se muestra la eliminación del nitrógeno del amonio en ciertos puntos en los procedimientos de las figuras 1 y 2 sin hidrólisis térmica.

La Figura 8 es una tabla en la que se muestra la eliminación del nitrógeno del amonio en ciertos puntos en los procedimientos de las Figuras 1 y 2 con hidrólisis térmica.

60 La Figura 9 es un gráfico en el que se muestran los resultados de laboratorio en los que se comparan procedimientos de desamonificación realizados con un sistema de biopelícula solamente y un sistema de lodos activado de película fija integrado.

Descripción de realizaciones ilustrativas de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para eliminar amonio-nitrógeno, $\text{NH}_4\text{-N}$, en el que el nitrógeno del amonio se oxida en nitrógeno-nitrito sin producir sustancial nitrógeno-nitrato y a continuación, se desnitrifica el nitrógeno-nitrito para producir nitrógeno elemental. Este procedimiento básico se lleva a cabo tanto en la corriente secundaria como la corriente principal de un sistema y procedimiento de tratamiento de agua residual. Tal como se describe más adelante, se cultivan ciertas bacterias capaces de llevar a cabo esta forma de eliminación de amonio-nitrógeno en la corriente secundaria y se utilizan para eliminar nitrógeno de amonio en la corriente secundaria. Las condiciones en la corriente secundaria que conducen al crecimiento de bacterias capaces de llevar a cabo este procedimiento se mantienen en la corriente secundaria. De vez en cuando, se ponen en contacto estas bacterias con el agua residual en la corriente principal y las bacterias funcionan para eliminar el nitrógeno de amonio del agua residual en la corriente principal de acuerdo con este procedimiento. Sin embargo, las condiciones en la corriente principal no conducen al crecimiento de bacterias que son eficaces para llevar a cabo este procedimiento en particular para eliminar el nitrógeno de amonio. Por lo tanto, de vez en cuando, es necesario poner en contacto las bacterias con el agua residual en la corriente secundaria para rejuvenecer las bacterias de manera que cuando se vuelven a poner en contacto las bacterias con el agua residual en la corriente principal, las bacterias eliminarán eficazmente el nitrógeno de amonio.

Más particularmente, el procedimiento de desamonificación de la presente invención implica la nitrificación parcial en nitrito (es decir, nitrificación) combinada con lo que ha venido a llamarse el procedimiento de oxidación de amonio anaeróbico para conseguir la eliminación de nitrógeno autotrófica dentro de un reactor de biopelícula de una sola etapa, como por ejemplo un reactor de biopelícula de lecho móvil (MB-BR). Se asume que las dos etapas del procedimiento en el reactor de biopelícula de una sola etapa tienen lugar en diferentes capas de una biopelícula. La nitrificación es llevada a cabo por las bacterias de oxidación de amonio aeróbicas (AOB) y tiene lugar en la capa exterior de la biopelícula al mismo tiempo que las bacterias de oxidación de amonio anaeróbicas (ANAMMOX) tiene lugar en la capa interior de la biopelícula. Por tanto, se establece la hipótesis de que en dicho reactor de biopelícula de una sola etapa, hay una eliminación simultánea de nitrógeno del amonio mediante las bacterias AOB y ANAMMOX. En comparación con la nitrificación y desnitrificación convencional, este enfoque de desamonificación puede conseguir la eliminación de nitrógeno del agua residual con aproximadamente 60 % menos de oxígeno y sin requerir una fuente de carbono externa. Por tanto, este procedimiento contribuye significativamente a una energía neutra en tratamiento de agua residual.

Existen desafíos para que dicho procedimiento de desamonificación funcione más eficazmente. Uno de los principales es que en este enfoque de desamonificación, las bacterias ANAMMOX crecen lentamente y existe un rendimiento de biomasa relativamente pequeño de las bacterias ANAMMOX. Por otra parte, las bacterias ANAMMOX son sensibles a concentraciones de oxígeno disuelto bajas, concentraciones de nitrito altas y otros factores del entorno, como la temperatura, debido a su naturaleza autotrófica y anaeróbica.

Por tanto, tal como se ha explicado, la presente invención se centra en el crecimiento y proliferación de bacterias ANAMMOX en vehículos de biopelícula en la corriente secundaria en qué condiciones como una concentración de amonio relativamente alta, una temperatura relativamente alta y una concentración de carbono orgánico relativamente baja conducen al crecimiento de las bacterias ANAMMOX. Una vez que las bacterias ANAMMOX en la corriente secundaria han alcanzado cierta concentración o madurez, se pueden poner entonces en contacto con el agua residual en la corriente principal en la que las bacterias ANAMMOX, junto con las bacterias AOB, serán eficaces para eliminar el nitrógeno del amonio de la corriente principal transfiriendo los vehículos de biopelícula. También en este caso, las condiciones en la corriente principal no son suficientes por lo general para el crecimiento y proliferación de las bacterias ANAMMOX. Esto es porque, por regla general, las condiciones en la corriente principal serán tales que hay una concentración de amonio relativamente baja, una temperatura relativamente baja y a veces una concentración de carbono orgánico relativamente alta. Por esta razón, tras un tiempo en la corriente principal, se volverán a poner en contacto los vehículos de biopelícula con la biopelícula ANAMMOX y AOB con el agua de rechazo en la corriente secundaria en la que existen condiciones que causan el crecimiento y proliferación de las bacterias ANAMMOX.

Los procedimientos de desamonificación se pueden utilizar para eliminar el amonio del agua de rechazo producida por la deshidratación de los lodos digeridos anaeróbicos. Este procedimiento se lleva a cabo habitualmente en un procedimiento de corriente secundaria. Dichos procedimientos de corriente secundaria normalmente utilizan un sistema de reactor de biopelícula, como MBBR o sistemas granulados. Gracias a las condiciones y características favorables del agua de rechazo, como una temperatura relativamente alta, una concentración de amonio relativamente alta y una concentración de carbono orgánico relativamente baja, las bacterias AOB y ANAMMOX en un procedimiento de desamonificación de corriente secundaria son capaces de crecer a una velocidad razonablemente alta y superar a los heterótrofos. Al utilizar los vehículos de biopelícula, el procedimiento de corriente secundaria es eficaz para producir vehículos de biopelícula sembrados que pueden transferirse y canalizarse a otros procedimientos de desamonificación de biopelícula como siembras.

La carga de nitrógeno en el agua de rechazo representa normalmente aproximadamente 15-20 % de la carga de nitrógeno de la planta en total en una planta de lodos activados-nitrificación convencional y el 80-85 % restante de la carga sigue requiriendo el tratamiento en la corriente principal aplicando procedimientos de nitrificación y

desnitrificación convencionales. Por lo tanto, la aplicación de un procedimiento de desamonificación en la corriente principal es útil para conseguir la eliminación de nitrógeno y satisfacer la meta o los requerimientos de energía neutra dentro de la planta de tratamiento de agua residual. Por lo tanto, el concepto de la presente invención es aplicar un procedimiento de desamonificación que elimina una porción sustancial, al menos aproximadamente 70-80 %
 5 % de la carga de nitrógeno del amonio que entra en el sistema de tratamiento de agua residual 50. Véase las figuras 1-5. El concepto es conseguirlo mediante procedimientos de desamonificación tanto de corriente secundaria como de corriente principal. La expresión "tratamiento de corriente principal" significa un sistema de tratamiento de agua residual o procedimiento que trata el líquido a partir del líquido de las aguas residuales sin tratar en el efluente final y que incluye normalmente clarificadores primarios y un sistema de tratamiento biológico secundario con o sin
 10 eliminación de nutrientes biológicos (BNR). La expresión "tratamiento de corriente secundaria" o "procedimiento de corriente secundaria" significa un procedimiento que se lleva a cabo en áreas fuera de la corriente principal y constituye generalmente los flujos generados dentro de un sistema de tratamiento de agua residual además del influente de planta. Por ejemplo, un procedimiento de corriente secundaria puede incluir sobrenadantes, agua de recuperación, aguas de aclarado y otros tipos de corrientes líquidas producidas en la operación de un procedimiento
 15 de tratamiento de agua residual.

Las aguas residuales sin tratar o el efluente primario, por lo general, no son adecuados para un procedimiento de desamonificación ya que dichas aguas residuales tienen generalmente un alto contenido en carbono orgánico y una alta relación entre carbono y nitrógeno. Por lo tanto, al aplicar un procedimiento de desamonificación de corriente principal, se configuran el sistema y el procedimiento para eliminar el nitrógeno del efluente secundario. En una
 20 realización, el procedimiento biológico utilizado para tratar el efluente primario se centra principalmente en la eliminación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Dicho sistema de eliminación de DBO puede ser: (1) un sistema de crecimiento suspendido como por ejemplo un sistema convencional de lodos activados (CAS) de tiempo de retención de sólidos (SRT) corto o un sistema de lodos activados con oxígeno de alta pureza; (2) un sistema de biopelícula como un MBBR de eliminación de carbono y un filtro biológico aireado (BAF) de eliminación de carbono;
 25 o (3) un sistema de tratamiento anaeróbico, como por ejemplo un sistema de flujo ascendente y manto de lodos anaeróbicos (UASB) y un biorreactor de membrana anaeróbica (AnMBR). Se hace referencia al efluente de estos sistemas como efluente secundario y este efluente secundario normalmente contiene una concentración de amonio relativamente baja y una DBO relativamente baja y una concentración de sólidos suspendidos totales (SST) relativamente baja.

Incluso con una baja DBO y SST, el efluente secundario sigue sin ser fácilmente adecuado para un procedimiento de desamonificación debido a su temperatura relativamente baja y a la concentración de amonio relativamente baja. Tal como se utiliza en el presente documento, cuando se dice que el agua residual en la corriente principal incluye una temperatura relativamente baja y una concentración de amonio relativamente baja, esto se compara con el agua de rechazo en la corriente secundaria porque, tal como se señala en el presente documento, el agua de rechazo en
 30 la corriente secundaria en comparación con el agua residual en la corriente principal incluye una temperatura relativamente alta y una concentración de amonio relativamente alta, así como una relación entre carbono y nitrógeno relativamente baja. En algunos casos, puede hacerse referencia a una concentración de carbono relativamente baja. Esto significa una relación entre carbono y nitrógeno relativamente baja. Una temperatura relativamente baja en la corriente principal tiene como resultado una velocidad de crecimiento intrínseca de las bacterias ANAMMOX relativamente baja. La baja concentración de amonio en la corriente principal puede ser un factor limitante de sustrato para el crecimiento de bacterias ANAMMOX especialmente en los sistemas de
 35 tratamiento de biopelícula. Estos dos factores conducen a una producción de biomasa relativamente lenta. Incluso en los casos en los que se utilizan vehículos de biopelícula para retener y soportar la biomasa, sigue siendo difícil acumular la suficiente biomasa necesaria para realizar un procedimiento de tratamiento de desamonificación dentro de un volumen de reactor razonable en la corriente principal.
 40

Por lo tanto, la presente invención concibe un bio-aumento de un procedimiento de desamonificación de corriente principal a partir de su equivalente corriente secundaria. Es decir, la presente invención implica la generación de vehículos de biopelícula o soportes sembrados en la corriente secundaria en la que se siembran los vehículos de biopelícula o soportes con bacterias AOB y ANAMMOX y el uso estratégico de los vehículos de biopelícula o
 45 soportes sembrados para eliminar nitrógeno del amonio del agua residual en la corriente principal y, en particular, eliminar el nitrógeno del amonio del efluente secundario.

