

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 997 363**

51 Int. Cl.:

C02F 3/30 (2013.01)

C02F 3/00 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.12.2021 PCT/NL2021/050758**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.06.2022 WO22124901**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2021 E 21830802 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2024 EP 4259584**

54 Título: **Tratamiento biológico aerobio de aguas residuales en un reactor de flujo continuo**

30 Prioridad:

10.12.2020 NL 2027088

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

17.02.2025

73 Titular/es:

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V. (100.00%)

Laan 1914 no 35

3818 EX Amersfoort, NL

72 Inventor/es:

VAN DIJK, EDWARD JOHN HENRIK;

PRONK, MARIO y

HAAKSMAN, VIKTOR ALBERT

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 997 363 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

Tratamiento biológico aerobio de aguas residuales en un reactor de flujo continuo

- 5 [0001] La invención se enmarca en el campo de la depuración biológica aerobia de aguas residuales en un reactor de flujo transversal continuo con lodos granulares aerobios.

ANTECEDENTES

- 10 [0002] Para proteger el entorno acuático, el tratamiento biológico de las aguas residuales de las casas, las ciudades y la actividad industrial es una actividad importante. Se conocen numerosas tecnologías de depuración biológica, que pueden dividirse en general en tecnologías anaerobias y aerobias. Ambas tecnologías utilizan microorganismos que usan los contaminantes de las aguas residuales como sustrato y, por lo tanto, los convierten en sustancias menos dañinas. En las tecnologías anaerobias, los microorganismos (MO) se desarrollan sin añadir oxígeno significativo a la mezcla de MO y aguas residuales. Los MO convierten principalmente los contaminantes en gas metano y crecimiento de los MO. Los ejemplos de dichas tecnologías anaerobias son BioBulk, UASB, EGSB y MBR anaerobio. La ventaja de esta clase de tecnología es que se puede utilizar el gas metano. Sin embargo, la principal desventaja es que el rendimiento del tratamiento de aguas residuales es bastante limitado y, a menudo, es necesario un tratamiento posterior en una tecnología aerobia para la protección adecuada del entorno acuático. Cabe destacar que la invención presentada a continuación no forma parte de esta clase anaerobia de tecnologías de depuración.

- 25 [0003] En las tecnologías aerobias, el oxígeno se suministra a los MO de una forma u otra, por ejemplo, introduciendo aire a través de aireadores de superficie, a través de aireadores de burbujas o de otra forma. Los MO aerobios convierten principalmente contaminantes carbonosos orgánicos en dióxido de carbono y crecimiento de MO.

- 30 [0004] Además, existen tecnologías aerobias en que las condiciones del proceso se establecen de tal manera que, además de los MO aerobios, también pueden proliferar MO que son capaces de eliminar nutrientes, como nitrógeno y fosfato, de las aguas residuales. Estas condiciones del proceso incluyen a menudo las denominadas condiciones anaerobias y anóxicas. En condiciones anóxicas, además de contaminantes orgánicos, también están presentes compuestos de nitrógeno oxidados, como nitrito y nitrato, donde pueden proliferar MO que los convierten en gas nitrógeno inocuo. En las llamadas condiciones anaerobias, la concentración de dichos compuestos de nitrógeno oxidados es limitada o inexistente. En dichas condiciones, los MO que pueden almacenar fosfato pueden proliferar, por ejemplo, como los MO de la clase PAO (organismos acumulares de fosfato, por sus siglas en inglés). Cabe señalar que, aunque el término "anaerobio" para estas condiciones del proceso se utiliza comúnmente y es similar al de las tecnologías de depuración anaerobia, representa una clase muy diferente de MO y no se debe confundir con los de las tecnologías de depuración anaerobia anteriormente descritas, que producen principalmente metano. Cabe señalar que también existen MO específicos que pueden convertir amonio con nitrito en gas nitrógeno. Esta clase de MO se conocen a menudo como Anammox (oxidantes de amonio anóxicos). Esta clase de MO no puede proliferar en presencia de contaminantes carbonosos, ni puede eliminar estos importantes contaminantes. Por lo tanto, las tecnologías que usan MO Anammox no pertenecen al tratamiento aerobio de aguas residuales, pero a menudo requieren dicho componente de tecnología de depuración aerobia como pretratamiento para producir nitrito a partir de contaminantes de amonio o nitrógeno orgánico.

- 50 [0005] Una tecnología de uso común, y hasta hace poco, la más aplicada a nivel mundial para la depuración aerobia de aguas residuales es el denominado sistema de lodos activados (o de flujo transversal) continuo. La denominada tecnología Carrusel, como se describe en el documento EP0474296, es un ejemplo de dichas formas de realización. Los MO crecen en forma de flóculos de lodos, que circulan alrededor junto con las aguas residuales en el reactor de depuración tipo carrusel y, de esta manera, se exponen tanto a condiciones aerobias como anóxicas. También existen formas de realización tipo carrusel que tienen un reactor anaerobio aguas arriba para permitir el crecimiento de los MO PAO en los lodos activados circulantes. Después de la eliminación de los contaminantes de las aguas residuales por los MO en los lodos activados (AS, por sus siglas en inglés), los AS se separan del agua mediante sedimentación, flotación, filtros de membrana u otros medios, y los AS se devuelven a las condiciones del proceso aerobias, anóxicas y/o anaerobias. Para que la separación de los AS se realice de forma adecuada y rápida, es importante que los AS tengan buenas propiedades de sedimentación. Por eso, en los sistemas de AS se utilizan a menudo los denominados selectores de lodos, en los que los AS reciclados se mezclan con las aguas residuales no tratadas para inhibir el crecimiento de los denominados MO filamentosos, que tienen malas propiedades de sedimentación. Dichos selectores de lodos están disponibles en numerosas formas de realización, pueden comprender uno o más compartimentos o reactores, están bien mezclados y pueden funcionar con o sin aireación. Además, el tiempo de contacto de los selectores de lodos no aireados se puede extender mediante la integración o tanques de contacto no aireados consecutivos para estimular el crecimiento de PAO. Una característica de estos selectores de lodos, con o sin tanque de contacto no aireado integrado o consecutivo, es que los lodos activados y el agua están bien mezclados y el tiempo de residencia de lodos en el selector de lodos es el mismo que el tiempo de residencia de la mezcla de lodos/agua.

Expresado de otra manera: el tiempo de residencia de lodos (TRL) es el mismo que el tiempo de residencia hidráulico (TRH). Otra característica es controlar que todos los lodos en el selector de lodos tengan el mismo TRL y, si inesperadamente hay una distribución limitada en TRL, esta distribución es comparable para partículas de lodos de diferentes tamaños. Se observa que la invención que se presenta a continuación no hace referencia a este tipo de selectores de lodos, donde TRH = TRL.

[0006] Una nueva clase de sistemas de lodos activos aerobios hace uso de lodos granulares en vez de lodos activados floculantes. Científicamente, los lodos granulares aerobios se definen como lodos con un tamaño de al menos 0,212 mm y normalmente son inferiores a 6 mm, por lo que no se produce ninguna coagulación durante la sedimentación, y, por consiguiente, el índice volumétrico de lodos (una medida de las propiedades de sedimentación de los lodos) después de 5 minutos de sedimentación es comparable al índice después de la sedimentación durante 30 minutos. Las principales ventajas son que los lodos granulares aerobios se sedimentan mucho más rápido (4-40 m/h) que los lodos activados floculantes (0,5-2 m/h) y que, si los gránulos son suficientemente grandes, se dan las condiciones anóxicas y anaerobias necesarias para la eliminación de nutrientes anteriormente mencionadas; incluso si los lodos granulares se airean y los MO aerobios en la capa externa del gránulo descomponen los contaminantes carbonosos orgánicos, es posible desnitrificar y fijar simultáneamente el fosfato en las capas más profundas del gránulo. Por lo tanto, en comparación con los sistemas de lodos activados, no se requiere circulación ni propulsión, o se requiere una cantidad o significativamente menor, para exponer los lodos a las diversas condiciones requeridas, lo que da como resultado un ahorro de energía del 20-50 %. Sin embargo, para ello es necesario que los lodos, en función de las condiciones de aireación aplicadas, tengan un tamaño granular de 0,4 mm y preferiblemente un tamaño superior a 1 mm (y preferiblemente inferior a 6 mm), ya que, de lo contrario, no se consigue una capacidad de desnitrificación suficiente más profunda dentro del gránulo. Además, los costes de construcción de las plantas de tratamiento de lodos granulares son significativamente inferiores a los de los sistemas de lodos activados. Por un lado, se requiere un menor tiempo de residencia hidráulico en el reactor de depuración y el clarificador como resultado de la sedimentación rápida de los lodos y, por otro lado, la cantidad de MO es mucho mayor como resultado de las buenas características de sedimentación de los lodos granulares. A modo de comparación, mientras que los sistemas de lodos activados a menudo utilizan una concentración de MO de entre 3-5 g/l, en el caso de los sistemas de lodos granulares esta es de entre 8-20 g/l.

[0007] La primera tecnología de los lodos granulares ampliamente aplicada en la práctica para la depuración aerobia de aguas residuales se describe en el documento WO2004/024638. Para lograr la transición de lodos activados a lodos granulares y mantener los gránulos durante el proceso de depuración, existen varias condiciones técnicas del proceso importantes. Es esencial que los lodos granulares estén expuestos a una fase "anaerobia" (anaerobio aquí se refiere a "sin aireación"; en sentido estricto, esta fase también puede ser anóxica (en presencia de nitrato)) para que los MO puedan absorber contaminantes carbonosos orgánicos. Durante el tratamiento aerobio, esta absorción es importante para permitir que los MO consuman particularmente los contaminantes carbonosos absorbidos, lo que es una condición importante para lograr la formación de gránulos. Además, este carbono es necesario para convertir los compuestos de nitrógeno oxidados en gas nitrógeno en las partes anóxicas y anaerobias del gránulo. Además, es importante limitar la cantidad de lodos activados floculantes. Como, tras la absorción en la fase anaerobia anteriormente mencionada, una parte de los contaminantes de carbono también permanece en las aguas residuales, esto dará lugar al crecimiento de una cantidad limitada de flóculos de lodos activados. Para crear estas importantes condiciones del proceso, el documento WO2004/024638 utiliza un reactor de depuración con alimentación discontinua de aguas residuales, un reactor de la clase de los reactores discontinuos secuenciales (SBR, por sus siglas en inglés). En una primera fase, las aguas residuales se introducen en el reactor desde abajo, de modo que las aguas residuales no diluidas entran en contacto con los gránulos que pueden absorber las sustancias orgánicas. A continuación, se detiene el suministro de aguas residuales y se reinicia el suministro de gas que contiene oxígeno. Una vez que se han producido las conversiones biológicas aerobias, anóxicas y anaerobias suficientes para depurar las aguas residuales hasta la calidad de agua deseada, los lodos con las peores propiedades de sedimentación, junto con los lodos floculantes formados, se descargan del reactor. La segregación entre los flóculos, los lodos de sedimentación peores y mejores se consiguen descargando los lodos solo cuando ya se ha producido un cierto grado sedimentación y descargando los lodos desde la parte superior del reactor. En las publicaciones profesionales, esta segregación también se denomina presión de selección.

[0008] Desde la primera implementación práctica de lodos granulares aerobios y su método de operación y forma de realización, como se describió originalmente en el documento WO2004/024638, la tecnología está, gracias a sus muchas ventajas, desplazando rápidamente la aplicación de sistemas de lodos activados. Sin embargo, un gran inconveniente de este método y de esta forma de realización es que se lleva a cabo en SBR, mientras que una gran parte de las plantas de tratamiento existentes se basaban en lodos activados continuos. La conversión de un reactor de alimentación continua a una discontinua no es fácil. Debido a las numerosas ventajas de los lodos granulares y a los conocimientos científicos anteriormente mencionados sobre las condiciones cruciales del proceso necesarias para la formación de lodos granulares, se han realizado muchos intentos de aplicar lodos granulares también en reactores de tratamiento de flujo transversal continuo. Por ejemplo, el documento WO2017/025345 describe un proceso en el que se utiliza un separador para separar una parte de los lodos activados del tanque de aireación de un sistema continuo de lodos activados en dos fracciones, es decir, una

parte de sedimentación más rápida y otra de sedimentación más lenta, y en el que la parte de sedimentación más rápida se mezcla en el tanque anaerobio con las aguas residuales que se van a tratar y los lodos de retorno.