Las Figuras 1-3 desvelan tres sistemas y procedimientos para llevar a cabo la desamonificación tanto de corriente secundaria como de corriente principal. En la Figura 1, se transfieren los vehículos de biopelícula sembrados en ambas direcciones entre un reactor de biopelícula de desamonificación de corriente secundaria 88 y un reactor de biopelícula de desamonificación de corriente principal 62. En la realización de la Figura 2, se proporciona una alimentación alterna entre el efluente secundario y el agua de rechazo a un sistema de desamonificación de corriente principal-corriente secundaria integrado 100. En esta realización en particular, las bacterias AOB y ANAMMOX se producen principalmente cuando se alimentan los vehículos de biopelícula en el agua de rechazo en la corriente secundaria en el reactor de desamonificación 102 y esto elimina eficazmente el nitrógeno del amonio o el
 55 amonio del agua de rechazo y, al mismo tiempo, sirve para sembrar los vehículos de biopelícula para su uso futuro en la eliminación de nitrógeno del amonio del efluente secundario en la corriente principal. La realización de la Figura 3 es similar al sistema y procedimiento presentado en la Figura 1 pero utiliza un procedimiento de lodos activados de película fija integrado.
 60

Haciendo referencia a los dibujos en particular, se presenta un sistema de tratamiento de agua residual en ellos y se indica de forma general con el numeral 50. Tal como se ha mencionado, el sistema de tratamiento de agua residual 50 está diseñado para eliminar nitrógeno del amonio o amonio del agua residual mediante el uso de bacterias AOB y ANAMMOX. El sistema de tratamiento de agua residual 50 se desvela en dos realizaciones, la realización de la Figura 1 y la realización de la Figura 2. Sin embargo, ambas realizaciones emplean procedimientos de biopelícula de corriente principal y corriente secundaria. Se cultivan las bacterias AOB y ANAMMOX en la corriente secundaria y se utilizan para eliminar el amonio en la corriente secundaria y también se ponen en contacto con el agua residual en la corriente principal para eliminar amonio de la misma. De vez en cuando, se vuelven a poner en contacto las bacterias y los vehículos de biopelícula utilizados con la corriente secundaria para rejuvenecer las bacterias y continuar la eliminación del amonio de la corriente secundaria.

Observando la Figura 1, la corriente principal incluye un clarificador primario 54 seguido de un reactor de tratamiento biológico 58. Tal como se ha explicado, los diversos sistemas biológicos se pueden utilizar para eliminar la DBO en el reactor de tratamiento biológico 58. Por ejemplo, un sistema típico de eliminación de DBO incluye sistemas de lodos activados convencionales de tiempo de retención de sólidos corto o sistemas de lodos activados con oxígeno de alta pureza, sistemas de biopelícula, como un sistema de MBBR de eliminación de carbono y un filtro biológico aireado (BAF) de eliminación de carbono o un sistema de tratamiento anaeróbico como los sistemas UASB o AnMBR. Aguas abajo del reactor de tratamiento biológico 58 hay un reactor de biopelícula de desamonificación de corriente principal 62. Aguas abajo del reactor 62 hay un sistema de pulido de nitrificación- desnitrificación convencional optimo 66 y un separador de sólidos-líquidos 68. En algunos casos, el presente procedimiento puede reducir la concentración de amonio en el procedimiento de desamonificación de corriente principal sin haber empleado un procedimiento de pulido de nitrificación- desnitrificación. En dicha realización, estos componentes forman los componentes de la corriente principal. Sin embargo, podrá apreciarse que el sistema de tratamiento de agua residual 50 puede incluir componentes adicionales que podrían abordar contaminantes o condiciones de procedimiento específicos. Además, la corriente principal incluye la línea influente 52 que se dirige al clarificador primario 54. Hay conectada una línea de efluente primario 56 operativamente entre el clarificador primario 54 y el reactor de tratamiento biológico 58. Hay una línea de línea efluente secundaria 60 conectada operativamente entre el reactor biológico 58 y el reactor de desamonificación de la corriente principal 62. Finalmente, hay una línea efluente 64 conectada entre el reactor 62 y el sistema de pulido de nitrificación- desnitrificación 66 en los sistemas o procedimientos que pudieran emplear un sistema de pulido de nitrificación- desnitrificación. Finalmente, hay una línea efluente 70 que se extiende desde el separador de sólidos-líquido 68.

En la corriente secundaria se proporciona un espesante de lodos 80. El espesante de lodos 80 recibe los lodos secundarios del reactor de tratamiento biológico 58. Las líneas de lodos efluentes se extienden desde el clarificador primario 54 y el espesante de lodos 80 hasta una unidad de hidrólisis térmica 82 que es opcional. En algunos casos, los lodos combinados del clarificador primario 54 y el espesante de lodos 80 se envían directamente a un digestor anaeróbico 84. Aguas abajo del digestor anaeróbico 84 hay una unidad de deshidratación de lodos 86 que produce una torta de lodos para su evacuación y agua de rechazo. El agua de rechazo de la unidad de deshidratación de lodos 86 es dirigida a un sistema de biopelícula de desamonificación de corriente secundaria 88. Los sistemas de biopelícula de desamonificación tanto de corriente principal como de corriente secundaria 62 y 88 emplean vehículos de biopelícula. Ambos sistemas 62 y 88 incluyen un sistema de aireación y mezcladoras u otros medios convencionales de mezclado. En la realización ilustrada en la Figura 1 se proporcionan dispositivos de transferencia de biopelícula 90 y 92. Sirven para permitir la transferencia de vehículos de biopelícula con la biomasa soportada sobre ellos en ambas direcciones entre el sistema de biopelícula de desamonificación de corriente principal 62 y el sistema de biopelícula de desamonificación de corriente secundaria 88. Se pueden emplear varios tipos de dispositivos de transferencia de biopelícula. En un ejemplo, el dispositivo de transferencia de vehículo de biopelícula comprende una bomba de aire comprimido que bombea el agua en dirección ascendente desde los sistemas o reactores 62 y 88 y en el transcurso del bombeo del agua, los vehículos de biopelícula y la biomasa sobre ellos entran en el agua. En un punto elevado, se separan eficazmente los vehículos de película desde el agua y pasan por gravedad, por ejemplo, desde el reactor 88 al reactor 62 y *viceversa*. Los dispositivos de transferencia de vehículo de biopelícula están diseñados de tal modo que cuando se separan los vehículos de biopelícula del agua, se drena el agua de nuevo al reactor 62 u 88 que hay debajo.

Volviendo a la Figura 2, el sistema de agua residual que se presenta en ella incluye el sistema de desamonificación integrado de corriente principal - corriente secundaria que se indica de forma general con el numeral 100. El Sistema 100, en comparación con la realización de la Figura 1, se utiliza en conexión con los reactores 62 y 88. Efectivamente el sistema de desamonificación de corriente principal - corriente secundaria integrado 100 está diseñado para funcionar como parte de la corriente principal y la corriente secundaria del sistema de tratamiento de agua residual 50. Observando el sistema 100 con mayor detalle, se puede ver que incluye una serie de tanques de biopelícula o reactores de biopelícula 102. El número de tanques o reactores puede variar dependiendo de la capacidad requerida del sistema de tratamiento de agua residual y la carga de nitrógeno de amonio del agua residual influente. Cada uno de los reactores de biopelícula 102 está provisto de aireadores y mezcladoras u otro medio convencional de mezclado del agua residual en ellos.

Observando la Figura 2 y el sistema integrado 100 con más detalle, es posible ver que está provisto de una línea de agua de rechazo principal 106 que se extiende desde la unidad de deshidratación de lodos 86 al sistema integrado 100. Desde la línea de agua de rechazo principal 106 se ramifica una serie de líneas de alimentación 106A

dirigiéndose cada línea de alimentación a uno de los reactores de biopelícula 102. Cada línea de alimentación 106A incluye un dispositivo de distribución del flujo, como pueda ser una válvula para controlar el flujo de agua de rechazo en los diversos reactores de biopelícula 102. Además, se proporciona una línea de alimentación de corriente principal 110 que está conectada operativamente con la línea efluente secundaria 60. Desde la línea de alimentación de corriente principal 110 se ramifica una serie de ramificaciones de alimentación de corriente principal 110A que son operativas para dirigir el efluente secundario en los correspondientes reactores de película 102. Cada una de estas ramificaciones de alimentación 110A incluye una válvula de control. En el lado de salida de cada reactor de película 102 se proporcionan dos líneas de salida 107 y 108 para transmitir el agua de rechazo tratada o el efluente secundario tratado desde los correspondientes reactores de biopelícula. Cada una de estas líneas de salida incluye también una válvula para el control del flujo del agua de rechazo tratada o el efluente secundario que pasa por ellas. Las líneas de salida 107, en una realización, se utilizan para transmitir el agua de rechazo tratada desde los tanques de biopelícula 102. Las líneas de salida 108, por otra parte, y en el caso de una realización, se utilizan para transmitir un efluente secundario tratado desde los correspondientes tanques de biopelícula 102. Las líneas de salida 108 están operativamente conectadas con una línea de colector de distribución 112 que dirige el efluente secundario tratado hacia la línea 64. Las líneas de salida 107, en una realización, están conectadas operativamente con la línea de reciclado 94. Esto permite que se pueda reciclar el agua de rechazo tratada para un punto aguas arriba del sistema de desamonificación integrado de corriente principal/corriente secundaria 100. El diseño presentado en la Figura 2 se utiliza cuando existe un requerimiento de agua de alta calidad para el agua que pasa a través de la línea 64. En algunos casos, cuando el requerimiento de agua de calidad no es suficientemente alto, las líneas 107 y 108 asociadas con cada tanque de biopelícula 102 pueden combinarse para formar una sola línea que está conectada operativamente con el colector de distribución 112. En este último caso, se infiere que el agua de rechazo tratada no se recicla a través de la línea 94.

La Figura 3 representa una realización alternativa de la presente invención que es similar en muchos sentidos al procedimiento de la Figura 1. La diferencia fundamental entre los dos procedimientos es que el procedimiento de la Figura 3 utiliza un sistema de lodos activados de película fija integrado (IFAS) en el procedimiento de desamonificación de corriente principal. Es decir, el reactor de desamonificación 150 presentado en la Figura 3 incluye biomasa de película fija y biomasa suspendida. También en este caso la biomasa de película fija comprende biomasa soportada sobre un vehículo de biopelícula u otra estructura de soporte. Este procedimiento incluye también un clarificador secundario 152 localizado aguas abajo desde el reactor de desamonificación 150. Una línea de lodos activados de retorno 154 se extiende desde el clarificador 152 hasta la línea efluente secundaria 60. El reactor de desamonificación 150 está provisto normalmente de aireadores y mezcladoras.

Volviendo al procedimiento presentado en la Figura 1, se observa que el clarificador primario 54 produce principalmente lodos y el reactor de tratamiento biológico 58 produce los lodos secundarios. Los lodos secundarios son dirigidos al espesante de lodos 80 y se combinan los lodos espesados producidos con los lodos primarios y, en un caso determinado, se dirigen a la unidad de hidrólisis térmica 82. Tal como se ha señalado, la unidad de hidrólisis térmica 82 es opcional. En cualquier caso, la producción de la unidad de hidrólisis térmica 82 o los lodos combinados se dirigen al digestor anaeróbico 84 que produce lodos digeridos. Los lodos digeridos se dirigen al sistema de deshidratación de lodos 86 que produce una torta de lodos para su evacuación y el agua de rechazo. El agua de rechazo incluye una temperatura relativamente alta, una temperatura que suele ser por encima de los 20 °C y oscila normalmente dentro del intervalo de 25 °C a 35 °C. Asimismo, el agua de rechazo tiene una concentración de nitrógeno de amonio relativamente alta. Sin la hidrólisis térmica, la concentración de amonio del agua de rechazo es aproximadamente 300-1500 mg/l. Normalmente la concentración de nitrógeno de amonio es aproximadamente 1000 mg/l. Sin embargo, sin la hidrólisis térmica, la concentración de nitrógeno de amonio del agua de rechazo es aproximadamente 1000-2000 mg/l y, normalmente, aproximadamente 1500 mg/l.

En cualquier caso, el agua de rechazo se dirige al sistema de biopelícula de desamonificación de corriente secundaria o el reactor 88. El reactor 88 incluye vehículos de biopelícula y los vehículos de biopelícula se siembran con bacterias AOB y ANAMMOX que son el resultado de las condiciones favorables que existen en el reactor 88. La biopelícula o biomasa soportada por los vehículos de biopelícula es eficaz en el reactor 88 para eliminar el nitrógeno del amonio del agua de rechazo. Tal como se observa en la tabla ilustrativa de la Figura 7, la concentración de nitrógeno de amonio del agua de rechazo es 671 mg/l mientras que el efluente tratado del reactor 88, el efluente de la desamonificación corriente secundaria, es 100 mg/l. Tal como indica la tabla, esto constituye aproximadamente un 85 % de eliminación de amonio, 75 % de eliminación del nitrógeno total (NT) y aproximadamente 10 % de producción de nitrato en reactor de corriente secundaria 88. Tal como se observa en la Figura 1, la corriente de rechazo tratada se dirige a través de la línea 94 y se mezcla con el efluente secundario.

Mientras que se elimina el nitrógeno del amonio del agua de rechazo en el reactor 88, las bacterias AOB y ANAMMOX crecen y proliferan. Por regla general, el tiempo duplicado es aproximadamente 1-2 días para las bacterias AOB y más de 10-11 días para las bacterias ANAMMOX.

Para conseguir la desamonificación en la corriente principal, una vez sembrados adecuadamente los vehículos de biopelícula en el reactor de corriente secundaria 88 con bacterias AOB y ANAMMOX, se pueden transferir algunos de los vehículos de biopelícula desde el reactor de corriente secundaria 88 al reactor de desamonificación de corriente principal 62. Tal como se ha señalado, esto se puede conseguir utilizando una bomba aire comprimido para elevar los vehículos de biopelícula desde el agua de rechazo en el reactor 88 y utilizando una diapositiva de

gravedad, un transportador u otro medio para transferir vehículos de película sembrados directamente al reactor de desamonificación de corriente principal 62. En este punto, la biopelícula que consiste en las bacterias AOB y ANAMMOX es eficaz para eliminar el nitrógeno del amonio desde el efluente secundario. Tal como muestra la tabla de la Figura 7, en una realización ilustrativa, se reduce el nitrógeno del amonio en el reactor de corriente principal 62 de 53 mg/l a 10 mg/l. Tal como indica la nota incluida en la tabla de la Figura 7, es de esperar que el amonio efluente sea aproximadamente 10 mg/l y constituya el 10 % del nitrato producido a través del procedimiento de desamonificación en el reactor de corriente principal 62.

Tal como se ha explicado, las condiciones en el reactor de desamonificación de corriente principal 62 no conducen al crecimiento de bacterias AOB y ANAMMOX. Esto es porque el efluente secundario incluye una concentración de amonio relativamente baja y, normalmente, incluye una temperatura relativamente baja, normalmente aproximadamente 8-10 °C. Por lo tanto, tras cierto período de tiempo, se vuelven a transferir los vehículos de biopelícula al reactor de corriente secundaria 88 para su rejuvenecimiento. Es posible utilizar varias maneras de transferencia de los vehículos de biopelícula. También es este caso, se puede utilizar una bomba de aire comprimido que lleva acoplada una diapositiva de gravedad u otro dispositivo de transmisión. El concepto en este punto es volver a transferir los vehículos de biopelícula al reactor de corriente secundaria 88 en los que se expone la biopelícula a condiciones favorables para el crecimiento y para hacer que crezcan y proliferen las bacterias AOB y ANAMMOX.

Se establece la hipótesis de que el procedimiento que se acaba de describir y desvelar en la Figura 1 eliminará aproximadamente 80% del nitrógeno del amonio del agua residual. Es posible que esto no satisfaga los requerimientos de efluente final para la eliminación de amonio o DBO y SST. Por lo tanto, el sistema y procedimiento concibe en ciertos casos la utilización de un sistema de pulido de nitrificación-desnitrificación convencional representado por el numeral 66 en la Figura 1. Además, es posible eliminar los sólidos suspendidos en el sistema de separación sólidos-líquidos 68 para proporcionar un efluente final que satisfará los requerimientos de efluente para SST.

Tal como se observa en el procedimiento de la Figura 3, el sistema de biopelícula de desamonificación de corriente principal lleva acoplado un clarificador secundario 152 y hay una línea de lodos activados de retorno (RAS) 154 que conduce desde el clarificador de nuevo a un punto en la corriente principal, aguas arriba del sistema IFAS de desamonificación la corriente principal 150. Esto permite que la biomasa suspendida se acumule en los sistemas de biopelícula. Dichos sistemas de biopelícula pasan a ser un sistema de lodos activado de película fija integrado (IFAS). La biomasa suspendida adicional provista aumenta las velocidades de carga del procedimiento y contribuye a satisfacer los requerimientos de efluente más estrictos.

Al emplear un control de oxígeno disuelto y un control de tiempo de retención de los lodos, la biomasa suspendida adicional provista en el procedimiento de desamonificación IFAS realiza la nitrificación. Esto permite que la biomasa de biopelícula (bacterias ANAMMOX) realice el procedimiento de oxidación de amonio anaeróbico. En comparación con el sistema de biopelícula solamente con la estructura de biopelícula en dos capas (capa de bacterias AOB exterior y capa de bacterias ANAMMOX interior), el sistema de desamonificación IFAS con crecimiento suspendido (para AOB) y una biopelícula de una capa (para bacterias ANAMMOX) reducirá significativamente la resistencia a la transferencia de masa en los flocos de lodos y en la capa de biopelícula. Por lo tanto, el sistema de biopelícula de desamonificación IFAS aumenta significativamente las velocidades de desamonificación (por ejemplo, hasta 2 y 3 veces más), reduciendo así el volumen del reactor. Dado que la nitrificación del sistema se llevará a cabo mediante el crecimiento suspendido de AOB, el sistema puede conseguir una concentración de amonio efluente mucho menor en comparación con una configuración de solamente biopelícula debido a una menor limitación de transporte de masa de amonio. Al mejorar la calidad de efluente y con los clarificadores secundarios, el sistema IFAS puede satisfacer los requerimientos de efluente final, eliminando así la necesidad de etapas de pulido adicionales empleadas en las configuraciones de película solamente. Dado que la biopelícula es más fina y que la nitrificación tiene lugar en biomasa suspendida en el sistema IFAS, se puede mantener una menor concentración de oxígeno disuelto. Una menor concentración de oxígeno disuelto, por ejemplo, de 0,2 – 1,0 mg/l en comparación con 0,5 – 2,0 mg/l en las configuraciones de película solamente, indica un ahorro de energía significativo en el sistema IFAS.

En una realización, cuando se emplea un sistema IFAS tanto en la corriente principal como en corrientes secundarias, las condiciones operativas son:

- oxígeno disuelto de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 2,0 mg/l;
- MLSS de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 6,0 g/l;
- SRT de crecimiento suspendido = de 2 a 20 días dependiendo de la temperatura del agua residual
- Efluente NH₄-N de aproximadamente 1 a aproximadamente 100 mg/N/l;
- Efluente NO₃-N en entrada de aproximadamente 2 % a aproximadamente 20 % de N eliminado.

La Figura 4 presenta un procedimiento de desamonificación IFAS que implica IFAS un procedimiento de desamonificación tanto de una corriente principal como de una corriente secundaria. Tanto en la corriente principal como en la corriente secundaria hay biomasa de película fija y biomasa suspendida. Ha de advertirse que el sistema de desamonificación IFAS de corriente principal 150 presentado en la Figura 4 es esencialmente el mismo que se ha explicado anteriormente en relación con la Figura 3. Sin embargo, en el procedimiento de la Figura 4, sistema de

desamonificación IFAS de corriente secundaria es también un sistema. Ha de advertirse que el agua de rechazo tratada en el sistema de desamonificación IFAS de corriente secundaria 153 se dirige a un clarificador secundario 151. El efluente tratado 94 del clarificador secundario 151 se dirige a la corriente principal y hacia la línea 60, aguas arriba del sistema de desamonificación IFAS de corriente principal 150. Los lodos producidos por el clarificador secundario 151 pueden reciclarse a través de la línea 155 o puede dirigirse a la corriente principal y hacia la línea 60 a través de 157, de nuevo aguas arriba desde el sistema de desamonificación IFAS de corriente principal. La línea de lodos activados de retorno 155 es para acumular la biomasa suspendida en el sistema de corriente secundaria IFAS 153. La línea 157 es la línea de lodos activados residuales para el sistema IFAS de corriente secundaria 153 y se utilizará para controlar el SRT en la corriente secundaria y proporcionar biomasa suspendida (por ejemplo AOB) a la corriente principal equivalente.

En el caso del procedimiento representado en la Figura 4, los vehículos de biopelícula se transfieren en ambas direcciones a través de dispositivos de transferencia 90 y 92 entre el sistema de desamonificación IFAS de corriente secundaria 153 y el sistema de desamonificación IFAS de corriente principal 150. Tal como se ha explicado, la biomasa de película fija y la biomasa suspendida realizarán diferentes funciones en la eliminación del amonio del agua de rechazo y del efluente secundario. La nitrificación en los sistemas se realizará mediante el crecimiento suspendido de AOB al mismo tiempo que la oxidación anaeróbica de amonio será llevada a cabo por las bacterias ANAMMOX en la biopelícula. Al volver a transferir los vehículos de biopelícula en ambas direcciones entre los sistemas 150 y 153, la biomasa de película fija, cuando está en el reactor de corriente secundaria 153 se somete a condiciones favorables para el crecimiento de las bacterias ANAMMOX. Al transferir los vehículos de biopelícula del reactor de corriente secundaria 153 al reactor de corriente principal 150, la biomasa de película fija en el reactor de corriente principal 150 incluye una cantidad eficaz de bacterias ANAMMOX para llevar a cabo el mismo proceso en la corriente principal.

En el procedimiento representado en la Figura 4, se produce una cantidad significativa de biomasa suspendida principalmente AOB, en el sistema IFAS de corriente secundaria 153. Se transfiere la biomasa suspendida al sistema IFAS de corriente principal 150 a través de la línea de residuo 157. La biomasa suspendida transferida (AOB) actuará como siembra y realizará la nitrificación en el sistema de desamonificación IFAS de corriente principal. Esto reducirá el SRT mínimo requerido para llevar a cabo la nitrificación objetivo en la corriente principal, reduciendo así el volumen del tanque en el sistema IFAS de corriente principal.