5 [0009] El documento US2020/0002201 describe un sistema continuo de lodos activados en el que una parte de los lodos activados que se recicla desde el clarificador final hasta el inicio del proceso de depuración continua se trata en una "incubadora" antes de circular hasta el inicio del sistema continuo de lodos activados. El método de tratamiento descrito comprende la aplicación de condiciones anóxicas y anaerobias, mediante las cuales también se proporciona una fuente de carbono adicional mediante la adición de productos químicos o mediante la fermentación de una parte de los lodos de la sedimentación primaria. Además, en varios puntos del proceso, se utiliza un separador para descargar selectivamente lodos de sedimentación más lenta. Al igual que el documento WO2004024638, este proceso prevé todas las condiciones para lograr la formación de gránulos: existe una fase anaerobia y el separador impone una presión de selección. Sin embargo, los resultados presentados públicamente de las pruebas de campo con este proceso (Conferencia de innovación de la IWA sobre tratamiento sostenible de aguas residuales y recuperación de recursos, Shanghái (noviembre de 2019)) muestran que el método no da como resultado una granulación extensa: Solo alrededor del 30 % de todos los lodos resultaron ser más grandes que el límite inferior de gránulos científico de 0,212 mm, y más del 90 % fueron inferiores a 0,25 mm. Se ha comprobado que la fracción de lodos granulares es lo suficientemente grande como para permitir la desnitrificación simultánea descrita anteriormente, que requiere un tamaño granular de al menos 0,5 a 1 mm, y es casi insignificante. Como resultado, solo una pequeña parte de los beneficios potenciales de la depuración de lodos granulares se puede lograr en el proceso continuo de lodos activados.

25 [0010] Un proceso similar se presenta en el documento WO2019/195918. También en este caso, los lodos circulan desde la sedimentación secundaria hasta un compartimento separado, un reactor separado o una serie de reactores con condiciones anóxicas, tras lo cual los lodos se mezclan con aguas residuales crudas en otro compartimento, un reactor separado o una serie de reactores para exponerlos a condiciones anaerobias. El documento WO2019/195918 también aplica una presión de selección al descargar los lodos de sedimentación menor en la línea de procesamiento de lodos. Las desventajas del documento US2020/0002201 descritas anteriormente también parecen desempeñar un papel en el presente caso.

30 [0011] Se pueden encontrar otros ejemplos de procesos en Coffré *et al.*, *Biores. tech.* 267 (2018), págs. 778-781; Wei *et al.*, *Wat. Res.* 179 (2020), págs. 1-10; Jahn *et al.* *J. Environ. Man.* 231 (2018), págs. 953-961; US2007/0158265 A1 y WO2020/205834.

35 [0012] En el estado actual de la técnica, existe una necesidad continua de implementar y optimizar aún más el método descrito en el documento WO2004/024638, y de lograr una formación excesiva de lodos granulares extensos en sistemas de flujo transversal continuo, como se describió, por ejemplo, anteriormente.

RESUMEN DE LA INVENCION

40 [0013] De manera experimental, los inventores han establecido que, a pesar del uso de un selector de lodos, como el descrito anteriormente en el contexto de la tecnología Carrusel, y ya sea integrado o seguido de un tanque no aireado, como en el estado de la técnica, y mediante la mezcla de lodos en un tanque anaerobio con las aguas residuales sin tratar, ya sea precedido o no por una fase anóxica, no era posible a escala industrial mediante los sistemas continuos anteriormente mencionados lograr que una gran parte de los lodos se transformen y mantengan en el tamaño de gránulos deseado de al menos 0,4-1,0 mm. Sin embargo, en su investigación, los inventores establecieron que existe una correlación entre el tamaño de gránulos y el grado de distribución del tiempo de residencia de lodos de las partículas de lodos individuales con diferentes propiedades de sedimentación o diferente tamaño dentro del tanque o selector de contacto anóxico o anaerobio. Los inventores han utilizado posteriormente esta sorprendente idea para desarrollar un método mejorado para un reactor de depuración biológica aerobia de flujo transversal, alimentado de forma continua, basado en los documentos WO2004/024638 y WO2017/025345, en el que, mediante la implementación de esta distribución del tiempo de residencia de lodos, los lodos activados normales se pueden convertir en lodos con un amplio nivel de formación de gránulos y permite, por primera vez en la práctica, igualar las ventajas que anteriormente solo se podían lograr en la tecnología de lodos granulares utilizando SBR. En la práctica, según los inventores, esto se puede lograr usando un selector en condiciones anaerobias o anóxicas antes de la depuración aerobia, que proporciona activamente, o controla, que los lodos con mayor tamaño y/o mayor tasa de sedimentación en el selector estén en contacto durante más tiempo con las aguas residuales que contienen sustrato (es decir, durante más tiempo que los lodos con menor tamaño y/o menor tasa de sedimentación). Esto se puede hacer, por ejemplo, aplicando en el selector (i) múltiples fases con cambios discretos o discontinuos en la velocidad de flujo, (ii) un gradiente de flujo creciente (es decir, velocidad de flujo en aumento continuo), o una combinación de (i) y (ii). De ambas formas se logra una distribución en la tasa de sedimentación (lo que permite fracciones con tasas de sedimentación mayores o menores), mientras que se incrementa el tiempo de contacto y la concentración de sustrato de los gránulos más grandes en contacto con las aguas residuales. Esto es una mejora con respecto al proceso en el documento WO2017/025345. La función del selector es permitir que al menos una porción significativa de los gránulos de lodos más grandes tenga un tiempo de residencia que sea más largo que el tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua acondicionada, y preferiblemente

exponer las partículas de lodos más grandes a las concentraciones de sustrato más altas. Al hacerlo, se prefiere la forma de realización (i) con cambios discretos en la velocidad de flujo. Esto se puede lograr de manera más ventajosa en (a) una forma continua al proporcionar a un caudal de agua/lodos constante una variación en el flujo con la dirección de flujo del selector, y/o (b) en un paso semicontinuo en el que la variación en la velocidad de flujo en el selector se logra mediante la variación en el caudal de agua/lodos. Los diferentes ejemplos de realización (i)(a) e (i)(b) y (ii) se explican con más detalle en la descripción detallada y en las figuras.

[0014] En el marco del ventajoso tratamiento de aguas residuales mediante la tecnología de lodos granulares aerobios, la invención se refiere, en particular, a un método para la depuración de aguas residuales que contienen sustrato en un reactor de lodos aerobios biológicamente activados de flujo transversal continuo, donde al menos una parte de los lodos biológicos se acondiciona en un selector en condiciones anaerobias o anóxicas con al menos una parte de las aguas residuales que contienen sustrato que se va a depurar (ya sea después de un paso de pretratamiento convencional o no de las aguas residuales recibidas), de manera que al menos un 20 % en peso de los lodos en el selector tiene un tiempo de residencia en el selector que es al menos un 20 % mayor que el tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua en el selector, y donde preferiblemente las partículas de lodos más grandes están en contacto con la concentración de sustrato más alta,

después de lo cual la mezcla de lodos/agua acondicionada (ya sea después de un paso anaerobio o anóxico adicional eventual o no) se alimenta al reactor de depuración aerobia y se somete a una depuración aerobia (convencional), donde las aguas residuales (depuradas) tratadas después de la depuración aerobia se separan de los lodos.

[0015] De este modo, las partículas de lodos con un tamaño mayor y/o propiedades de sedimentación más rápidas tienen un tiempo de contacto más prolongado con las aguas residuales que contienen sustrato que las partículas de lodos con un tamaño menor o propiedades de sedimentación más bajas. Mediante el uso del selector, la mezcla de lodos/agua acondicionada (ya sea después de un paso anaerobio o anóxico adicional eventual o no) se alimenta al reactor de depuración aerobia, donde al menos un 20 % en peso de los lodos comprende lodos granulares. Preferiblemente, la proporción de lodos granulares es de al menos un 25 % en peso, preferiblemente de al menos un 30 % en peso y, de la manera más preferible, de al menos un 40 % en peso, particularmente de al menos un 50 % en peso; y preferiblemente de manera que al menos un 20 % en peso de estos lodos granulares (es decir, lodos con un tamaño de al menos 0,212 mm), o más preferiblemente al menos un 25 % en peso, preferiblemente al menos un 30 % en peso y, de la manera más preferible, al menos un 40 % en peso, particularmente al menos un 50 % en peso de estos lodos granulares en el reactor de depuración biológica aerobia B tenga un tamaño de partículas de al menos 0,4-1,0 mm.

[0016] Los lodos que se han separado de las aguas residuales tratadas aerobiamente se pueden devolver (como lodos de retorno) al selector. Este retorno establece el carácter continuo de tratamiento de aguas residuales y garantiza que se forme y mantenga una distribución eficaz del tamaño de los lodos granulares. En otras palabras, en el método anterior, los lodos se tratan en el selector en condiciones anaerobias o anóxicas, de manera que las partículas de lodos más grandes tengan un tiempo de contacto más prolongado con las aguas residuales. Además, preferiblemente también se logra que las partículas de lodos más grandes en el selector tengan más contacto con concentraciones de sustrato más altas que las partículas de lodos más pequeñas. En la práctica, la concentración de sustrato varía ampliamente debido a fluctuaciones en la composición de las aguas residuales y la absorción por los MO en el selector. Preferiblemente, al menos el 10 % en peso más grande de las partículas de lodos están en contacto con la concentración de sustrato más alta en el selector durante al menos un 20 % más que el tiempo de contacto promedio de los lodos y la concentración de sustrato es preferiblemente al menos un 50 % más alta que la concentración de sustrato con la que están en contacto el 15 % en peso más pequeño de las partículas de lodos.

[0017] La distribución mejorada de la tasa de sedimentación mencionada anteriormente en el contexto de la invención y el aumento del tiempo de contacto y la concentración de contacto del sustrato de los gránulos más grandes con las aguas residuales, y sus características asociadas, se logran mediante el uso del selector preferiblemente dentro de los 200 días, más preferiblemente dentro de los 150 días posteriores al inicio de la implementación del método. Como se muestra en la [figura 11](#) y la [figura 12A](#), sin usar el selector, estos objetivos no se logran después de la fase de arranque.

[0018] En una forma de realización, la mezcla de lodos/agua en el selector se somete en condiciones anaerobias o anóxicas a cambios discretos en la velocidad de flujo y/o un gradiente de flujo. En una forma de realización particular, se logran cambios discretos en la velocidad de flujo mediante una variación discreta en el flujo dentro de la dirección de flujo del selector y/o mediante una variación discreta en el caudal de las aguas residuales y/o los lodos de retorno suministrados.

[0019] El término "cambios discretos", en el contexto de la invención, se refiere a cambios discontinuos (distinguidos) en el caudal.

[0020] En una forma de realización particular, el selector tiene un primer paso que separa en condiciones anaerobias o anóxicas una parte de los lodos en una parte de sedimentación más rápida y otra más lenta, donde se selecciona la mezcla de aguas residuales y una parte de sedimentación más rápida o más lenta y esta mezcla se vuelve a separar en una parte de sedimentación más rápida y otra más lenta al menos en un segundo paso posterior en el selector. Para llevar a cabo la separación en los diferentes pasos del selector, se aplica una selección basada en la tasa de sedimentación, preferiblemente en cualquier momento en una columna de flujo ascendente, donde la velocidad de flujo ascendente de las aguas residuales a través de los diferentes pasos del selector se puede ajustar de forma individual e independiente como parámetro. De esta manera, se consiguen cambios discontinuos o discretos en la velocidad de flujo. Esto se puede conseguir, por ejemplo, mediante una columna de flujo ascendente con compartimentos dispuestos concéntricamente que forman juntos el selector. La velocidad de flujo ascendente en cada paso del selector se encuentra preferiblemente en el rango de 1-25 m/h. Preferiblemente, la velocidad de flujo ascendente en cada paso del selector es menor que en el paso anterior, preferiblemente en cada caso un 25-50 % de la velocidad de flujo ascendente en el paso anterior. Preferiblemente, el selector tiene al menos un tercer paso en el que la parte de sedimentación más rápida o más lenta del segundo paso se separa aún más en una parte de sedimentación más rápida o más lenta, después de lo cual, la corriente de aguas residuales tratadas con lodos y los lodos se alimentan a un reactor de depuración convencional, y donde la porción restante se devuelve a un paso anterior del selector. Este tercer paso es el preferido para evitar la acumulación de lodos que se sedimentan demasiado rápido. Esta multiplicidad de pasos de separación de lodos en función de la velocidad de sedimentación/variación del caudal en el selector anaerobio permite conseguir el objetivo de que al menos el 20 % de los lodos en el selector tengan un tiempo de residencia en el selector que sea al menos un 20 % mayor que el tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua en el selector. Además, se consigue que al menos el 10 % en peso más grande de las partículas de lodos entre en contacto con la concentración de sustrato más alta en el selector durante al menos un 20 % más que el tiempo de contacto promedio de los lodos, mientras que esta concentración de sustrato es al menos un 50 % más alta que la concentración de sustrato con la que está en contacto el 15 % en peso más pequeño de las partículas de lodos. Dicha forma de realización se muestra esquemáticamente en la figura 2.

[0021] En otra forma de realización, el selector es un paso semicontinuo en el que los lodos se ponen en contacto con aguas residuales en un reactor en condiciones anaerobias o anóxicas, y donde se varía la tasa de alimentación.

[0022] En otra forma de realización particular, el selector se separa mediante la creación de un gradiente (creciente o decreciente) en la velocidad de flujo, lo que provoca una separación continua de lodos aguas abajo en función de la velocidad de sedimentación por parte del selector, de manera que el tiempo de residencia de lodos en el selector aumenta con el aumento de la tasa de sedimentación. Para lograr el objetivo, el gradiente se puede ajustar en consecuencia. Dichas formas de realización se muestran esquemáticamente en las figuras 3-6. En estos casos, se proporciona un aumento continuo del caudal.

[0023] En cada una de estas formas de realización, el objetivo es que al menos el 20 % en peso de los lodos en el selector tenga un tiempo de residencia en el selector que sea al menos un 20 % mayor que el tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua en el selector. Preferiblemente, la proporción de lodos granulares (es decir, lodos con un tamaño de al menos 0,212 mm) en el reactor de depuración biológica aerobia B es incluso al menos un 25 % en peso, preferiblemente al menos un 30 % en peso y, de la manera más preferible, al menos un 40 % en peso, particularmente al menos un 50 % en peso; y preferiblemente al menos un 20 % en peso de estos lodos granulares (es decir, lodos con un tamaño de al menos 0,212 mm), o más preferiblemente al menos un 25 % en peso, preferiblemente al menos un 30 % en peso y, de la manera más preferible, al menos un 40 % en peso, particularmente al menos un 50 % en peso de estos lodos granulares tenga un tamaño de partículas de al menos 0,4-1,0 mm. Además, preferiblemente también se consigue que las partículas de lodos de mayor tamaño en el selector tengan más contacto con concentraciones de sustrato más altas que las partículas de lodos más pequeñas. La persona experta en la técnica es capaz de ajustar los parámetros de velocidad de alimentación y caudal para lograr estos objetivos.

[0024] En cualquiera de estas formas de realización, la acumulación de lodos en el selector se puede evitar aumentando periódicamente el grado de mezclado o el caudal durante un tiempo ajustable para dirigir también los lodos que sedimentan más rápidamente al reactor aerobio aguas abajo. Además, en cualquiera de las formas de realización, la proporción de flóculos de lodos se puede reducir aún más retirando al menos una porción de los lodos sobrantes desperdiciados de la ubicación en el selector donde la proporción de partículas de lodos de sedimentación más pobres es mayor. Preferiblemente, esta mezcla se lleva a cabo con una frecuencia de no más de 2 veces por hora, más preferiblemente no más de 1 vez por hora e incluso más preferiblemente no más de 1 vez cada 4 horas. La duración de esta mezcla depende de varios factores, incluido el tiempo de residencia hidráulico, y es preferiblemente de al menos 5 minutos y más preferiblemente de al menos 15-30 minutos.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y FORMAS DE REALIZACIÓN

[0025] A continuación, se presentan varios posibles modos de funcionamiento y formas de realización de la invención, todos con el objetivo de lograr la granulación a través de una distribución mejorada en el tiempo de

retención de lodos, como se ha descrito anteriormente. El experto reconocerá que los métodos y las formas de realización descritos tienen en común que se logra una distribución significativa del tiempo de residencia de lodos, y que esta distribución se combina con el contacto de los lodos con aguas residuales no tratadas o corrientes secundarias contaminadas de tal manera que las partículas de lodos más grandes están expuestas a un contacto prolongado y a concentraciones de contacto con el sustrato más altas. El experto también reconocerá que los métodos descritos no excluyen variantes, alternativas y otras formas de realización que logran el mismo efecto y que dichas formas de realización y dichos métodos similares forman parte de la misma invención.

[0026] La figura 1 muestra el principio básico de la depuración biológica mejorada de flujo transversal continuo según la invención. Las aguas residuales **1** se tratan previamente, si se desea, en un decantador primario **VB** y, a continuación, se introducen a través de **2** en el selector **S** y se mezclan aquí con los lodos de retorno **6**. Desde el selector **S**, la mezcla de aguas residuales/lodos fluye hacia el reactor de tratamiento de lodos activados biológicamente **B**, después de lo cual los lodos de la mezcla de aguas residuales/lodos depurados **4** se separa preferiblemente de las aguas residuales tratadas en el decantador secundario **NB 5** y al menos parcialmente (como **6**) se devuelve al selector. Una parte de los lodos que se forma durante el proceso de depuración se descarga del proceso. Esta descarga de lodos sobrantes **7** puede tener lugar en diferentes lugares del proceso o en una combinación de lugares.

[0027] El experto apreciará que el pretratamiento **VB** puede tener varias formas de realización, tales como, pero sin limitarse a, cribas, tamices, filtros, ciclones, sedimentadores por gravedad, sedimentadores de láminas, dispositivos de flotación, etc. El reactor de depuración biológica **B** puede ser cualquier forma de realización convencional de un reactor de lodos activados de flujo transversal continuo, que incluye, pero sin limitarse a, zanja de oxidación, flujo pistón, CSTR, Bardenpho, UCT, etc. Dicho reactor de depuración biológica también tiene normalmente compartimentos o subreactores en los que se mantienen las condiciones aerobias, anóxicas y anaerobias.

[0028] En el contexto de la invención, la corriente **6** se representa indistintamente como lodos biológicos, lodos y lodos de retorno. Como se explica más adelante en la figura 10, en el método según la invención al menos una parte de los lodos de retorno puede proceder de un tratamiento de aguas residuales convencional.

[0029] En esta forma de realización, la distribución deseada en el tiempo de residencia de lodos se logra mediante la variación en el flujo hacia la dirección de flujo. El selector **S** es preferiblemente un reactor de flujo ascendente compartimentado con compartimentos orientados concéntricamente, como se muestra en la sección transversal de la figura 2A, en la que el volumen efectivo del compartimento **Sa** es menor que el de **Sb** y este, a su vez, es menor que el de **Sc**. En una forma alternativa (en la figura 2B) se aplica un selector con 3 compartimentos adyacentes y conectados **Sa**, **Sb** y posiblemente **Sc** con volúmenes ajustados, donde el volumen efectivo del compartimento **Sa** es menor que el de **Sb**. Tanto en la figura 2A como en la 2B, también es posible trabajar únicamente con los compartimentos **Sa** y **Sb**. Los lodos (de retorno) **6** se introducen en el compartimento **Sa** al nivel del fondo, donde entra en contacto con al menos una parte de las aguas residuales **2**. La parte restante de las aguas residuales **2** se introduce en el fondo de los demás compartimentos. Debido al flujo vertical en el compartimento **a**, se logra deliberadamente una distribución significativa del tiempo de retención de lodos, como resultado del tiempo de retención de lodos de las partículas de lodos individuales, que está determinado por sus propiedades de sedimentación individuales. Las partículas con características de sedimentación (velocidad de sedimentación) que son mucho menores que la velocidad de flujo vertical saldrá del compartimento **a** con el flujo ascendente y no permanecerán en este compartimento más tiempo que el tiempo de residencia del agua en este compartimento. Sin embargo, las partículas de lodos que tienen propiedades de sedimentación que son superiores a la velocidad del líquido permanecen en el compartimento durante más tiempo que el agua, y las partículas de lodos de sedimentación más rápida se acumulan en el fondo del compartimento **Sa**, desde donde fluyen al compartimento **Sb**. Debido al contacto con el agua rica en nutrientes y las condiciones anóxicas o anaerobias, os MO importantes para la formación de lodos granulares pueden absorber preferentemente el sustrato y las partículas de lodos con mejores propiedades de sedimentación, por lo que adquieren una ventaja de selección biológica para crecer hacia, y permanecer como, los lodos granulares.

[0030] Las partículas de lodos entonces, dependiendo de su tasa de sedimentación, entrarán a través del rebosadero superior o inferior del compartimento **Sa** hacia el compartimento **Sb**. La velocidad del fluido en la cámara **Sb** es menor que en el compartimento **Sa**. Esto implica una distribución significativa del tiempo de retención de lodos en los lodos y, lo que es igualmente importante, los lodos con las mejores propiedades de sedimentación tendrán un mayor tiempo de contacto y estarán expuestas a aguas residuales más concentradas. Al fin y al cabo, las partículas que tienen una velocidad de sedimentación que es comparable a la velocidad del líquido permanecen en el compartimento tanto tiempo como el líquido y entran en contacto durante un tiempo relativamente más corto con las aguas residuales menos diluidas de la parte inferior del compartimento. Las partes que sedimentan más rápido, junto con las mejores partículas de sedimentación del fondo del compartimento **a**, puede permanecer significativamente mucho más tiempo en la parte inferior del compartimento **Sb** y absorber más sustrato. Un efecto similar se produce en el compartimento **Sc**, que se alimenta desde el

compartimento **Sb** a través del fondo y rebosa. También en este caso, las partículas de lodos individuales que se sedimentan más rápidamente entran en contacto con las aguas residuales más concentradas durante más tiempo. Se sobreentiende que el selector se puede ampliar con más compartimentos (**Sd**, **Se**, ...) siguiendo el mismo principio.

5

[0031] Para evitar la acumulación de la rápida sedimentación de las partículas de lodos en el último compartimento (en las figuras 2A y 2B, es decir, el compartimento **Sc**), este compartimento se mezcla preferiblemente de forma continua o intermitente con un mezclador **M**. Esta mezcla se puede lograr usando un agitador mecánico o una propulsión, pero también introduciendo un gas o dimensionando el último compartimento de tal manera que el caudal de líquido vertical sea mayor que en el compartimento a. A pesar de que este gas también puede ser oxígeno o gas que contiene oxígeno, el selector se considera un reactor anaerobio o anóxico, ya que el gas en el último compartimento reducirá como máximo el tiempo de contacto anaerobio eficaz del selector.

10

[0032] Los tamaños y las velocidades resultantes dentro de los compartimentos se eligen de tal manera que se produzca la distribución del tiempo de residencia de lodos en el nivel objetivo anteriormente mencionado.

15

[0033] En las representaciones esquemáticas de la figura 2, además del compartimento **Sa**, también se muestran dos compartimentos adicionales **Sb** y **Sc**. En base a la información proporcionada en este documento, el experto reconocerá que para implementar la invención es necesario al menos otro compartimento **Sb**, pero que también se pueden utilizar más compartimentos adicionales (**Sb**, **Sc**, **Sd**, **Se** ...) para optimizar aún más el rendimiento y la robustez operativa. Con un mayor número de compartimentos adicionales, también se incrementan las posibilidades de aumentar y controlar aún más la distribución del tiempo de residencia de lodos. Esto también se aplica al método de compartimentación y a cómo se logra el patrón de flujo y la mezcla requeridos en los compartimentos relevantes. Por ejemplo, un tanque cuadrangular se diseña preferiblemente con un compartimento **Sa** y solo otro compartimento **Sb**. Opcionalmente, el rebosadero de un compartimento adicional se transfiere a través de un conducto a la parte inferior de un compartimento adicional (preferiblemente adyacente).

20

25

[0034] A propósito, la afluencia de aguas residuales **2** también se puede producir desde el fondo del compartimento y el suministro de lodos de retorno **6** al nivel del líquido en el compartimento. En este caso, la pared divisoria entre los compartimentos no necesita tener una abertura entre los compartimentos en el fondo. Esto se muestra en la figura 2C solo para el compartimento **Sa**. La velocidad del líquido de las aguas residuales **2** en el compartimento **Sa** se elige de tal manera que las partículas de lodos en **6** sean arrastradas al compartimento **Sb**. Las partículas de lodos con una velocidad de sedimentación más alta permanecen más tiempo en este compartimento **Sa** antes de ser arrastradas con las aguas residuales que fluyen hacia arriba que las partículas con una tasa de sedimentación más baja. Por lo tanto, se consigue también la distribución deseada del tiempo de contacto y de la concentración de sustrato en contacto. Como se muestra en la figura 2A, varios compartimentos con una alimentación de aguas residuales en el fondo pueden sucederse.

30

35

40

[0035] La figura 3 muestra otra variante preferida, en la que el selector **S** está diseñado con un suelo inclinado v , por lo que la velocidad del líquido aumenta con el flujo. Las aguas residuales **2**, y los lodos (de retorno) **6** se ponen en contacto íntimo entre sí en el lado de la entrada, donde las aguas residuales se distribuyen preferiblemente de manera uniforme a lo largo del fondo, o esto se logra opcionalmente mediante un mezclador **M**. La mezcla de agua/lodos fluye entonces hacia la derecha (en dirección al suelo inclinado v), por lo que la velocidad del líquido aumenta firmemente. Las partículas de lodos que sedimentan más rápido pueden concentrarse alrededor del fondo al inicio del selector y luego moverse con la velocidad de flujo creciente a través del suelo inclinado v al inicio del selector. Las partículas de lodos que sedimentan con mejor rapidez tendrán un tiempo de residencia más corto en el selector a través de **3**. Por lo tanto, se obtiene la distribución deseada en el tiempo de residencia de lodos.