Se hace referencia a la Figura 9 que presenta los resultados de laboratorio para comparar los procedimientos de desamonificación realizados por biopelícula solamente (MBBR) y sistemas IFAS. Debe advertirse que a mano derecha del gráfico se presenta la eliminación de nitrógeno para un procedimiento de desamonificación IFAS que se inició poco después del día 196 de la prueba. Antes de instituir el procedimiento de desamonificación IFAS, se puso en funcionamiento el sistema como procedimiento de desamonificación MBBR. Ambos casos reflejan la eliminación de nitrógeno en una corriente secundaria. Tal como se puede observar en el gráfico de la Figura 8, el procedimiento de desamonificación IFAS fue sustancialmente más eficaz para eliminar nitrógeno del agua residual con una velocidad de eliminación de nitrógeno hasta 2-3 veces mayor que los procedimientos de desamonificación de biopelícula solamente.

Volviendo al procedimiento de la Figura 2, en lugar del reactor de corriente secundaria 88 y el reactor de corriente principal 62, el procedimiento de la Figura 2 utiliza el sistema de corriente principal - corriente secundaria integrado 100. Tal como se ha explicado, el sistema 100 incluye varios tanques o reactores de biopelícula 102. Cada tanque está provisto de un sistema de aireación para realizar el tratamiento aeróbico y se proporciona también en cada tanque una mezcladora o al menos un medio convencional para mezclar el agua residual y el agua de rechazo en él. Los tanques 102 son reactores de biopelícula y por lo tanto cada tanque incluye una masa apropiada o un conjunto de vehículos de biopelícula. La expresión "vehículos de biopelícula" tal como se utiliza en el presente documento significa cualquier estructura para soportar la biomasa e incluye medios plásticos.

En el procedimiento de la Figura 2, se dirige el agua de rechazo del sistema de deshidratación de lodos 86 a la línea de alimentación de rechazo 106. En este caso, solamente un reactor de biopelícula 102 recibe el agua de rechazo. Ha de advertirse que la válvula en la línea de alimentación superior para el tanque de biopelícula no. 1 está abierta. De este modo, el agua de rechazo, con una alta concentración de amonio o de una temperatura relativamente alta se dirige al tanque de biopelícula no. 1. Esto facilitará el crecimiento y proliferación de bacterias AOB y ANAMMOX. Al mismo tiempo las bacterias AOB y ANAMMOX que forman una biopelícula en los vehículos de biopelícula son eficaces para reducir la concentración de nitrógeno del amonio del agua de rechazo en el tanque de biopelícula no. 1. El efluente del tanque de biopelícula no. 1 se dirige a una línea de salida a través de una válvula abierta hacia la línea de reciclado 94. Opcionalmente, el agua de rechazo tratada del tanque de biopelícula no.1 se vuelve a reciclar a la corriente principal y a un punto aguas arriba del sistema integrado 100.

Mientras el agua de rechazo se dirige hacia el tanque de biopelícula no. 1, el resto de los tanques de biopelícula se utilizan para eliminar el nitrógeno de amonio del efluente secundario. Esto, naturalmente, da por supuesto que el resto de los tanques de biopelícula han sido sembrados previamente con vehículos de biopelícula ricos en bacterias AOB y ANAMMOX. Dado que el volumen de efluente secundario es mayor que el volumen de agua de rechazo, se infiere que generalmente se requiere más volumen de reactor para tratar el efluente secundario que el necesario para tratar el agua de rechazo. Por lo tanto, en este ejemplo, se utiliza un tanque de película para tratar el agua de

rechazo y tres tanques de biopelícula para tratar el efluente secundario. El número de tanques utilizados para cada uno de los tratamientos y los volúmenes correspondientes requeridos pueden variar y depender del caudal de las aguas residuales sin tratar hacia el sistema 50 y la carga de nitrógeno de amonio que acompaña al agua residual.

5 El concepto asociado al procedimiento de la Figura 2 es utilizar el sistema de corriente principal - corriente secundaria integrado 100 como un procedimiento tanto de corriente secundaria como de corriente principal. Los uno o más tanques de biopelícula que manejan el agua de rechazo formarán eficazmente una parte de la corriente secundaria. Los uno o más tanques de biopelícula que manejan el efluente secundario formarán una parte del procedimiento de corriente principal.

10 En una realización ilustrativa, el agua de rechazo de la unidad de deshidratación de lodos 86 se dirigirá secuencialmente a cada uno de los tanques de biopelícula 102. También en este caso, la función que se consigue es que los vehículos de biopelícula y la biomasa que hay sobre ellos eliminen el nitrógeno de amonio del agua de rechazo y al mismo tiempo las condiciones presentadas por el agua de rechazo causen que crezcan y proliferen las bacterias AOB y ANAMMOX para poderlas utilizar en un procedimiento sucesivo para eliminar el nitrógeno del amonio del efluente secundario. Por lo tanto, se infiere que durante un período de tiempo, en este ejemplo, un
15 tanque de biopelícula recibe agua de rechazo y el resto de los tanques de biopelícula reciben el efluente secundario. A continuación, en una fase sucesiva o durante un segundo período de tiempo, el agua de rechazo se dirige a otro tanque de biopelícula al mismo tiempo que al menos una porción del efluente secundario se dirige ahora al tanque de biopelícula que anteriormente recibió el agua de rechazo. Esto permite que el agua de rechazo rejuvenezca continuamente la biopelícula, de manera que la biopelícula sea capaz de eliminar eficazmente el nitrógeno del
20 amonio del efluente secundario.

La Figura 5 ilustra otro procedimiento de desamonificación que está diseñado para eliminar amonio tanto en la corriente principal como en la corriente secundaria. El sistema y procedimiento presentado en la Figura 5 implica un sistema IFAS integrado que funciona para eliminar el amonio tanto en la corriente secundaria como en la corriente principal. El sistema y procedimiento presentado en la Figura 5 es similar en varios sentidos al sistema y
25 procedimiento presentado en la Figura 2. El sistema y procedimiento presentado en la Figura 2 es un procedimiento de película fija en el que la biomasa está soportada por vehículos o cualquier otra estructura de soporte. El sistema y procedimiento presentado en la Figura 5 no solamente utiliza biomasa de película fija en cada uno de los tanques IFAS 102 sino que también utiliza la biomasa suspendida dando lugar así a un procedimiento de lodos activados de película fija integrado.

30 Debe advertirse que en la Figura 5 cuando se dirige el efluente en la línea 64 a un clarificador secundario 152, el clarificador secundario 152 produce una corriente principal final efluente en la línea 70. Asimismo, el clarificador secundario 152 sedimenta los lodos activados que se vuelven a transferir a los tanques IFAS 102 a través de la línea 154. La línea 154 que transporta los lodos activados de retorno se divide en una serie de ramificaciones de manera que los lodos activados de retorno se pueden dirigir a cada uno de los tanques IFAS 102. En la línea de retorno de lodos 154, hay una línea de lodos activados residuales 158 para eliminar los lodos extra de producidos en el sistema IFAS, controlando así su SRT también. Cada uno de los tanques IFAS 102 está provisto de un sistema de aeración para realizar un tratamiento aeróbico y también se proporciona en cada tanque una mezcladora o al menos un medio convencional para mezclar los lodos activados y la biomasa de película fija con el agua de rechazo o el efluente secundario. Debe advertirse que hay casos en los que no se requiere clasificadores secundarios expresamente 152 en la Figura 5. En este caso, el sistema de varios tanques de desamonificación IFAS 100
40 presentado en la Figura 5 es un reactor secuencial por lotes (SBR).

En el procedimiento de la Figura 5, se dirige el agua de rechazo de la unidad de deshidratación de lodos 86 a través de la línea 106 a las líneas de entrada de rechazo 106A. En el caso ilustrado en la Figura 5, solamente el tanque IFAS superior 102 recibe el agua de rechazo. Debe advertirse que la válvula en la línea de entrada superior 106A está abierta. Por tanto, el agua de rechazo, con una alta concentración de amonio y de una temperatura relativamente alta, se dirige al tanque IFAS superior (tanque no. 1). Esto facilitará 1) el crecimiento y proliferación de las bacterias ANAMMOX soportadas en los vehículos u otro soporte de biopelícula en el tanque IFAS no. 1 y 2) el crecimiento y proliferación de AOB en el crecimiento suspendido en el tanque IFAS no. 1. Al mismo tiempo, AOB suspendido y las bacterias ANAMMOX en los vehículos de biopelícula son eficaces para reducir la concentración de nitrógeno de amonio del agua de rechazo en el tanque IFAS no.1. En una realización, el efluente del tanque IFAS no. 1 se dirige a través de la línea de salida 107 y a través de una válvula abierta a la línea de reciclado 94. Opcionalmente, el agua de rechazo tratada del tanque IFAS no. 1 se vuelve a reciclar en un punto aguas arriba del sistema IFAS integrado 100.
45

Mientras se dirige el agua de rechazo al tanque IFAS no. 1 y el resto de los tanques IFAS, en una realización, se utilizan para eliminar el nitrógeno del amonio del efluente secundario. Naturalmente, esto asume que el resto de los tanques IFAS 102 han sido sembrados previamente con vehículos de biopelícula ricos en bacterias ANAMMOX. Dado que el volumen del efluente secundario es mayor que el volumen del agua de rechazo, se infiere que es necesario más volumen de reactor para tratar el efluente secundario que el que se necesita para tratar agua de rechazo. Por lo tanto, en este ejemplo, se utiliza más de un tanque IFAS para tratar el agua de rechazo y tres
50 traques IFAS para tratar el efluente secundario. El número de tanques utilizado para cada tratamiento y el volumen correspondiente requerido pueden variar y depender del caudal de las aguas residuales sin tratar en el sistema 50 y

la carga de nitrógeno de amonio que acompaña al agua residual.

Tal como se ha explicado en relación con el sistema IFAS, la biomasa suspendida adicional proporcionada en un procedimiento de desamonificación IFAS realizará la nitrificación. Esto permite que la biomasa de biopelícula soportada en los vehículos u otra estructura de soporte realice el proceso de oxidación de amonio anaeróbico utilizando bacterias ANAMMOX. Tal como se ha explicado el sistema de desamonificación IFAS, como el desvelado en la Figura 5, puede aumentar significativamente la velocidad de desamonificación. Se establece la hipótesis de que dicho aumento puede ser de hasta dos o tres veces más, o incluso más, cuando se aplica el sistema de desamonificación IFAS tanto en la corriente principal como la corriente secundaria.

Volviendo a la Figura 6, se presenta en ella un procedimiento de tratamiento de agua residual que incluye procedimientos tanto de la corriente principal como de corriente secundaria. Tal como se explicará, la corriente secundaria incluye un sistema de desamonificación de lodos activados de película fija integrado para eliminar amonio del agua de rechazo en la corriente secundaria. Haciendo referencia a la Figura 6, se dirigen las aguas residuales sin tratar a un clarificador primario 54 en la corriente principal. El clarificador primario 54 produce un efluente primario y lodos primarios. Los lodos primarios se dirigen a la corriente secundaria mientras que el efluente primario se dirige a uno o más reactores 58 que realizan un tratamiento secundario del agua residual con o sin eliminación de nutriente biológico (nitrógeno y fósforo). El tratamiento secundario produce un efluente secundario así como lodos. Los lodos producidos en el reactor o reactores secundarios 58 se dirigen a una unidad de espesamiento de lodos 80 en la corriente secundaria.