45

50

[0036] Un experto en la técnica reconocerá que esta variante preferida también se puede usar integrada en un sistema de lodos activados de circulación o de flujo pistón, como se ilustra en las figuras 4A, 4B y 4C. Las figuras 4B y 4C son vistas laterales, la figura 4A es la vista superior. La figura 4B muestra cómo se puede realizar la variante preferida de la figura 3 al proporcionar un deflector de elevación o deflexión ascendente entre el segmento a y a' de un sistema de lodos activados circulantes. Este deflector de deflexión aumenta la velocidad de flujo a través del deflector de deflexión y las partículas de lodos con una velocidad de sedimentación suficientemente alta (es decir, una velocidad de sedimentación que es superior a la velocidad de flujo) fluyen aguas arriba del deflector de deflexión, o al menos más lentamente aguas abajo, y, por lo tanto, se ponen en contacto durante un período de tiempo más largo con las aguas residuales que entran antes o al comienzo del deflector de desviación. Periódicamente, el mezclador o propulsor se hace funcionar durante algún tiempo. Dependiendo de la preferencia, los lodos (de retorno) **6** se pueden suministrar justo antes (como en la figura 4b) o después del deflector (como en la figura 6b, descrita a continuación), o en cualquier otra ubicación, por ejemplo a través de la entrada de lodos de retorno existentes. En esta forma de realización es importante que se obtenga suficiente tiempo anaerobio en los segmentos a hasta a' para la hidrólisis y adsorción de los contaminantes orgánicos por el lodo. La figura 4C ilustra cómo se logra lo mismo mediante una inclinación, en la dirección de

55

60

65

flujo, en un fondo rebajado para el segmento a y a'. Por supuesto, en segmentos de sistemas de flujo pistón esto se puede aplicar de la misma manera.

5 [0037] Al igual que la variante preferida anteriormente mencionada, la distribución adicional del tiempo de residencia de lodos se ve favorecida por las variaciones en el caudal de aguas residuales durante el día y, para evitar la acumulación de las partículas de lodos que mejor se sedimentan en el selector, el mezclador o propulsor se puede accionar periódicamente.

10 [0038] En otra variante preferida, la distribución del tiempo de residencia de lodos en un sistema de flujo circulante o pistón se obtiene aplicando un ensanchamiento parcial del ancho del canal, lo que da como resultado una variación de la velocidad del líquido y la sedimentación de las partículas de lodos que se sedimentan mejor hacia el fondo. Véase la [figura 5](#). Esta es una forma intermedia de la variación discontinua del caudal y del gradiente de flujo continuo.

15 [0039] Para la instalación del selector en situaciones existentes, en la práctica puede resultar constructivamente difícil o no rentable aplicar las variantes preferidas presentadas anteriormente. En este caso, se prefiere la variante preferida como se muestra en la [figura 6](#). El funcionamiento es idéntico al de las [figuras 4a o 4b](#), pero el aumento de la velocidad del líquido se crea en este caso colocando un deflector de deflexión antes de la entrada de aguas residuales y los lodos de retorno. Debido a la reducción de la velocidad de flujo justo después de este deflector, los gránulos de mayor tamaño se sedimentarán aquí hacia el fondo y entrarán en contacto con el alimento. De igual forma en la integración anteriormente mencionada, en esta variante es importante que en los segmentos **a** hasta **a'** se obtenga un tiempo anaerobio suficiente para la hidrólisis y adsorción de los contaminantes orgánicos por parte de los lodos.

25 [0040] En otra variante preferida, como se ilustra en la [figura 7](#), las aguas residuales **2** se distribuyen a lo largo del fondo del selector **S** y los lodos (de retorno) **6** se introducen a través de una tubería con aberturas laterales a al menos 3 alturas diferentes. A través de estas aberturas, los lodos entran en contacto con las aguas residuales. La distribución deseada del tiempo de residencia de lodos se obtiene porque las partículas de lodos que sedimentan más rápido entran en contacto con las aguas residuales a una mayor profundidad en el selector.

30 [0041] En otra variante preferida, representada esquemáticamente en las [figuras 8A y 8B](#), la distribución deseada en el tiempo de residencia de lodos en el selector **S** se obtiene usando al menos dos compartimentos de selectores **Sa** y **Sb** en los que la alimentación de aguas residuales **2** y los lodos (de retorno) **6** se alternan con la descarga de los lodos acondicionados, y donde la distribución deseada en el tiempo de residencia de lodos en el selector **S** se obtiene alimentando los compartimentos con aguas residuales **2** en el fondo del compartimento y donde la descarga de los lodos acondicionados se puede lograr aplicando una variación en la velocidad de flujo, y/o aplicando una mezcla, y/o se lleva a cabo mediante la extracción de al menos una parte de los lodos/las aguas residuales al nivel del fondo del compartimento (**3a**), mientras que opcionalmente se proporcionan lodos **6** al nivel del líquido en el compartimento (**6b**) y/o en algún lugar entre el nivel de fondo (**6a**) y el nivel de líquido del compartimento.

45 [0042] Usando estos dos compartimentos de selectores **Sa** y **Sb** y un suministro alternativo de aguas residuales y lodos (de retorno), se puede(n) utilizar el/los mezclador(es) **M**. Esta forma de realización se muestra en la [figura 8A](#). Las aguas residuales **2** se introducen al nivel de fondo del compartimento. Los lodos de retorno **6** se suministran a una o más alturas entre el fondo del compartimento y el nivel de líquido. En la figura 8A solo se ha dibujado la opción de suministrar los lodos en el fondo, pero esta opción de dividir en términos de **6a** y **6b** y opcionalmente suministrar más lodos entre ellos (figura 8B) también se puede aplicar allí. Durante la alimentación, el mezclador/propulsor no está en uso y la mezcla de agua/lodos rebosa a través de la salida **3** y el lecho de lodos se estratifica en función de las propiedades de sedimentación. Las partículas de lodos más pequeñas se mueven hacia arriba con el flujo, las partículas más pesadas y grandes se mueven en contra de ella y tienen un contacto más prolongado con las aguas residuales que contienen sustrato. El acondicionamiento se lleva a cabo en este caso mediante la variación de la velocidad de flujo ascendente y/o discontinua. Una vez alcanzado el tiempo de contacto anaerobio deseado, se continúa con la alimentación durante el tiempo deseado, pero ahora con el mezclador **M** en funcionamiento, de modo que es la mezcla de lodos/agua **3** se alimenta al reactor biológico de flujo transversal continuo. Para mantener el carácter continuo del tratamiento de aguas residuales, se hacen funcionar alternativamente al menos 2 compartimentos, de modo que se garantiza una descarga continua de lodos/aguas residuales **3** acondicionados. Además, de forma similar a las variantes descritas anteriormente, en vez de usar un mezclador **M**, el transporte de las partículas de lodos de mayor tamaño al reactor **B** también se puede lograr usando una bomba, un tornillo de Arquímedes, un elevador de aire, burbujas gruesas o similares.

60 [0043] La variante anteriormente mencionada también se puede configurar y funcionar sin mezclador **M**. Esto se muestra en la [figura 8B](#). Al igual que en la variante anteriormente mencionada, los lodos **6** pueden suministrarse al nivel del fondo del compartimento (**6a**), o al nivel del líquido (**6b**) o en algún punto intermedio, pero en vez de usar un mezclador, el compartimento puede estar equipado con al menos una salida de los lodos/las aguas residuales al nivel del fondo del compartimento (**3a**) y al nivel del líquido (**3b**) y de manera alternativa o adicional

en algún punto intermedio. Durante la operación de alimentación y selección anaerobia anteriormente mencionada, los lodos/las aguas residuales se retiran del compartimento de selector a través de **3b**. Una vez alcanzado el tiempo de contacto anaerobio, se continúa con la alimentación durante un periodo deseado, pero ahora los lodos/las aguas residuales se eliminan del compartimento a través de **3a**, de modo que la mezcla **3** que contiene las partículas de lodos más grandes se alimenta al reactor biológico de flujo transversal continuo. En esta variante, la eliminación de los lodos/las aguas residuales acondicionados del compartimento también se puede lograr de manera efectiva suministrando los lodos al compartimento de selector a través de **6b**.

[0044] Con las formas de realización elaboradas anteriormente y como se muestra en las figuras 2-8, y todas las variaciones concebibles de las mismas anteriormente descritas, es posible una alimentación continua de lodos al reactor biológico **B**.

[0045] El experto reconocerá que, si una alimentación continua de lodos al reactor biológico **B** desde el selector **S** no es esencial para el funcionamiento del reactor biológico, se pueden conseguir las mismas ventajas del proceso según la invención usando solo un tanque/compartimento de selector de funcionamiento intermitente y sin disposiciones para la diferenciación del caudal (por ejemplo, deflectores de deflexión). Esta forma de realización se muestra en la figura 9A. En esta variante preferida, el selector **S** se llena primero en poco tiempo con lodos (de retorno) **6**. Después de esto, el selector **S** se alimenta verticalmente con la alimentación **2** a un caudal menor. Durante esta alimentación, las partículas de lodos más grandes se concentran hacia el fondo del selector y las más pequeñas se eliminan, lo que crea la distribución del tiempo de residencia de lodos. Durante la alimentación, el sustrato de las aguas residuales es absorbido por los lodos. Inicialmente, el sustrato rápidamente degradable (como los ácidos grasos) presente en las aguas residuales alimentadas es absorbido casi por completo por las partículas de lodos más grandes en el fondo del selector. Como resultado, este sustrato ya no está disponible para las partículas de lodos más pequeñas que se encuentran más arriba en el selector. Solo cuando los MO en las partículas de lodos más grandes están completamente saturados con sustrato, y las partículas de lodos ya no pueden absorber sustrato, el sustrato queda disponible para los MO en las partículas de lodos que se encuentran más arriba en el selector. Esto se muestra en la figura 9A mediante la marca. Los lodos de la "zona a" marcada en la figura están en contacto con el sustrato, mientras que los lodos de la zona b no lo están. La altura de la zona a aumenta a lo largo del tiempo. Esto se muestra esquemáticamente en la figura 9B. El eje horizontal es el tiempo transcurrido desde la alimentación de las aguas residuales y el eje vertical muestra la altura del frente de sustrato (límite e entre las zonas a y b). Una vez que este frente de sustrato ha alcanzado la parte superior del selector, se ha alcanzado el tiempo máximo de contacto eficaz entre los lodos y las aguas residuales (tiempo dt en la figura 9B) y se pone en marcha el mezclador **M** mediante el cual los lodos se descargan al reactor **B**, después de lo cual se repiten los pasos anteriores.

[0046] Para todas las variantes preferidas mencionadas, los lodos de retorno también pueden introducirse en el selector de forma intermitente o a diferentes caudales.

[0047] No hace falta decir que todas las variantes preferidas anteriormente mencionadas también se pueden usar en la línea de retorno de lodos paralela a los reactores de depuración con solo una parte de los lodos de retorno. En este caso, la proporción de lodos de retorno tratados en el selector **S** es preferiblemente superior al 30 % en peso, más preferiblemente superior al 50 % en peso y, de la manera más preferible, superior al 70 % en peso.

[0048] Todas las variantes preferidas presentadas anteriormente se combinan preferiblemente con la separación y descarga de las partículas de lodos de sedimentación más pequeñas o peores, en la descarga de lodos **7**. Se pueden utilizar separadores mecánicos o de gravedad y dichos separadores suelen estar ubicados en los lodos de retorno, en el selector **S**, pero también se pueden utilizar en paralelo al reactor biológico **B** o entre **B** y el tanque de sedimentación final **NB**. La granulación en la depuración continua se estimula aún más mediante el uso de dichos separadores en combinación con la optimización de la distribución del tiempo de residencia y contacto en el selector **S**.

[0049] Preferiblemente, esta descarga de lodos de las partículas de lodos de asentamiento más pequeñas y más pobres es al menos el 30 % en peso de la cantidad total de lodos descargados del proceso de depuración continua (lodos sobrantes) y más preferiblemente al menos el 40 % en peso y más preferiblemente al menos el 60 % en peso de los lodos sobrantes. Preferiblemente, el tamaño promedio de las partículas de lodos más pequeñas separadas y, por lo tanto, descargadas es de 0,4 mm como máximo o, aún más preferiblemente, de 0,2 mm como máximo. De este modo, se aumenta la proporción de lodos granulares.

[0050] Como se mencionó anteriormente, esta descarga selectiva (véase también la figura 1) puede tener lugar en varios lugares en el sistema de lodos activados, como entre el reactor de lodos activados **B** y el tanque de sedimentación secundario **NB**, en el tanque de sedimentación final **NB**, en una línea de retorno del sistema de lodos activados, pero también en el selector anaerobio **S**. Todas las formas de realización del selector **S** tienen preferiblemente también medios para separar y descargar las partículas de lodos de sedimentación más pequeñas o más pobres. En una variante, los medios, como una descarga, se encuentran en la parte superior del selector **S**. Por ejemplo, la figura 9A muestra cómo en el selector **c** la descarga selectiva puede tener lugar en la parte superior del lecho de lodos. Esta parte superior del tanque contiene especialmente los lodos de tamaño

más pequeño y, al descargarse desde la parte superior del tanque, las partículas más pequeñas se separan de las partículas de lodos más grandes que se encuentran más hacia el fondo del tanque. La figura 2b muestra cómo se produce la descarga de lodos **7** en la parte superior del compartimento **Sb**, donde la concentración de lodos de menores dimensiones es máxima y la figura 9A muestra cómo se descargan los lodos de menores dimensiones, e, a través de la descarga de lodos **7**.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

[0051] La invención se refiere a un método para depurar aguas residuales que contienen sustrato en un reactor de depuración biológica aerobia de flujo transversal continuo, donde al menos una parte de los lodos biológicos se acondiciona en un selector en condiciones anaerobias o anóxicas con al menos una parte de las aguas residuales que contienen sustrato (ya sea después de un paso de pretratamiento convencional o no de las aguas residuales recibidas), de manera que al menos el 20 % en peso de los lodos en el selector tiene un tiempo de residencia en el selector que es al menos un 20 % mayor que el tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua en el selector, y donde preferiblemente las partículas de lodos más grandes están en contacto con la concentración más alta de sustrato,

después de lo cual la mezcla de lodos/agua acondicionada de esta manera (ya sea después de un paso anaerobio o anóxico adicional eventual o no) se alimenta al reactor de depuración aerobia y se somete a una depuración aerobia (convencional), donde las aguas residuales (depuradas) tratadas después de la depuración aerobia se separan de los lodos mediante sedimentación, flotación o separación mecánica.

[0052] En particular, la invención se refiere a un método para depurar aguas residuales que contienen sustrato en un reactor de depuración biológica aerobia de flujo transversal continuo **B**, donde al menos una parte de los lodos biológicos **6** se acondiciona en un selector **S** en condiciones anaerobias o anóxicas con al menos una parte de las aguas residuales **2** que contienen sustrato que se va a tratar (ya sea después de un paso de pretratamiento convencional **VB** o no de las aguas residuales suministradas),

de manera que al menos el 20 % de los lodos en el selector tiene un tiempo de residencia en el selector que es al menos un 20 % mayor que el tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua en el selector, después de lo cual la mezcla de lodos/agua **3** acondicionada de esta manera (ya sea después de un tiempo de contacto anaerobio o anóxico adicional o no) se alimenta al reactor de depuración aerobia **B** y se somete a una depuración aerobia (convencional), donde las aguas residuales (depuradas) **4** después del tratamiento aerobio se separan de los lodos mediante un decantador **NB**, flotación o separación mecánica, y (al menos una parte de) los lodos separados de las aguas residuales tratadas aerobiamente se devuelven al selector como lodos de retorno **6**. Una parte de los lodos, preferiblemente con las partículas de lodos de sedimentación más pobres, se puede purgar como descarga de lodos **7**. Se hace referencia a la figura 1 en este caso.

[0053] En el contexto de la invención, los términos "depurar" aguas residuales y "tratar" aguas residuales se usan indistintamente.

[0054] En el método anterior, los lodos se segregan en el selector en condiciones anaerobias o anóxicas, en función de la diferencia en la tasa de sedimentación, y se controla que las partículas de lodos más grandes (caracterizadas por tasas de sedimentación más altas) obtengan un tiempo de contacto más largo con las aguas residuales y que las partículas de lodos más grandes entren en contacto con una concentración de sustrato más alta en las aguas residuales que las partículas de lodos más pequeñas. Esto se puede lograr, por ejemplo, aplicando en el selector (i) múltiples fases con cambios discretos o discontinuos en la velocidad de flujo, (ii) un gradiente de flujo creciente (es decir, una velocidad de flujo que aumenta continuamente), o una combinación de (i) y (ii).

[0055] En una forma de realización, la mezcla de lodos/agua en el selector se somete a cambios discretos en la velocidad de flujo y/o un gradiente de flujo en condiciones anaerobias o anóxicas. En una forma de realización particular, se logran cambios discretos en la velocidad de flujo mediante una variación discreta en el flujo en la dirección de flujo del selector y/o mediante una variación discreta en el caudal de las aguas residuales y/o los lodos de retorno suministrados.

[0056] Ventajosamente, a partir de los lodos activados tradicionales, se producen lodos granulares mediante el método anteriormente mencionado, preferiblemente dentro de los 200 días posteriores a la puesta en marcha, más preferiblemente dentro de los 100 días posteriores a la puesta en marcha del método. Como se ha descrito anteriormente, dado que los lodos granulares se sedimentan considerablemente más rápido que los flóculos de lodos, se puede utilizar un decantador significativamente más pequeño y/o se puede mantener una cantidad significativamente mayor de lodos en el proceso de depuración, lo que da como resultado una depuración más extensa de las aguas residuales. En el proceso presentado, se obtienen los lodos granulares en un proceso de

depuración de aguas residuales de flujo transversal continuo y un volumen de deposición menor o flujos ascendentes más altos mientras se mantiene una separación efectiva de lodos y aguas tratadas. Además, el volumen del tanque anóxico entre la zona anaerobia y aerobia o los compartimentos anóxicos dentro del reactor de tratamiento aerobio se puede reducir o no se requieren dichos tanques/compartimentos anóxicos, así como la necesidad de reciclar agua/lodos de la zona aerobia en la zona anóxica y en la zona anaerobia, mientras que todavía se logra una eliminación extensiva de compuestos de nitrógeno de las aguas residuales.

[0057] En una forma de realización, se puede excluir un compartimento de reactor anóxico o una zona de reactor entre los pasos anaerobios y aerobios (a) y (b).

[0058] Como se ha descrito anteriormente, la invención se refiere, en particular, a un método para la depuración continua de aguas residuales de flujo transversal, donde las aguas residuales **1** se pretratan opcionalmente en un tanque de sedimentación primario **VB** y las aguas residuales pretratadas **2** posteriormente:

- (a) se ponen en contacto en un selector **S** con lodos biológicos **6** en condiciones anaerobias para obtener una mezcla de aguas residuales y lodos, donde el selector **S** controla y/o asegura que al menos el 20 % de los lodos en el selector tenga un tiempo de residencia en el selector que sea al menos un 20 % mayor que el tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua en el selector,
- (b) donde la corriente **3** con los lodos acondicionados en el selector se alimenta luego a un reactor de depuración aerobia **B**, y
- (c) donde opcionalmente (mediante sedimentación **NB**, flotación o separación mecánica) los lodos se separan de las aguas residuales, para obtener aguas residuales tratadas **5**, y (al menos una parte de) los lodos separados se recicla(n) como lodos de retorno **6** al paso (a), de vuelta al selector **S**, y una parte de los lodos, preferiblemente la parte con las partículas de lodos de sedimentación más pobres, se puede purgar del proceso de tratamiento como corriente **7**. Esta purga de lodos **7** puede tener lugar en diferentes lugares dentro del proceso de tratamiento, o una combinación de lugares.

[0059] De esta manera, el selector controla que las partículas de lodos más grandes y de sedimentación más rápida estén en contacto durante más tiempo con aguas residuales ricas en sustrato y con mayor concentrado que las partículas de lodos más pequeñas y de sedimentación más lenta. Como resultado, los MO en estas partículas de lodos más grandes pueden absorber más sustrato y durante más tiempo que las partículas de lodos más pequeñas con un tiempo de residencia más corto y menos contacto con altas concentraciones de sustrato. Esto da como resultado una ventaja competitiva para el crecimiento de MO que estimulan el crecimiento granular y la posterior formación y el mantenimiento estable de lodos granulares en el proceso de depuración de flujo transversal continuo.

[0060] Se prefiere que al menos el 40 % y, más preferiblemente, el 50-90 % de los lodos en el selector tenga un tiempo de residencia en el selector que sea al menos un 20 % mayor que el tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua en el selector.

[0061] Si no se requiere ningún pretratamiento, los flujos de aguas residuales **1** y **2** son idénticos e intercambiables.

[0062] En una forma de realización, se prefiere que al menos el 40 % y más preferiblemente el 50-90 % de los lodos en el selector tenga un tiempo de residencia en el selector que sea al menos un 40 % mayor que el tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua en el selector.

[0063] Se prefiere que el selector acondicione la mezcla de lodos y aguas residuales de tal manera que la proporción de lodos granulares en el reactor de depuración biológica aerobia **B** sea de al menos un 25 % en peso, preferiblemente de al menos un 30 % en peso y, de la manera más preferible, de al menos un 40 % en peso, particularmente de al menos un 50 % en peso; y preferiblemente de tal manera que al menos un 20 % en peso de estos lodos granulares (es decir, lodos con un tamaño de al menos 0,212 mm), o más preferiblemente al menos un 25 % en peso, preferiblemente al menos un 30 % en peso y, de la manera más preferible, al menos un 40 % en peso, particularmente al menos un 50 % en peso de estos lodos granulares en el reactor de depuración biológica aerobia **B** tenga un tamaño de partículas de al menos 0,4-1,0 mm.

[0064] En una forma de realización preferida, la distribución mejorada del tamaño de lodos granulares y la distribución del tiempo de residencia de lodos según la invención se realiza usando un selector **S** que aplica cambios discretos o discontinuos en la velocidad de flujo, preferiblemente un selector **S** con diferentes compartimentos (**Sa**, **Sb**, etc.) con su propia velocidad de flujo, donde la velocidad de flujo en un compartimento posterior es siempre del 25-50 % de la del compartimento anterior.

[0065] Más preferiblemente, el selector **S** es un reactor de flujo ascendente con una colección concéntrica de compartimentos, con un primer compartimento interior **Sa** y al menos uno o más compartimentos adicionales (**Sb**, **Sc**, etc.) orientados concéntricamente alrededor de él, que siempre están en la parte inferior y superior conectados fluidamente con el compartimento anterior, en el que un suministro para lodos (de retorno) **6** está

ubicado en la parte inferior del primer compartimento **S**, y cada compartimento posterior tiene una entrada para aguas residuales **2** en la parte inferior, de tal manera que los lodos y las aguas residuales **1** se ponen en contactos entre sí, por lo que el selector proporciona un flujo vertical ("flujo ascendente") en los compartimentos. El experto en la materia puede elegir los diámetros de los diferentes compartimentos de tal manera que se consiga la diferencia deseada en la velocidad de flujo entre compartimentos adyacentes. De esta manera (a1), la mezcla se selecciona por velocidad de sedimentación y una primera porción de lodos **S1**, que comprende lodos de sedimentación más lenta, se lleva al segundo compartimento a través del rebosadero, mientras que una segunda parte de lodos **S2**, que comprende lodos de sedimentación más rápida, se recoge en el fondo y se lleva al segundo compartimento a través de la conexión en el fondo, donde preferiblemente los lodos de sedimentación más rápida **S2** en el segundo compartimento se ponen de nuevo en contacto con las aguas residuales a una velocidad de flujo inferior, y se repite el proceso de separación de los lodos de sedimentación más rápida **S3** en el lado inferior y conexión con un tercer compartimento y los lodos de sedimentación más lenta **S4** a través del rebosadero hacia el tercer compartimento. De esta manera, se aumenta el tiempo de contacto de los lodos de sedimentación más rápida con las aguas residuales y también se logra que las partículas de lodos más grandes experimenten la mayor concentración de sustrato y puedan adsorber preferentemente el sustrato para la formación de MO granulares. Se hace referencia a la figura 2A para obtener más explicaciones.

[0066] En una forma de realización, el selector **S** es un reactor de flujo ascendente con 3 compartimentos adyacentes e interconectados **Sa**, **Sb** y opcionalmente **Sc** con volúmenes ajustados, donde el volumen efectivo del compartimento **Sa** es menor que el de **Sb**, donde los lodos biológicos **6** y las aguas residuales **2** que contienen sustrato que se va a depurar fluyen sucesivamente de **Sa** a **Sb** y de **Sb** a **Sc**, cuyos compartimentos siempre están en la parte inferior y superior conectados fluidamente con el compartimento anterior, en el que un suministro para lodos (de retorno) **6** está situado en la parte inferior del primer compartimento, y cada compartimento posterior tiene una entrada para aguas residuales en la parte inferior **2**, de manera que los lodos y las aguas residuales **1** se ponen en contacto entre sí, por lo que el selector proporciona un flujo vertical ("flujo ascendente") en los compartimentos. Se hace referencia a la figura 2B para una explicación adicional.