Los lodos espesados de la unidad de espesamiento de lodos 80 y los lodos primarios del clarificador primario 54 se dirigen a un tanque de retención de lodos en la corriente secundaria. Los lodos del tanque de retención de lodos, en una realización, se dirigen a un digestor anaeróbico 84 que produce lodos digeridos. Los lodos digeridos se dirigen a una unidad de deshidratación de lodos 86 que deshidrata los lodos para producir agua de rechazo y una torta de lodos para su evacuación. El agua de rechazo, tal como se ha explicado, incluyen a concentración de amonio relativamente alta y una temperatura relativamente alta en comparación con el agua residual en la corriente principal. En cualquier caso, el agua de rechazo se dirige al sistema de desamonificación IFAS de corriente secundaria 153. Tal como se ha explicado, el reactor o reactores que constituyen el sistema de desamonificación IFAS están provistos de aireadores y al menos algún medio de mezclado del contenido del reactor o reactores. Asimismo, dado que el sistema 153 es un sistema IFAS, esto significa que existe biomasa suspendida así como biomasa de película fija en los reactores que constituyen el sistema 153. Tal como se ha explicado, la biomasa suspendida en el tratamiento del agua de rechazo realiza la nitrificación que tiene como resultado la conversión de NH_4 en nitrito (NO_2^-). El proceso de nitrificación elimina una sustancial porción del amonio en el agua de rechazo. Los vehículos de biopelícula en el sistema de desamonificación de corriente secundaria 153 incluyen bacterias ANAMMOX en crecimiento y soportadas en ellos. Las bacterias ANAMMOX son eficaces para convertir una porción sustancial del resto de NH_4 y nitrito en nitrógeno elemental. De este modo, la biomasa suspendida (AOB) y las bacterias ANAMMOX cooperan para llevar a cabo un procedimiento de desamonificación en la corriente secundaria.

Aguas abajo del sistema de desamonificación IFAS de corriente secundaria 153 hay un separador de sólidos 151 que, en este caso, representa un clarificador convencional. Los vehículos de biopelícula están retenidos en el sistema IFAS 153 al mismo tiempo que el efluente dirigido al clarificador 151 incluye biomasa suspendida que se separa del efluente que se dirige al clarificador 151. Los lodos sedimentados por el clarificador 151 incluyen biomasa suspenda que se retorna al sistema de desamonificación IFAS de corriente secundaria 153 a través de una línea de lodos activados de retorno 155. Parte de los lodos sedimentados por el clarificador 151 se lavan a través de la línea 158.

Tal como se ha explicado, el tiempo de retención de lodos de la biomasa suspendida en este sistema IFAS puede controlarse mediante la cantidad de lodos activados residuales. Al emplear control de SRT y control de oxígeno disuelto en los sistemas IFAS, la biomasa suspendida en el procedimiento de desamonificación IFAS que se acaba de describir es eficaz para realizar la nitrificación. Tal como se ha mencionado, en comparación con el sistema de desamonificación de biopelícula solamente con la estructura de biopelícula en dos capas (capa exterior para el crecimiento de AOB y capa interior para el crecimiento de bacterias ANAMMOX), el sistema de desamonificación IFAS con crecimiento suspendido y biopelícula de una capa reducirá significativamente la resistencia a la transferencia de masa en los flóculos de los lodos y en la capa de biopelícula. De este modo, el sistema de biopelícula de desamonificación IFAS aumentará significativamente los índices de desamonificación en la corriente secundaria, en este ejemplo y, por tanto se reducirá el volumen del reactor. Gracias a la biopelícula de una capa y que la nitrificación tiene lugar en la biomasa suspendida, se puede mantener una concentración de oxígeno disuelto más baja en un sistema IFAS como el que se representa en la Figura 6.

La configuración IFAS presentada en la Figura 6 puede incluir un solo reactor de desamonificación IFAS de corriente secundaria que contendría y retendría tanto la biomasa suspendida como los vehículos de biopelícula que tienen bacterias ANAMMOX soportadas sobre el mismo. En el diseño de la Figura 6 el separador de sólidos 151 se presenta externo al reactor IFAS 153. Sin embargo, el separador de sólidos, como por ejemplo un clarificador o módulo de membrana, podría estar embebido en el reactor IFAS 153. Debe advertirse que hay casos en los que puede no requerirse un separador de sólidos expresamente en el IFAS 15. En dichos casos, el sistema de desamonificación IFAS 153 presentado en la Figura 6 es un reactor secuencial por lotes (SBR).

Las condiciones operativas para el procedimiento de desamonificación IFAS de corriente secundaria pueden variar. Sin embargo, en una realización ilustrativa el nivel de oxígeno disuelto en el reactor IFAS 153 puede mantenerse en el intervalo de 0,2-1,5 mgO₂/l. Los sólidos suspendidos en licor mezclado (MLSS) podrían mantenerse en el intervalo de 0,5-4,0 g/l. El SRT operativo podría ser entre 2-15 días dependiendo de la temperatura del agua de rechazo. El efluente del sistema IFAS de corriente secundaria 153 podría incluir normalmente una concentración de NH₄-N en el efluente de aproximadamente 5 a aproximadamente 100 mgN/l. La concentración de NO₃-N en el efluente oscilaría normalmente dentro del intervalo de aproximadamente 5 a aproximadamente 20 % del nitrógeno eliminado.

Las Figuras 3-6 ilustran varias realizaciones del procedimiento en el que se utilizan sistemas IFAS para eliminar amonio. La configuración IFAS, tal como se ha explicado, implica un reactor de biopelícula (p.ej., MBBR) con o sin dispositivos de separación de sólidos expresamente para retener la biomasa suspendida (p.ej., clarificadores con lodos de retorno). Los sistemas de desamonificación IFAS presentados en las Figuras 3-6 podrían diseñarse como reactores secuencias por lotes (SBR), por tanto, no se requieren dispositivos de separación de sólidos expresamente.

Las configuraciones IFAS consiguen la desamonificación en un solo tanque de reactor utilizando biomasa suspendida para conseguir la mayor parte de la nitrificación y biomasa de biopelícula para llevar a cabo la mayor parte del proceso de oxidación anaeróbica de amonio. Debe señalarse que es posible utilizar una configuración IFAS con o sin dispositivos de separación de lodos externos. Por ejemplo, los dispositivos de separación (como por ejemplo clarificadores y módulos de membrana) pueden estar contenidos o embebidos en el reactor de biopelícula. En ciertos casos, en la configuración IFAS, la biomasa suspendida puede transferirse entre la corriente secundaria y la corriente principal. Un ejemplo de esto se presenta en la Figura 4. La biomasa suspendida sedimentada en el clarificador secundario 151 puede transferirse a la corriente principal a través de la línea 157. En otros casos, se puede exponer la misma biomasa suspendida tanto al agua de rechazo en la corriente secundaria como al efluente secundario en la corriente principal. Esto tiene lugar en la configuración IFAS presentada en la Figura 5. Esto es porque, en un modo, uno o más de los tanques IFAS 012 funcionarán como parte de un procedimiento de corriente secundaria y uno o más de los demás tanques IFAS 102 funcionarán como parte del procedimiento de la corriente principal. Por lo tanto, en un modo, la biomasa suspendida y la biomasa de película fija en uno de los tanques IFAS entrará en contacto con el agua de rechazo y en otro modo, la misma biomasa entrará en contacto con el efluente secundario.

Dado que las características del efluente secundario son diferentes a las del agua de rechazo, las condiciones de funcionamiento para los procedimientos de desamonificación IFAS de corriente principal representados en las Figuras 3 a 5 son diferentes a los de un procedimiento de desamonificación IFAS de corriente secundaria. En una realización ilustrativa, el nivel de oxígeno disuelto en el reactor IFAS 150 puede mantenerse en el intervalo de 0,2-2,0 mgO₂/L. Los sólidos suspendidos del licor mezclado (MLSS) podrían mantenerse en el intervalo de 0,5-6,0 g/l. El SRT operativo podría ser entre 5-20 días dependiendo de la temperatura del efluente secundario. El efluente del sistema IFAS de la corriente principal 150 podría incluir normalmente una de concentración NH₄-N en el efluente de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 mgN/l. La concentración de NO₃-N en el efluente podría oscilar normalmente dentro del intervalo de aproximadamente 2 % a aproximadamente 20 % del nitrógeno eliminado. Conseguir una concentración de amonio efluente más baja para satisfacer los requerimientos del efluente final sin la etapa de pulido es una de las principales ventajas del sistema IFAS de corriente principal en comparación con los sistemas de solamente biopelícula de corriente principal.

Uno de los desafíos del funcionamiento de un procedimiento de desamonificación de corriente principal es suprimir el crecimiento suspendido de bacterias oxidantes de nitrito (NOB) (los microorganismos que convierten nitrito en nitrato y compiten con las bacterias ANAMMOX para el nitrito) incluso con control de oxígeno disuelto y del tiempo de retención de lodos (SRT). Alternar la alimentación de biomasa entre el agua de rechazo y el efluente secundario o poner en contacto periódicamente la biomasa con el agua de rechazo puede servir como medio para suprimir el crecimiento de NOB ya que la alta concentración de amonio en el agua de rechazo es un inhibidor del crecimiento de NOB.

En los procedimientos de las Figuras 1 a 5, el sistema de desamonificación de la corriente principal sigue un sistema de eliminación de carbono por separado y, en una realización preferente, se limita a carbono o se centra principalmente en la eliminación de carbono. En comparación con los sistemas de lodos activados convencionales con nitrificación, los sistemas de eliminación de DBO solamente (es decir, sistemas diseñados para estar limitados sustancialmente a eliminar DBO) producen más lodos y por tanto, transfieren más nitrógeno al digestor anaeróbico que terminará en un procedimiento de desamonificación de corriente secundaria. Por lo tanto, la desamonificación de corriente secundaria en ambas configuraciones (Figuras 1 y 2) trata aproximadamente 20-25 % de la carga total de nitrógeno en la planta. La desamonificación de la corriente principal trata aproximadamente 75-80 % del nitrógeno total. Un sistema de eliminación de DBO solamente puede desplazar aproximadamente 5 % de la carga de nitrógeno a la corriente secundaria desde la corriente principal debido al exceso de producción de lodos, que se envían al digestor anaeróbico. La Tabla de la Figura 7 presenta el comportamiento esperado de las dos configuraciones de procedimiento presentadas en las Figuras 1 y 2 en el tratamiento de 43,81 l/s (1 MGD) que tiene lodos municipales de una alta concentración típica. En la Figura 7 se considera una digestión aeróbica solamente, sin hidrólisis térmica.