[0067] En un método según la invención, la variación del caudal en el selector se consigue variando la tasa de alimentación de aguas residuales **2**. Los inventores han descubierto que la fluctuación del caudal de aguas residuales **2** durante el día puede proporcionar una mejora adicional en la distribución del tiempo de residencia de lodos. Especialmente durante los periodos de menor suministro, las partículas de lodos mejor sedimentables se acumulan alrededor del fondo de los diferentes compartimentos y, por lo tanto, se ponen en contacto máximo con las aguas residuales más concentradas y menos diluidas. Esto hace que la distribución del tiempo de residencia de lodos de los lodos en el selector sea aún más profunda.

[0068] En un método según la invención, la variación de la velocidad de flujo en el selector se logra variando el caudal de los lodos **6**.

[0069] En una forma de realización preferida, la granulación se estimula aún más no solo efectuando la distribución de la edad de lodos en el selector, sino también promoviendo el crecimiento de los MO granulares al aumentar la concentración de sustrato presente en las aguas residuales suministradas mediante la dosificación de una fuente de carbono externa adecuada o mediante el tratamiento previo de las aguas residuales suministradas a través de dicho proceso, como hidrólisis, fermentación, etc. De esta manera, la proporción de sustrato rápidamente biodegradable, como ácidos grasos, se incrementa preferiblemente hasta al menos el 15 % de la concentración total de sustrato, o más preferiblemente hasta al menos el 25 % de la concentración total de sustrato. En una forma de realización, la concentración de sustrato se incrementa dosificando una fuente de carbono externa, una corriente lateral desde la línea de procesamiento de lodos que forma parte de la planta de tratamiento donde se utiliza el reactor de depuración biológica, o tratando previamente las aguas residuales en su totalidad o en parte mediante hidrólisis o fermentación.

[0070] No existen restricciones en cuanto a la fuente de aguas residuales. Las aguas residuales que se van a tratar con el método según la invención contienen normalmente un nutriente orgánico (sustancia orgánica), también denominado en el contexto de la invención aguas residuales que contienen sustrato. Por lo general, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de las aguas residuales entrantes es de un mínimo de 50 mg/l, como 100-10 000 mg/l. Cualquier tipo de aguas residuales, como aguas residuales o aguas de procesos de producción industrial, pueden ser tratadas de acuerdo con la invención. Por lo tanto, el método según la invención también se puede denominar tratamiento de aguas residuales. Las aguas residuales sometidas al proceso según la invención pueden ser tratadas previamente antes del paso (a), como las aguas residuales que han sido sometidas a un tratamiento primario como se conoce en la técnica, aunque el tratamiento primario no siempre será necesario para que el proceso actual funcione de manera eficiente. Las técnicas típicas de pretratamiento de aguas residuales incluyen una o más de las siguientes: depuración, eliminación de sólidos suspendidos gruesos, eliminación de grasa y sedimentación primaria.

[0071] En una forma de realización, la proporción de ácidos grasos rápidamente biodegradables en la fuente de aguas residuales es inferior al 10-15 % en peso de la cantidad total de sustrato/nutriente y/o existe una fluctuación en la concentración de ácidos grasos en las aguas residuales suministradas, por lo que esta

proporción es al menos el 20 % del tiempo inferior al 10-15 % en peso. Los inventores descubrieron que las bajas concentraciones de ácidos grasos y las variaciones en las mismas complican el tratamiento continuo de aguas residuales basado en la tecnología de lodos granulares; el uso de selectores de acuerdo con la invención hace que la depuración continua de aguas residuales basada en la tecnología de lodos granulares sea manejable.

[0072] El selector **S** según la invención forma parte de la zona anaerobia. En una forma de realización preferida, el selector **S** forma la (única) zona anaerobia. Las condiciones en el selector **S** se denominan "anaerobias" porque no se añade oxígeno. Como se ha descrito anteriormente, también es posible que las condiciones en el selector **S** sean anóxicas. En condiciones anóxicas, además de contaminantes orgánicos, también están presentes compuestos de nitrógeno oxidados, como nitrito y nitrato, y pueden proliferar MO que los convierten en gas nitrógeno inocuo. En condiciones anaerobias, la concentración de dichos compuestos de nitrógeno oxidados es limitada o inexistente. En dichas condiciones, los MO pueden proliferar y almacenar fosfato. Dentro de la zona anaerobia, las condiciones y el tiempo de residencia de las aguas residuales son tales que los gránulos de lodos pueden absorber nutrientes orgánicos de las aguas residuales entrantes. Estos nutrientes orgánicos se almacenan normalmente en los microorganismos en forma de polímeros, como el poli-beta-hidroxibutirato (PHB). Los tiempos de residencia medios típicos para la mezcla de lodos y agua en la zona anaerobia de este paso son de 15 min a 5 horas, preferiblemente de 30 min a 2 horas.

[0073] Como se indica en la introducción, los lodos granulares se definen en el estado de la técnica como lodos con un tamaño de al menos 0,212 mm (y normalmente menor de 6 mm) y que no se coagulan durante la sedimentación y, por lo tanto, el IVL después de 5 minutos de sedimentación es comparable al que se obtiene después de sedimentar durante 30 minutos. Los lodos floculantes tienen tamaños más pequeños. Aunque en el sistema de depuración de aguas residuales pueden estar presentes pequeñas cantidades de lodos floculantes, el método pretende reducir la proporción de lodos floculantes. Dado que los lodos floculantes tienen menor tiempo de residencia en el selector **S** y también tienen menos contacto con el sustrato en el selector, y ciertamente no con el que tiene las concentraciones más altas de sustrato en el selector, no se promueve su crecimiento y la fracción de lodos floculantes permanece en minoría. Con el proceso actual, la proporción de lodos floculantes, con un tamaño de 0,212 mm o inferior, se limita preferiblemente a un máximo del 50 % en peso, preferiblemente a menos del 40 % en peso, más preferiblemente a menos del 30 % en peso. El proceso actual se desarrolla sin problema con cantidades tan limitadas de lodos floculantes y, además, la cantidad de lodos floculantes se puede reducir aún más, en particular, eliminando lodos a través de la descarga de lodos 7 (los lodos sobrantes descargados del sistema de depuración para evitar la acumulación de lodos debido al crecimiento continuo de lodos) que tienen propiedades de sedimentación menos rápidas, por ejemplo, eliminando estos lodos lo más lejos posible de la entrada en el tanque de sedimentación secundario o extrayendo estos lodos en el selector en lugares donde la proporción de lodos de sedimentación más rápida es pequeña o y/o aplicando un separador gravitacional o mecánico en los lodos de retorno o en paralelo al reactor aerobio o selector y purgando los lodos más pequeños obtenidos de esta manera.

[0074] En el contexto de la invención, los términos "lodos de sedimentación más rápida" y "lodos pesados" se consideran sinónimos, al igual que los términos "lodos de sedimentación más lenta" y "lodos ligeros". Las tasas de sedimentación o las velocidades de sedimentación se determinan comúnmente en la técnica. Una medida práctica de la tasa de sedimentación conocida en la técnica es el índice volumétrico de lodos (IVL). El IVL se define como el volumen (en ml) ocupado por 1 gramo de lodos después de un cierto tiempo de sedimentación. Los valores típicos para la proporción del IVL después de 5 minutos de sedimentación (IVL-5) sobre el IVL después de 30 minutos de sedimentación (IVL-30) para los lodos granulares según la invención son inferiores a 3, normalmente se encuentran en el rango de 1-2,5, más normalmente aproximadamente son 1,5, mientras que los lodos floculantes convencionales tienen una proporción IVL-5/IVL-30 mayor que 3.

[0075] En vista de la presencia de microorganismos, los lodos presentes en el sistema también se pueden denominar "lodos activados". Los microorganismos necesarios para el proceso según la invención se pueden encontrar en los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales. No es necesario aislarlos, ya que las condiciones establecidas por la invención controlan que estos microorganismos permanezcan como parte de los lodos granulares.

[0076] La mezcla de aguas residuales y lodos que sale del selector **S** se transfiere luego al reactor aerobio **B**, al que se suministran moléculas de oxígeno (aireación), por ejemplo, utilizando aireadores, como se conoce en la técnica. Los tiempos de residencia promedio de la mezcla de lodos y agua en el reactor aerobio **B** pueden variar ampliamente, dependiendo de, por ejemplo, la cantidad y el tipo de contaminación en las aguas residuales entrantes y el grado de depuración deseado, y son normalmente de 1 a 30 horas, preferiblemente de 2 a 20 horas. Los tiempos de residencia promedio de los lodos también varían dependiendo de, por ejemplo, la cantidad y el tipo de contaminación en las aguas residuales entrantes y el grado de depuración deseado, y son normalmente de 3 a 40 días, preferiblemente de 5 a 20 días. La aireación de la zona aerobia se lleva a cabo a una tasa tal que la concentración de oxígeno molecular disuelto en las aguas residuales en el reactor **B** sea preferiblemente de al menos 0,5 mg/l y más preferiblemente de al menos 1 mg/l, mientras que no preferiblemente

no es superior a 5 mg/l, más preferiblemente no es superior a 10 mg/l. No forma parte de la invención modificar el reactor aerobio tradicional y las condiciones aerobias en la presente invención.

5 [0077] Además de las zonas o los compartimentos aerobios, el reactor B también puede tener zonas y compartimentos en los que se dan condiciones anóxicas, con las que se consigue la desnitrificación y una mayor eliminación de compuestos de nitrógeno de las aguas residuales.

10 [0078] Posteriormente, las aguas residuales depuradas biológicamente se separan preferiblemente de la mezcla de lodos y agua del reactor B. Esto se consigue normalmente mediante sedimentación (sedimentación secundaria NB), pero también se puede conseguir mediante separación mecánica, flotación, filtración o de otro modo. Dicha sedimentación y dicho paso de separación, en el que los lodos se separan de las aguas tratadas, es común en las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales. Debido a la presencia de lodos granulares en vez de lodos floculantes, los tanques de sedimentación pueden ser mucho más pequeños (por ejemplo, aproximadamente un cuarto de área para la misma entrada de aguas residuales) en comparación con los tanques convencionales necesarios para la sedimentación de lodos floculantes. La mezcla entrante de agua y lodos del reactor B permanece en el tanque de sedimentación o separador similar durante un tiempo suficiente. Una vez que los lodos se han separado del agua, las aguas residuales tratadas biológicamente están suficientemente limpias para ser descargadas al medio ambiente, aunque para algunas aplicaciones y/o ubicaciones puede ser necesario un tratamiento adicional, como la filtración o eliminación de, por ejemplo, metales.

20 [0079] El agua tratada según la invención, que se descarga del clarificador o separador similar, es el producto principal del proceso según la invención. En comparación con las aguas residuales entrantes, el agua depurada se extrae de la materia orgánica (nutrientes orgánicos). El agua tratada puede descargarse al medio ambiente, depurarse aún más o utilizarse como se desee.

30 [0080] En el método descrito anteriormente, los lodos se seleccionan de forma natural, de manera que, partiendo de lodos activados convencionales, preferiblemente dentro de los 200 días posteriores a la puesta en marcha, más preferiblemente dentro de los 150 días después de la puesta en marcha, se produce la formación de lodos granulares y durante el proceso de depuración comprende de forma constante la mayoría de los lodos. La formación de una mayoría de lodos granulares se puede acelerar y apoyar comenzando inicialmente el proceso de depuración con lodos que ya comprenden al menos una parte de lodos granulares. Preferiblemente, la proporción de lodos granulares en los lodos que se añaden durante la puesta en marcha al sistema asciende como máximo al 15 % en peso, y asciende con una concentración de lodos de 3 kg/m³, preferiblemente a más de 0,6 kg/m³. Más preferiblemente, se pone en marcha con lodos de los cuales más del 50 % ya son lodos granulares.

40 [0081] Además, la formación y el mantenimiento estable de lodos granulares se pueden acelerar y apoyar de forma continua u ocasional añadiendo un sólido o productos químicos a los lodos a los que las partículas de lodos se puedan adherir y, de este modo, aumentar su tamaño o peso. Este material de apoyo sólido tiene preferiblemente un tamaño de 0,05-2,5 mm y una gravedad específica comparable o superior a la de las aguas residuales. Este material puede ser, por ejemplo, lodos granulares de otro reactor, lodos activados tamizados, arena clasificada, granulado plástico u otro material natural o sintético. Por ejemplo, se añade a los lodos un sólido con una gravedad específica de al menos 1,05 kg/l. Los MO son los lodos que se adherirán a esta sustancia, lo que hace que la densidad de las partículas de lodos y, por lo tanto, la tasa de sedimentación, aumenten. Un efecto similar se consigue dosificando productos químicos líquidos, como, por ejemplo, sales de hierro, sales de aluminio, sales de calcio, etc., de modo que las sales de la mezcla de lodos/agua reaccionen para formar un sólido.