- En todas las configuraciones de la corriente secundaria, la hidrólisis térmica es una etapa opcional y puede incluirse en la digestión anaeróbica de lodos para aumentar el nivel de nitrógeno en la corriente secundaria. La hidrólisis térmica combinada con la digestión anaeróbica aumentará normalmente la reducción de sólidos volátiles en un 50 % en comparación con la digestión anaeróbica en solitario. Se espera que la liberación de amonio de la digestión anaeróbica aumente en un 50 % debido a la hidrólisis térmica. Por lo tanto, la hidrólisis térmica aumentará la carga de nitrógeno para la corriente secundaria en hasta un 35 % de la carga total de la planta y dejará 65 % para la corriente principal. La tabla de la Figura 8 presenta el comportamiento esperado de las dos configuraciones de procedimiento en la Figura 1 y la Figura 2 en el tratamiento de 43,81 l/s (1 MGD) de aguas residuales municipales de alta concentración típicas añadiendo hidrólisis térmica a la digestión anaeróbica.
- 10 La incorporación de un sistema de eliminación de DBO solamente y el procedimiento de hidrólisis térmica en las dos configuraciones presentadas en las Figuras 1 a 5 aumentará la carga de nitrógeno para la corriente secundaria. Cuanto más carga de nitrógeno para la corriente secundaria, más biomasa se produce en la corriente secundaria y más vehículos de película sembrados quedan disponibles para la corriente principal equivalente. Una comparación entre las tablas de las Figuras 7 y 8 indica que la relación entre la eliminación de nitrógeno de la corriente secundaria y la de la corriente principal aumenta de aproximadamente 0,26 a 0,38 al incorporar el procedimiento de hidrólisis térmica en el procedimiento de digestión anaeróbica de lodos. El comportamiento esperado en ambas tablas indica que se elimina la mayor parte de la carga total de nitrógeno (aproximadamente 80%) a través de los procedimientos de desamonificación de corriente principal y secundaria y que el 20 % restante de la carga de nitrógeno se elimina a través del procedimiento de pulido de nitrificación – desnitrificación convencional.
- 20 Son muchas las ventajas del procedimiento de desamonificación descrito. Se requiere aproximadamente un 60 % menos de oxígeno para la eliminación de cierta cantidad de nitrógeno del amonio. Además, este procedimiento en particular no requiere fuente de carbono adicional. Además, el procedimiento tiene como resultado una menor producción de CO₂ y menos producción de lodos.
- 25 Naturalmente, la presente invención puede llevarse a cabo de otras formas a las expuestas específicamente en el presente documento sin por ello alejarse de las características esenciales de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de tratamiento biológicamente de agua residual en un sistema de tratamiento de agua residual para eliminar carbono y amonio del agua residual, comprendiendo el procedimiento:

A. tratar el agua residual en una corriente principal que incluye:

- 5 1. separar los lodos primarios del agua residual y producir un efluente primario que tiene una baja concentración de amonio y una baja temperatura;
 2. dirigir el efluente primario a al menos un reactor de corriente principal;
 3. tratar biológicamente el agua residual en el reactor de corriente principal para eliminar carbono del agua residual y producir un efluente secundario y lodos secundarios;

10 B. tratar los lodos primarios y los lodos secundarios en una corriente secundaria que incluye:

1. opcionalmente, dirigir los lodos a una unidad de hidrólisis térmica;
 2. dirigir la producción de la hidrólisis térmica, en caso de hidrólisis térmica, o dirigir si no los lodos a un digestor anaeróbico de corriente secundaria y tratar los lodos en el digestor anaeróbico para producir lodos digeridos;
 15 3. dirigir los lodos digeridos a un sistema de deshidratación de corriente secundaria y deshidratar los lodos digeridos para producir agua de rechazo que tiene una alta concentración de amonio y alta temperatura;
 4. dirigir el agua de rechazo al reactor de desamonificación de biopelícula de corriente secundaria que tiene vehículos de biopelícula dentro y cultivar una biomasa en los vehículos de biopelícula para nitrificar y desnitrificar simultáneamente amonio;
 20 5. utilizar la biomasa en los vehículos de biopelícula en el reactor de biopelícula de corriente secundaria para nitrificar y desnitrificar simultáneamente amonio;

C. después de haber sometido la biomasa al agua de rechazo y la alta concentración de amonio en ella, poner en contacto el efluente secundario en la corriente principal con la biomasa y utilizar la biomasa para reducir la concentración de amonio en el efluente secundario;

25 D. después de poner en contacto el efluente secundario en la corriente principal con la biomasa y eliminar el amonio del efluente secundario, rejuvenecer la biomasa poniendo en contacto la biomasa con el agua de rechazo que tiene la alta concentración de amonio y alta temperatura en la corriente secundaria;

E. continuar el contacto alterno de la biomasa con el efluente secundario y el agua de rechazo para:

- 30 1. eliminar el amonio del efluente secundario en la corriente principal; y
 2. eliminar el amonio del agua de rechazo y rejuvenecer la biomasa en el agua de rechazo en la corriente secundaria; y

en el que la biomasa incluye bacterias oxidantes de amonio aeróbicas (AOB) y bacterias oxidantes de amonio anaeróbicas (ANAMMOX);

en el que la alta temperatura está comprendida en el intervalo de 25 °C a 35 °C;

35 en el que la alta concentración de amonio está comprendida entre 1000 y 2000 mg/l en caso de hidrólisis térmica o entre 300 y 1500 mg/l en otros casos; y

en el que la baja temperatura es una temperatura por debajo de la alta temperatura y la baja concentración de amonio es una concentración de amonio por debajo de la alta concentración de amonio.

40 2. El procedimiento de la reivindicación 1 que incluye la transferencia de los vehículos de biopelícula y la biomasa sobre ellos en ambas direcciones entre la corriente secundaria y la corriente principal, en el que la biomasa elimina el amonio del agua residual en la corriente principal y en el que la biomasa se rejuvenece en la corriente secundaria y sigue eliminando el amonio del agua de rechazo en la corriente secundaria.

45 3. El procedimiento de la reivindicación 2 en el que el sistema de tratamiento de agua residual incluye un reactor de desamonificación en la corriente principal y en el que el procedimiento incluye transferir los vehículos de biopelícula que tienen la biomasa soportada en ellos en ambas direcciones entre el reactor de desamonificación de biopelícula en la corriente secundaria y el reactor de desamonificación en la corriente principal.

50 4. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que se proporciona una pluralidad de reactores de desamonificación de biopelícula teniendo cada reactor de desamonificación de biopelícula vehículos de biopelícula dentro que tienen la biomasa soportada en ellos y en los que la pluralidad de reactores de desamonificación de biopelícula elimina amonio del agua de rechazo y elimina amonio del efluente secundario.

5. El procedimiento de la reivindicación 4 en el que durante un período de tiempo se dirige el agua de rechazo hacia uno o más reactores de desamonificación de biopelícula al mismo tiempo que se dirige el efluente secundario a uno o más de los demás reactores de desamonificación de biopelícula.

55 6. El procedimiento de la reivindicación 5 en el que, durante otro período de tiempo, se invierte el tratamiento en los reactores de desamonificación de biopelícula y se dirige el efluente secundario hacia uno o más reactores de

desamonificación de biopelícula mientras que el agua de rechazo se dirige hacia uno o más de los demás reactores de desamonificación de biopelícula.

7. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que se proporciona una serie de reactores de desamonificación de biopelícula para eliminar amonio del agua de rechazo y el efluente secundario, y el procedimiento incluye:

- 5 A. durante un primer período de tiempo, eliminar amonio del agua de rechazo en un primer reactor de desamonificación de biopelícula y tratar el efluente secundario en un segundo reactor de desamonificación de biopelícula; y
- 10 B. durante un segundo período de tiempo, eliminar amonio del efluente secundario en el primer reactor de desamonificación de biopelícula y eliminar amonio del agua de rechazo en el segundo reactor de desamonificación de biopelícula.

8. El procedimiento de la reivindicación 7 en el que hay al menos tres reactores de desamonificación de biopelícula y en el que al menos dos de los reactores de desamonificación de biopelícula eliminan simultáneamente amonio del efluente secundario mientras que al menos uno de los reactores de desamonificación de biopelícula elimina amonio del agua de rechazo y rejuvenece la biomasa sobre los vehículos.

15 9. El procedimiento de la reivindicación 8 en el que los reactores de desamonificación de biopelícula funcionan como parte de la corriente secundaria cuando eliminan el amonio del agua de rechazo y funcionan como parte de la corriente principal cuando eliminan amonio del efluente secundario.

10. El procedimiento de la reivindicación 1 que incluye someter los lodos a hidrólisis térmica en la corriente secundaria antes de tratar los lodos en el digestor anaeróbico.

20 11. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que las condiciones que favorecen el crecimiento de bacterias ANAMMOX incluyen proporcionar el agua de rechazo con una alta concentración de amonio, alta temperatura y una baja relación entre carbono y nitrógeno.

25 12. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que el reactor de desamonificación de biopelícula en la corriente secundaria produce agua de rechazo tratada y en el que el procedimiento incluye el reciclado del agua de rechazo tratada para la corriente principal y el mezclado del agua de rechazo tratada con el agua residual en la corriente principal.

13. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que se mezcla el agua de rechazo tratada con el agua residual en la corriente principal en un punto aguas arriba desde el que se pone en contacto el efluente secundario con la biomasa que reduce la concentración de amonio en el efluente secundario.