50 [0082] La invención también se puede aplicar en paralelo con un tratamiento convencional que no tiene disposiciones para la formación de lodos granulares, o que no permite una formación extensa de gránulos. Esto se muestra en la [figura 10](#). En este caso, la línea de depuración L1 es la depuración convencional, cuyo reactor biológico comprende uno o más compartimentos o reactores que permiten diferentes combinaciones de condiciones del proceso aerobias, anóxicas y anaerobias. En la figura esto se indica como B1, B2 y B3, pero también puede ser más o menos partes. La línea de depuración L2 es un método según la invención. Al conectar una línea de lodos de descarga de L2 a L1, la línea de depuración según la invención también tiene un efecto sinérgico sobre el funcionamiento, las propiedades de los lodos y los MO de la línea de depuración convencional. Esto se consigue no descargando los lodos (7) de la línea de depuración L2 a la de procesamiento de lodos, sino transfiriéndolos total o parcialmente a uno o más de los componentes del reactor biológico (línea 8). Al fin y al cabo, estos lodos de descarga tienen mejores propiedades de biomasa con tamaños mayores y más capacidad de desnitrificación simultánea que los lodos regulares en la línea convencional y, por lo tanto, mejorarán las propiedades de lodos en, y el funcionamiento de, la línea convencional. Este efecto sinérgico se puede potenciar aún más alimentando una parte de los lodos de retorno 6 y/o la descarga de lodos 7 desde la línea convencional L1 a L2 a través de la línea 9. De esta manera, una parte de los lodos de la línea convencional también se somete a la acción del selector 5 de la línea L2. El resultado de la conexión descrita anteriormente de las dos líneas de depuración es que también en la línea L1 se obtienen un efecto mejorado y partículas de lodos más

grandes, sin que todas las aguas residuales y los lodos tengan que ser tratados por el selector innovador **S** y sin que **L1** tenga que ser readaptada a una depuración de acuerdo con la invención. En una forma de realización, el método según la invención incluye un paso de alimentación de los lodos residuales **7** (como **8**) a un tratamiento convencional, preferiblemente un tratamiento que no tiene medios para conseguir lodos granulares. En otra forma de realización, el método según la invención incluye un paso en el que se suministran lodos sobrantes, o una parte de los lodos de retorno, de una depuración tradicional.

[0083] En otra variante, el mismo efecto sinérgico se obtiene siguiendo o integrando el selector según la invención a un reactor de lodos granulares aerobios (AGS, por sus siglas en inglés) que funciona como sistema secuencial de lotes (SBR, por sus siglas en inglés) y conectándolo, como se ha descrito anteriormente, a un sistema convencional de flujo transversal continuo. Esto se muestra en la figura 10. La línea de depuración **L3** comprende el selector según la invención, así como el SBR de AGS. La descarga de lodos del S-AGS-SBR en **L3 (7)** se alimenta a través de la línea **10** a la línea convencional **L1**. Al igual que en el acoplamiento sinérgico descrito anteriormente, la descarga de lodos (**7**), o una parte de los lodos de retorno (**6**), de la línea convencional también se puede alimentar al selector **5** (a través de la línea **9**).

[0084] En base a lo mencionado anteriormente, la invención también se caracteriza por formas de realización en las que el selector **S** también se alimenta con una parte de los lodos de retorno y/o descarga de lodos que se origina de otra línea de depuración, o en las que el selector **S** se sigue o se integra con un reactor de lodos granulares que funciona según el principio de lotes secuenciales. Por lo tanto, se prefiere que el selector **S** esté en conexión fluida o integrado con un reactor de lodos granulares que funciona según el principio de lotes secuenciales.

[0085] En estrecha relación con lo anterior, la invención también se refiere a un dispositivo de depuración de aguas residuales que contienen sustrato, que comprende un selector **S** con una entrada para aguas residuales que contienen sustrato **2**, una entrada para lodos biológicos **6**, una salida para mezcla de lodos/agua **3** y opcionalmente una salida para descarga de lodos **7**, donde la salida **3** está en conexión fluida con la entrada de un reactor de depuración biológica aerobia de flujo transversal continuo **B**, donde este reactor tiene, además, una entrada para lodos biológicos **6**, una entrada en conexión fluida a través de la salida de un selector **S**, tiene una salida para las aguas residuales tratadas **4** y opcionalmente una salida para descarga de lodos **7**. La salida **4** puede estar en conexión fluida con la entrada de un clarificador **NB**, y la entrada **2** puede estar en conexión fluida con la salida de un tanque de pretratamiento **VB**, donde el dispositivo es adecuado para llevar a cabo el método según la invención. En particular, el selector **S** está diseñado para funcionar en condiciones anaerobias o anóxicas y está equipado con medios que garantizan o controlan activamente que los lodos con tamaños más grandes y/o mayor velocidad de sedimentación estén en contacto durante más tiempo con las aguas residuales en el selector, y con aguas residuales que contienen sustrato más concentrado. Esto se puede hacer, por ejemplo, equipando el selector con medios que proporcionen (i) múltiples fases con cambios discretos o discontinuos en la velocidad de flujo, (ii) un gradiente de flujo creciente (es decir, una velocidad de flujo que aumenta continuamente), o una combinación de (i) y (ii).

[0086] En una forma de realización preferida, el método funciona en paralelo a una o más otras líneas de proceso de depuración de aguas residuales y donde el selector **S** recibe lodos biológicos **6** y una parte de lodos biológicos **9** de estas otras líneas de proceso de depuración de aguas residuales paralelas, y donde opcionalmente una parte de los lodos biológicos **6** se dirige a estas otras líneas de proceso de depuración de aguas residuales paralelas.

Ejemplo 1

[0087] Como herramienta para diseñar y optimizar plantas de tratamiento usando la invención, los inventores han desarrollado un modelo de simulación que calcula el crecimiento, la descarga y el tamaño de partículas de lodos en la planta de tratamiento biológico de flujo transversal continuo en función de la extensión de la distribución del tiempo de residencia de lodos dentro del tanque de selector/anaerobio. El modelo describe el flujo de agua con sustrato a través del aparato, la sedimentación y fluidificación de gránulos y flóculos, la absorción de sustrato por la biomasa, el crecimiento de los gránulos y la selección (descarga) de flóculos y gránulos.

[0088] Para ilustrar la función y el efecto de la invención en condiciones del proceso comparables, se utilizó este modelo para simular la formación de lodos granulares y el desarrollo de la concentración de lodos biológicos para un tratamiento de flujo transversal continuo convencional que comprende un tanque de selector/anaerobio convencional, tanque de aireación, tanque de sedimentación secundario y retorno de lodos para tanque de selector/anaerobio. Las condiciones del proceso se eligieron para que fueran representativas de los sistemas de lodos activados modernos. Se partió de una concentración de sustrato en las aguas residuales de 500 mg/l de DQO (demanda química de oxígeno), un crecimiento específico de lodos de 0,35 kg/kg de DQO y una situación de partida con lodos floculantes convencionales, no granulares, con un tamaño de partículas homogéneo de 100 µm. Además, se adoptó una tasa de carga de lodos que se aplica habitualmente para este tipo de sistemas de 0,2 kg de DQO/kg de MSO/día. En este caso, MSO representa la materia seca orgánica en los lodos activados en el reactor aerobio, que es una medida de la cantidad de MO. Esta carga de lodos también se puede expresar

en la demanda biológica de oxígeno (DBO) y corresponde a aproximadamente 0,1 kg de DBO/día de MSO/kg para una composición de aguas residuales convencional.

5 [0089] Los resultados en el transcurso de más de 200 días se muestran en la figura 11B. En este caso, el tamaño de los flóculos es $< 200 \mu\text{m}$, los "gránulos pequeños" tienen un tamaño de $200\text{--}400 \mu\text{m}$ y los "gránulos grandes" se clasifican como $> 800 \mu\text{m}$. La figura muestra que después de aproximadamente 50 días, el tamaño inicial de las partículas de lodos de $100 \mu\text{m}$ crece hasta convertirse en gránulos pequeños, pero no se produjo una granulación adicional (no se formaron "gránulos grandes"). Además, la concentración total de biomasa biológicamente activa orgánica (el MVLSS sobre el eje vertical) en el reactor se mantuvo alrededor de 3,2 g de MSO/l). Los resultados de la simulación se correspondieron muy bien con la experiencia práctica con la puesta en marcha de sistemas convencionales de lodos granulares de flujo transversal continuo, así como con los resultados experimentales de los ensayos piloto a largo plazo de los inventores con este tipo de sistemas.

15 [0090] El mismo modelo, con exactamente los mismos parámetros y configuraciones, se usó luego para simular qué concentración de lodos y tamaño de partículas de lodos se obtuvo si el tanque de selector/anaerobio se diseñara según la invención, lo que permite que las partículas de lodos más grandes tuvieran más tiempo y más contacto con el sustrato. La simulación se basó en la forma de realización que se muestra en la figura 8, pero otras formas de realización darían resultados similares.

20 [0091] Los resultados se muestran en la figura 11A. También en este caso, después de aproximadamente 50 días, se formaron lodos con gránulos pequeños y la concentración de lodos en el sistema, de aproximadamente 3,2 g de MSO/l, fue comparable a la del tratamiento tradicional. Sin embargo, debido a la distribución del tiempo de residencia de lodos en el tanque de selector/anaerobio, en combinación con la concentración de sustrato mayor resultante y el tiempo de contacto con el sustrato de las partículas de lodos más grande, no hubo ningún estado estable entre el crecimiento y la descarga de los lodos como en el sistema convencional, sino a partir de los 80 días aproximadamente, una parte cada vez mayor de los gránulos de lodos más pequeños se convirtieron en gránulos grandes. Después de aproximadamente 200 días, la mayoría de los lodos son gránulos grandes y, como resultado de las características de sedimentación enormemente mejoradas de estos gránulos más grandes, la descarga disminuyó y la concentración de biomasa activa en el proceso de depuración aumentó de 3,2 g de MSO/l a aproximadamente 6 g/l.

35 [0092] El modelo también se usó para determinar con qué concentración de sustrato entran en contacto los diferentes tamaños de partículas de lodos y durante cuánto tiempo. Los resultados de esto se muestran en la figura 11C. Esta figura muestra la tasa de carga de lodos de sustrato (en kg DQO/kg de MSO/día) para gránulos de lodos con diferentes diámetros (en micrómetros). Mientras que, en el proceso de depuración tradicional, los lodos experimentan el mismo tiempo de contacto con la misma concentración de sustrato, lo que da como resultado una carga de lodos de 0,2 kg/kg de MSO/día, en el proceso según la invención se produjo una gran distribución, por lo que los gránulos de mayor tamaño no solo están expuestos durante más tiempo sino también a mayores concentraciones de sustrato. Como resultado, la tasa de carga de lodos para las partículas de lodos grandes fue significativamente mayor que para los lodos promedio, e incluso mayor para las partículas más pequeñas. Debido a esta mayor tasa de carga de lodos, las partículas de lodos de mayor tamaño crecieron más rápido que las más pequeñas, lo que dio como resultado una granulación más extensa.

45 [0093] Se observa que también se realizaron cálculos de modelos similares para otras condiciones del proceso, como una carga de lodos mayor o menor, una concentración de sustrato mayor o menor de las aguas residuales, u otras formas de realización del método de depuración tradicional o el método según la invención. Asimismo, como en el ejemplo anterior, los resultados de esos cálculos ilustran sin ambigüedad la eficacia y las principales ventajas de la invención. Por ejemplo, la invención permite lograr una granulación más extensa en un sistema de depuración de flujo transversal continuo y, por lo tanto, hacer funcionar el sistema con biomasa más activa. Esta mayor concentración de biomasa permite tratar más aguas residuales en el mismo volumen de tratamiento o conduce a una mejor calidad del agua depurada. Además, debido a un mejor comportamiento de sedimentación de los gránulos mayores, el decantador secundario se puede hacer compactar significativamente más, o el mismo decantador secundario puede depurar más aguas residuales. Esto se traduce en menores costes de construcción y operativos para la depuración de aguas residuales. Además, el tamaño de gránulos permite que se produzcan simultáneamente nitrificación y desnitrificación durante la aireación, lo que no solo reduce considerablemente el consumo de energía, sino que también reduce aún más los costes de construcción, ya que ya no se necesitan varios flujos de circulación ni compartimentos o tanques anóxicos separados.

Ejemplo 2

60 [0094] Las ventajas de la invención también se demostraron claramente en una operación de planta piloto. Esta planta piloto comprendía una zona de selector de una serie de 6 compartimentos anaerobios mixtos (selector $S_A\text{--}S_F$) de $0,075\text{--}0,15 \text{ m}^3$, una serie de 6 compartimentos de reactores anóxico/aerobios mixtos (reactor $B_A\text{--}B_F$), cada uno de 1 m^3 , y un clarificador de $0,32 \text{ m}^3$. El último compartimento del reactor B_F también contenía un colector parcialmente sumergido para la descarga periódica de lodos después de un periodo de sedimentación, con el objetivo de aumentar la retención de lodos de mejor sedimentación. Una fracción de lodos de retornos también

podría descargarse como lodos sobrantes. Se utilizaron bombas de desplazamiento positivo para la recirculación del licor mixto (de una zona aerobia a una anóxica) o de lodos de retorno (del clarificador al selector anaerobio). Los lodos de retorno podrían dividirse entre el selector anaerobio y el primer compartimento aerobio/anóxico. Los compartimentos aerobios/anóxicos mixtos estaban equipados con aireación de burbujas finas y aireación de burbujas gruesas que se podrían controlar de forma independiente. Los lodos se suspendieron mediante agitación mecánica en todos los compartimentos mixtos. En esta planta piloto se probaron varias configuraciones de sistemas de lodos activados granulares de flujo transversal continuo.