30

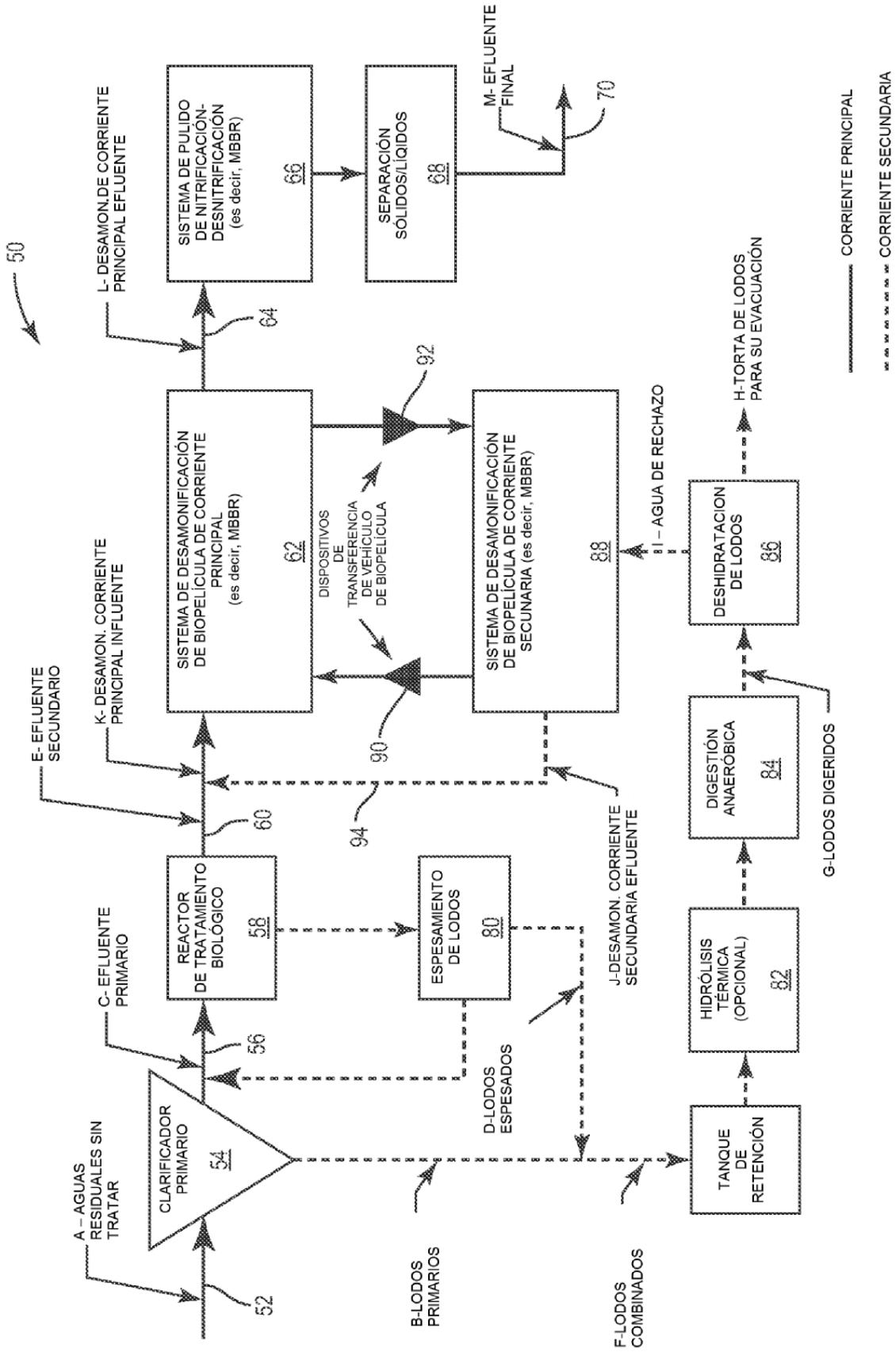


FIG. 1

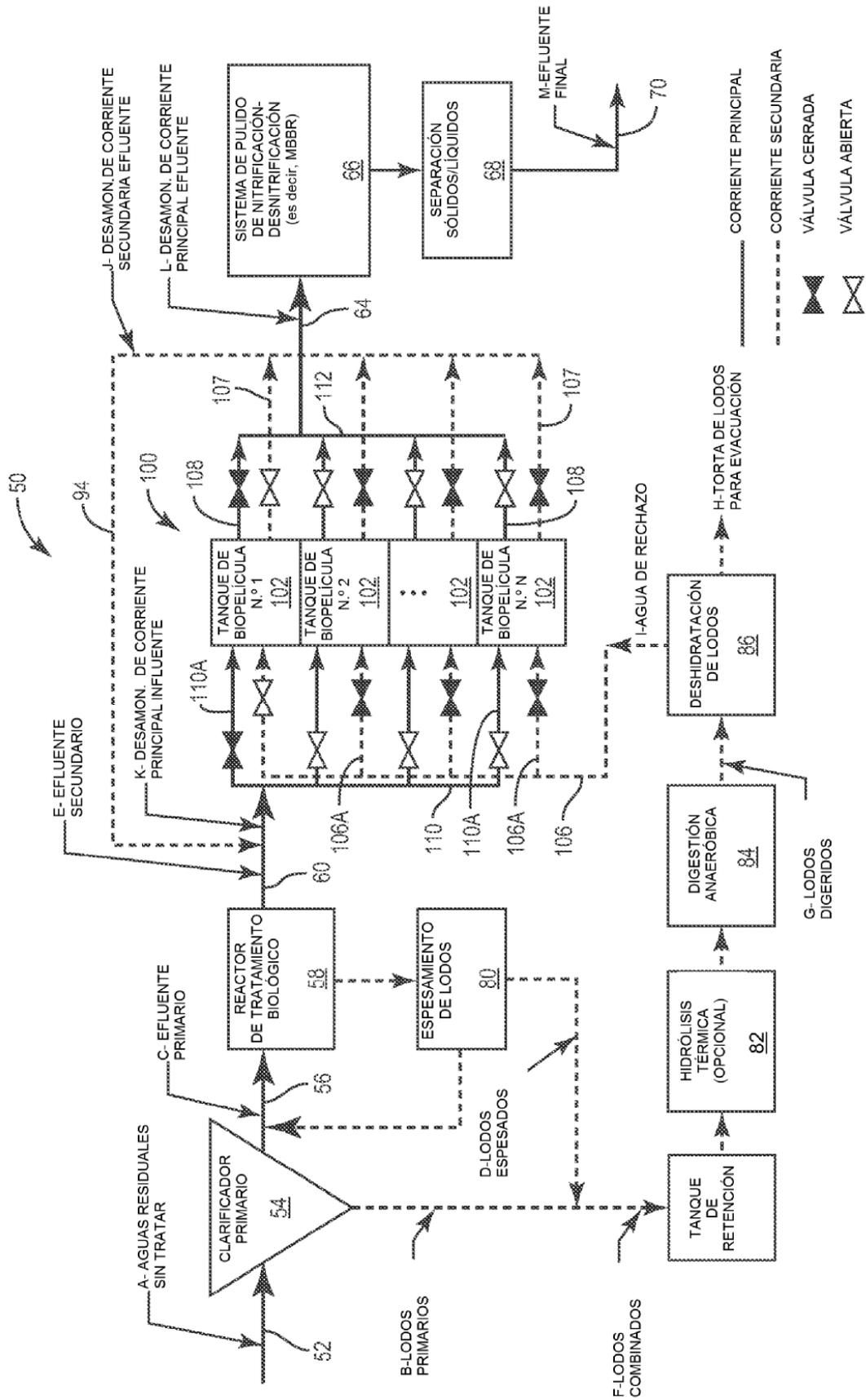


FIG. 2

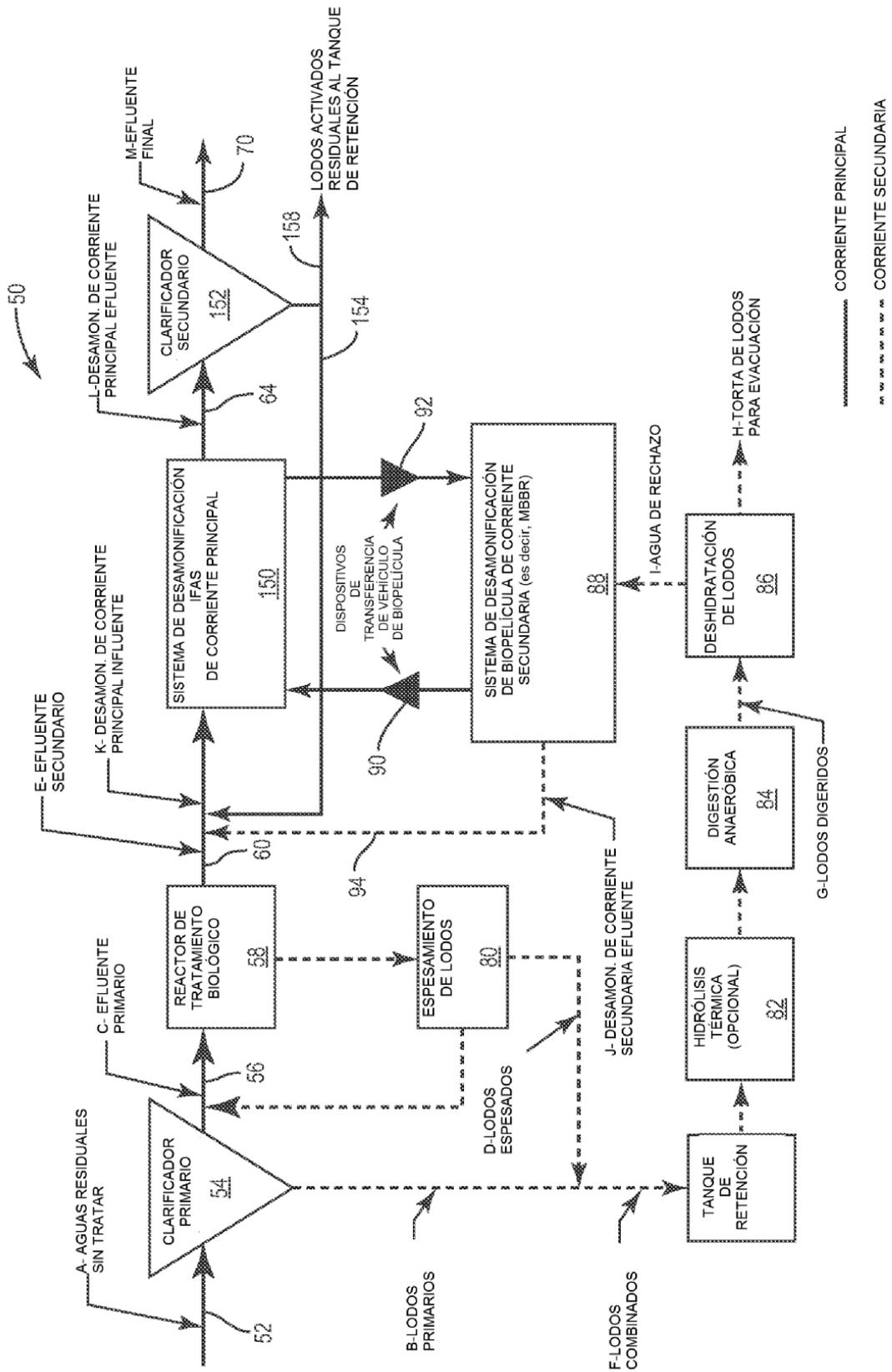


FIG. 3

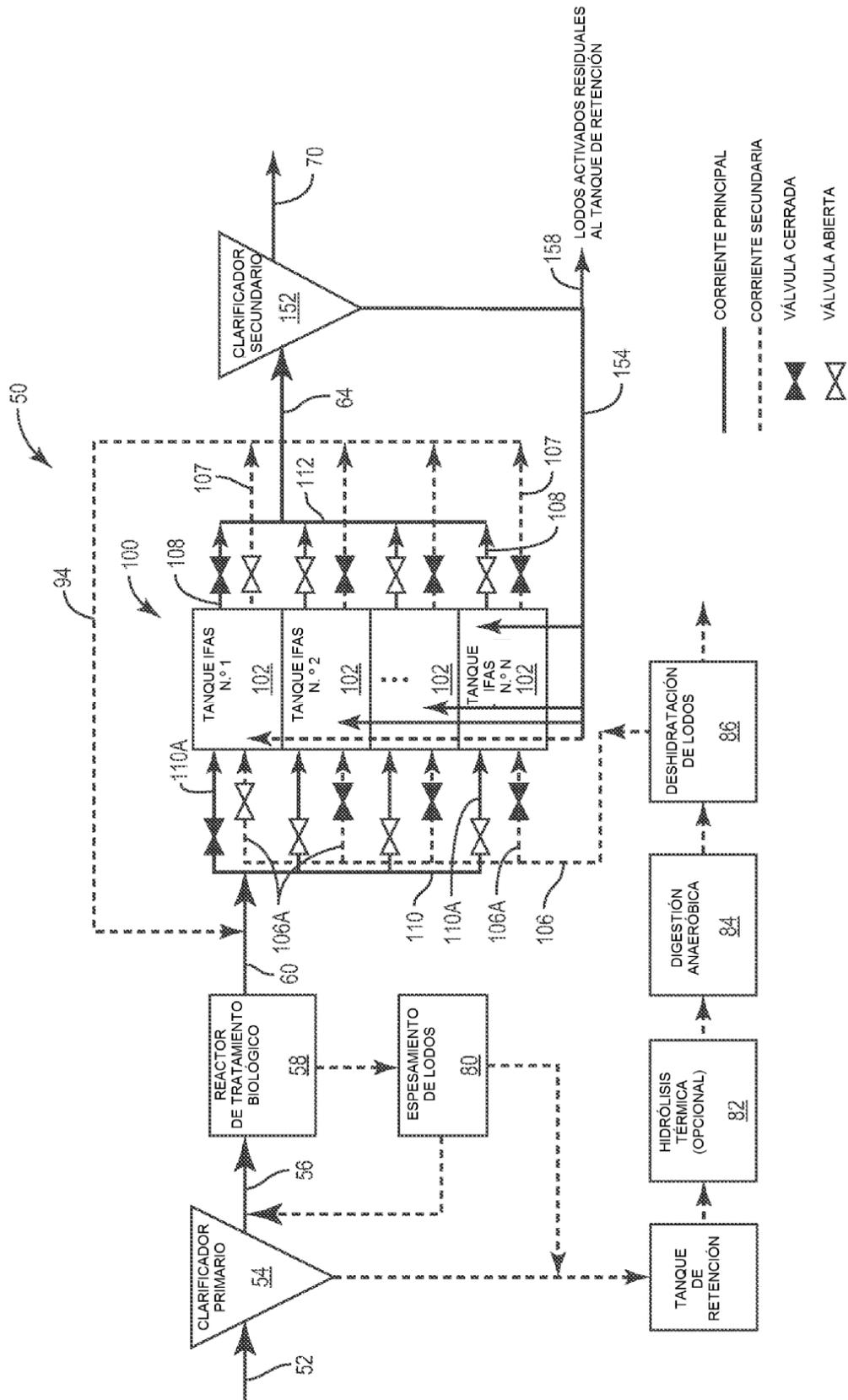


FIG. 5

PROCEDIMIENTO DE DESAMONIFICACIÓN SIN HIDRÓLISIS TÉRMICA

CORRIENTE N.º	NOMBRE DE CORRIENTE	CAUDAL l/s	NH ₄ -N		NO _x -N		BIOD. Org-N		N-Org. NO BIOD.		TOTAL NITRÓGENO		NOTAS
			mg/l	lb/d	mg/l	lb/d	mg/l	lb/d	mg/l	lb/d	mg/l	lb/d	
A	AGUAS RESIDUALES SIN TRATAR	43,81	55	459	0	0	23	192	2	17	80	667	Aguas residuales municipales de alta concentración típicas
B	LODOS PRIMARIOS	0,438					1.200	100					15 % de eliminación NT en clarificador primario
C	EFLUENTE PRIMARIO	43,81	55	459	0	0	11	92	2	17	68	567	
D	EFLUENTE SECUNDARIO ESPESADO	0,22					2.950	123			2.950	123	Asimilación de N = 6 % de DBO mediante sistema de eliminación de DBO solamente; Efluente primario DBO = 245 mg/l
E	EFLUENTE SECUNDARIO	43,81	51	427	0	0	0	0	2	17	53	444	Se convierte todo el N- Org biod. a amoníaco tras tratamiento biológico secundario
F	LODOS COMBINADOS	0,657					1.783	223			1783	223	Lodos primarios + lodos secundarios
G	LODOS DIGERIDOS ANAERÓBICOS	0,657	895	112	0	0	888	111			1783	233	Sin THP. 50 % de N-org en los lodos se libera como amoníaco, 50 % N-org queda en los lodos
H	TORTA DE LODOS							105				105	Sin THP. 95 % de N-org en los lodos digeridos termina en la torta de lodos. El caudal de la torta es insignificante
I	AGUA DE RECHAZO DE DESHIDRATACIÓN	0,876	671	112	0	0	0	0	36	6	707	118	Se añaden 0,22 l/s de agua de lavado durante la deshidratación. 5 % de N-org en los lodos digeridos es soluble y no biodegradable
J	DESAMON. DE CORRIENTE SECUNDARIA EFLUENTE	0,876	100	16,8	57	9,5	0	0	36	6	192	32	Durante el proceso de anammox se eliminan aproximadamente 85 % de amoníaco y 75 % del total de N y se produce 10 % de nitrato
K	DESAMON. DE CORRIENTE PRINCIPAL INFLUENTE	43,81	53	444	1,1	9,5	0	0	2,8	23	57	476	Corrientes combinadas = efluente secundario + efluente de corriente secundaria
L	DESAMON DE CORRIENTE PRINCIPAL EFLUENTE	43,81	10	83	5,5	36+ 9,5	0	0	2,8	23	18,0	152	Se espera 10 mg/l de amoníaco efluente para la desamon. de corriente principal. Se produce 20 % de nitrato durante el proceso de anammox.
M	EFLUENTE FINAL	43,81	1,0	8,3	1,0	8,3	0	0	2,8	23	4,8	40	Se puede conseguir 1 mg/l de amoníaco y 1 ml/l de nitrato de efluente final con procedimientos BNR convencionales

FIG. 7

PROCEDIMIENTO DE DESAMONIFICACIÓN SIN HIDRÓLISIS TÉRMICA

CORRIENTE N.º	NOMBRE DE CORRIENTE	CAUDAL l/s	NH ₄ -N		NO _x -N		BIOD. Org-N		N-org. NO BIOD		TOTAL NITRÓGENO		NOTAS
			mg/l	lb/d	mg/l	lb/d	mg/l	lb/d	mg/l	lb/d	mg/l	lb/d	
A	AGUAS RESIDUALES SIN TRATAR	43.81	55	459	0	0	23	192	2	17	80	667	Agua residual municipal de alta concentración típica
B	LODOS PRIMARIOS	0.438				1.200	100						15 % de eliminación NT en clarificador primario
C	EFLUENTE PRIMARIO	43.81	55	459	0	0	11	92	2	17	68	567	
D	EFLUENTE SECUNDARIO ESPESADO	0.22				2.950	123				2.950	123	Asimilación de N = 6 % de DBO mediante sistema de eliminación de DBO solamente; Efluente primario DBO = 245 mg/l
E	EFLUENTE SECUNDARIO	43.81	51	427	0	0	0	0	2	17	53	444	Se convierte todo el N- Org biod. a amoníaco tras tratamiento biológico secundario
F	LODOS COMBINADOS	0.657				1.783	223				1783	223	Lodos primarios + lodos secundarios
G	LODOS DIGERIDOS ANAERÓBICOS	0.657	1.335	167	0	0	448	56			1783	223	Sin THP, 75 % de N-org en los lodos se libera como amoníaco, 20 % N-org queda en los lodos
H	TORTA DE LODOS							39				39	Con THP, 70 % de N-org en los lodos digeridos termina en la torta de lodos. El caudal de la torta es insignificante
I	AGUA DE RECHAZO DE DESHIDRATACIÓN NG	0.876	1.001	167	0	0	0	0	102	17	1.103	184	Se añaden 0.22 l/s de agua de lavado durante la deshidratación, 30 % de N-org en los lodos digeridos es soluble y no biodegradable
J	DESAMON. DE CORRIENTE SECUNDARIA EFLUENTE	0.876	150	25	84	0	0	0	102	17	335	56	Durante el proceso de anammox se eliminan aproximadamente 85 % de amoníaco y 75 % del total de N y se produce 10 % de nitrato
K	DESAMON. DE CORRIENTE PRINCIPAL INFLUENTE	43.81	54	452	1.7	0	0	0	4.0	34	60	500	Corrientes combinadas= efluente secundario + efluente de corriente secundaria
L	DESAMON DE CORRIENTE PRINCIPAL EFLUENTE	43.81	10	83	6.0	0	0	0	4.0	34	20	168	Se espera 10 mg/l de amoníaco efluente para la desamon. de corriente principal. Se produce 10 % de nitrato durante el proceso de anammox.
M	EFLUENTE FINAL	43.81	1.0	8.3	1.0	8.3	0	0	4.0	34	6.0	50.6	Se puede conseguir 1 mg/l de amoníaco y 1 ml/l de nitrato de efluente final con procedimientos BNR convencionales

FIG. 8

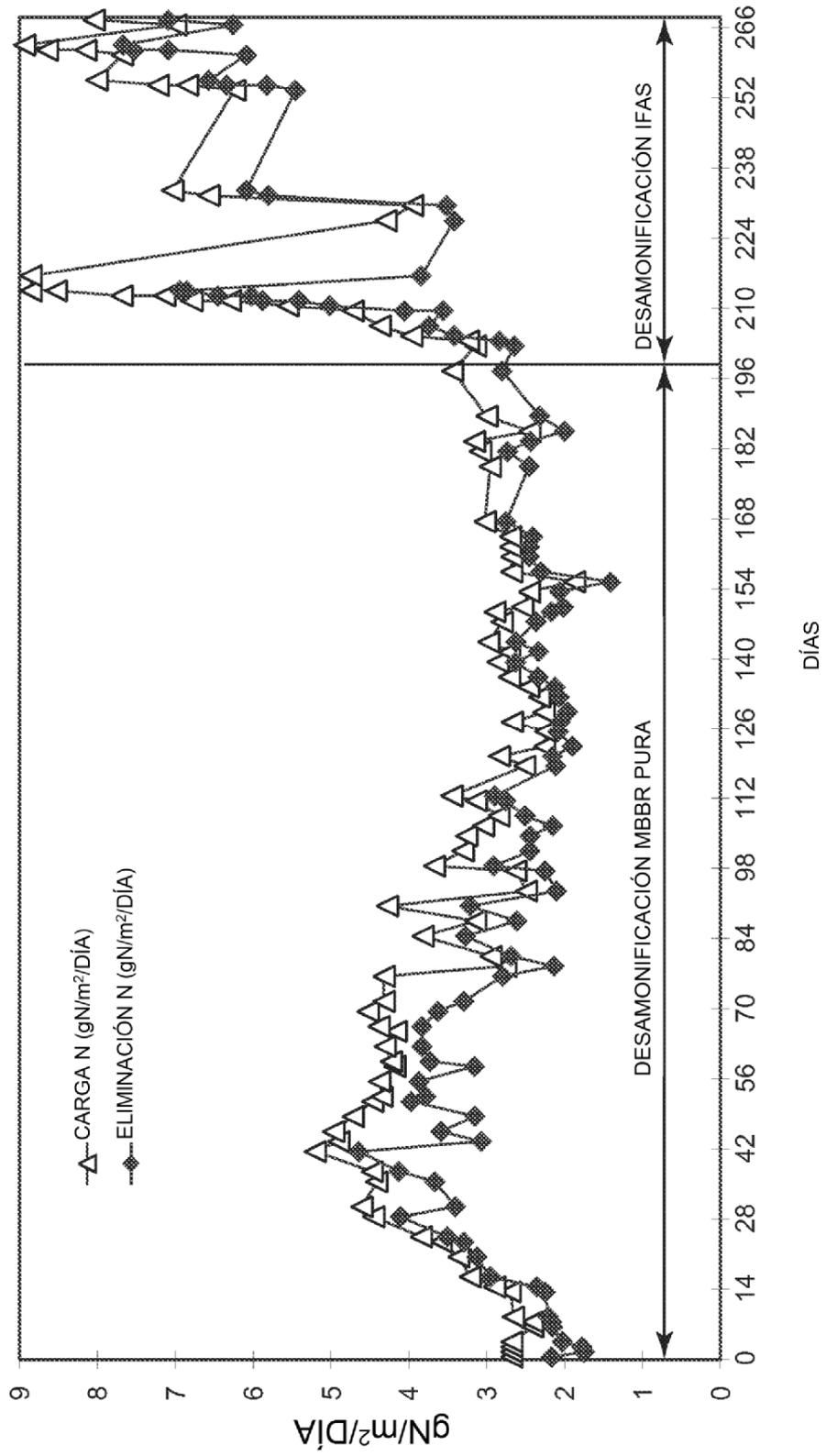


FIG. 9