[0095] Los inventores accionaron primero la planta piloto en una configuración que representa el estado actual de la técnica. Se consideró que este estado actual de la técnica era un proceso de lodos activados de múltiples etapas con selector anaerobio de flujo pistón y el uso de descarga selectiva de lodos. La configuración fue la siguiente:

1. Afluencia de aguas residuales y lodos de retorno en el tanque de selector S_A y circulación sucesiva a través de tanques selectores S_B , S_C , S_D , S_E y S_F . El volumen de trabajo de cada tanque fue de $0,075 \text{ m}^3$;
2. Reactor B_A : anóxico;
3. Reactor, B_{B-E} : aerobio, accionado a una concentración de oxígeno disuelto (OD) de 2 mg/l ;
4. Reactor B_F : aerobio, equipado con colector sumergido para descarga selectiva de lodos, con el criterio de selección de sedimentación de lodos establecido en 3 m/h ; y
5. Clarificador.

[0096] La configuración piloto se alimentó con aguas residuales municipales después de la etapa de clarificación primaria. El efluente primario contenía en promedio 425 mg/l de demanda química de oxígeno (DQO), $8,1 \text{ mg/l}$ de fósforo (P), 6 mg/l de P, 51 mg/l de amonio (N) y 110 mg/l de sólidos suspendidos totales (SST). El caudal de efluente varió entre 250 y 500 l/h , mientras que el factor de retorno de lodos del clarificador al selector anaerobio varió entre $0,5$ y $1,0$. El caudal del reciclaje anóxico del reactor B_E al B_A fue igual a los caudales de los lodos de efluente y de retorno combinados. Antes de iniciar el experimento, los reactores se inocularon con lodos granulares aerobios originado de reactores Nereda®.

[0097] Durante el experimento se monitorizaron las características de sedimentación de los lodos y la distribución del tamaño de los mismos. Para distinguir entre lodos floculantes y granulares, se utilizó un tamiz de 200 micras para clasificar la muestra de lodos antes de medir el nivel de sólidos secos de esta fracción clasificada.

[0098] El experimento se repitió con la misma configuración y flujos y composición de aguas residuales similares, pero ahora usando dos selectores S_A y S_B de $0,375 \text{ m}^3$ cada uno, de acuerdo con la configuración que se presenta en la figura 8b. Ambos tanques selectores se hicieron funcionar en ciclos antiparalelos. Mientras que una columna recibía aguas residuales, la otra recibía lodos de retorno del clarificador. La configuración piloto se sembró nuevamente con lodos granulares aerobios originados de reactores Nereda®.

[0099] Las figuras 12a y 12b representan gráficamente el desarrollo a lo largo del tiempo del índice volumétrico de lodos y las fracciones de tamiz en la configuración piloto de flujo transversal después de la siembra con lodos granulares aerobios, para (a) la configuración del estado de la técnica; y (b) una configuración según la figura 8b. Como se puede observar en la figura 12A, el nivel de gránulos dentro de los lodos disminuyó y el IVL_{30} aumentó desde niveles típicos para lodos granulares a niveles típicos para lodos floculantes en dos meses. Claramente, los MO granulares fueron superados por los MO que hacían crecer los floculantes. Además, la cantidad total de lodos se redujo de aproximadamente 6 g/l de SST a aproximadamente $2,5 \text{ g/l}$ de SST. Con el uso de selectores de acuerdo con la invención, al contrario del experimento descrito en primer lugar, la cantidad de gránulos no disminuyó sustancialmente y se mantuvo un tamaño granular de 1 mm durante toda la duración del experimento (más de medio año): figura 12b. Además, el IVL_{30} se mantuvo relativamente constante y en línea con lodos con buenas características de sedimentación. Además, la concentración de lodos mantenida ascendió a aproximadamente $4-5 \text{ g/l}$ de SST, que fue significativamente más alta que en el experimento con la configuración del estado de la técnica.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de depuración de aguas residuales que contienen sustrato en un reactor de lodos aerobios biológicamente activados de flujo transversal continuo **B**, donde al menos una parte de los lodos biológicos **6** se acondiciona en un selector **S** en condiciones anaerobias o anóxicas con al menos una parte de las aguas residuales **2** que contienen un sustrato que se va a depurar, opcionalmente después de un paso de pretratamiento **VB** de las aguas residuales suministradas **1**,
- 10 de manera que al menos el 20 % en peso de los lodos en el selector **S** tiene un tiempo de residencia en el selector que es al menos un 20 % mayor que el tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua en el selector,
- 15 después de lo cual la mezcla de lodos/agua **3** acondicionada de esta manera, opcionalmente después de un paso de contacto anaerobio o anóxico adicional, se alimenta al reactor de depuración aerobia **B** y se somete a un tratamiento aerobio **B**,
- 20 donde las aguas residuales **4** tratadas después del tratamiento aerobio se separan opcionalmente de los lodos mediante sedimentación **NB**, flotación o separación mecánica, y donde al menos una porción de los lodos separados de las aguas residuales tratadas aerobiamente se devuelve al selector como lodos de retorno **6**.
- 25 2. Método según la reivindicación 1, donde en el selector los lodos **6** con las aguas residuales **2** se someten en condiciones anaerobias o anóxicas a cambios discretos en la velocidad de flujo y/o un gradiente de flujo.
3. Método según la reivindicación 2, donde los cambios discretos en la velocidad de flujo se logran mediante una variación discreta en el flujo en la dirección de flujo del selector y/o mediante una variación discreta en el caudal.
- 30 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde al menos el 40 %, y más preferiblemente del 50 al 90 %, de los lodos en el selector tiene un tiempo de residencia en el selector que es al menos un 20 % mayor que el tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua en el selector.
- 35 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde al menos el 40 %, y más preferiblemente del 50 al 90 %, de los lodos en el selector tiene un tiempo de residencia en el selector que es al menos un 40 % mayor que el periodo tiempo de residencia hidráulico de la mezcla de lodos/agua en el selector.
- 40 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el selector acondiciona la mezcla de lodos y aguas residuales, de manera que al menos el 20 %, y más preferiblemente del 40 al 100 %, de los lodos en el reactor de depuración biológica aerobia **B** sean lodos granulares con un tamaño de granulos mínimo de 0,212 mm.
- 45 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el selector acondiciona la mezcla de lodos y aguas residuales, de manera que la proporción de lodos granulares sea de al menos el 25 % en peso, preferiblemente de al menos el 30 % en peso y, de la manera más preferible, de al menos el 40 % en peso, particularmente de al menos el 50 % en peso; y preferiblemente de manera que al menos el 20 % en peso de estos lodos granulares (es decir, lodos con un tamaño de al menos 0,212 mm), o más preferiblemente al menos el 25 % en peso, preferiblemente al menos el 30 % en peso y, de la manera más preferible, al menos el 40 % en peso, particularmente al menos el 50 % en peso de estos lodos granulares en el reactor de depuración biológica aerobia **B** tenga un tamaño de partículas de al menos 0,4-1,0 mm.
- 50 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde al menos el 10 % en peso de las partículas de lodos más grandes están en contacto en el selector con la concentración de sustrato más alta durante al menos un 20 % más que el tiempo de contacto promedio de los lodos y donde esta concentración de sustrato es al menos un 50 % mayor que la concentración de sustrato con la que están en contacto el 15 % en peso de las partículas de lodos más pequeñas en el selector.
- 55 9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde, además de, o en vez de lodos de retorno **6** del tanque de sedimentación secundario **NB**, el selector **S** se alimenta con la fracción de lodos recibida de separadores mecánicos o de gravedad desplegados para descargar selectivamente los lodos de sedimentación más lenta dentro de las depuraciones biológicas o dentro de los lodos de retorno hasta la línea de procesamiento de lodos.
- 60 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el selector **S** contiene al menos 2 compartimentos **Sa** y **Sb** en los que la alimentación de aguas residuales **2** y lodos (de retorno) **6** se alterna con la descarga de los lodos acondicionados, y donde la distribución deseada en el tiempo de residencia de lodos en el selector **S** se obtiene alimentando los compartimentos con aguas residuales **2** en el fondo del compartimento, y donde la descarga de los lodos acondicionados se logra aplicando una variación en la velocidad de flujo, y/o
- 65 aplicando una mezcla y/o eliminando al menos una parte de los lodos/las aguas residuales en el nivel del fondo

del compartimento **(3a)**, mientras que opcionalmente los lodos **6** se proporcionan al compartimento al nivel del líquido **(6b)** al nivel de líquido **(6b)** y/o entre el nivel de fondo **(6a)** y el nivel de líquido **(6b)** del compartimento.

- 5 11. Método según la reivindicación 10, donde el selector **S** se acciona de forma intermitente.
- 10 12. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la descarga de los lodos acondicionados se logra aplicando una variación en la velocidad de flujo y/o eliminando al menos una parte de los lodos/las aguas residuales al nivel del fondo del selector **(3a)**, mientras que los lodos **6** se suministran al nivel de líquido **(6b)** y/o entre el nivel de fondo **(6a)** y el nivel de líquido **(6b)**, y donde el selector está equipado con al menos una primera salida de los lodos/las aguas residuales al nivel de fondo **(3a)** y una segunda salida al nivel de líquido o entre el nivel de fondo **(3a)** y el nivel de líquido **(3b)**, y donde durante la alimentación de las aguas residuales **2** y los lodos (de retorno) **6** y la operación del selector anaerobia, los lodos/las aguas residuales se descargan a través de la segunda salida **(3b)**, y después de esta operación la alimentación continúa, pero los lodos/las aguas residuales se descargan a través de la primera salida **(3a)**.
- 15 13. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la variación de la velocidad de flujo en el selector se logra variando la tasa de alimentación de los lodos **6**.
- 20 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el selector **S** también se alimenta con una parte de los lodos de retorno y/o lodos sobrantes procedentes de otra línea de depuración.

Fig. 1

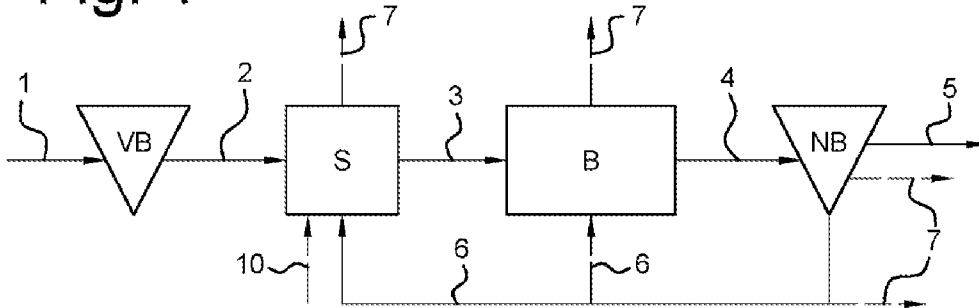


Fig. 2A

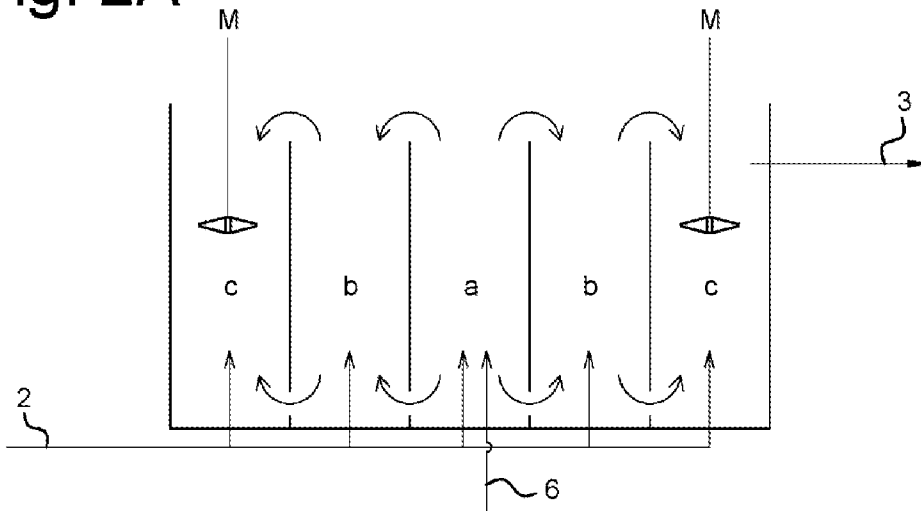


Fig. 2B

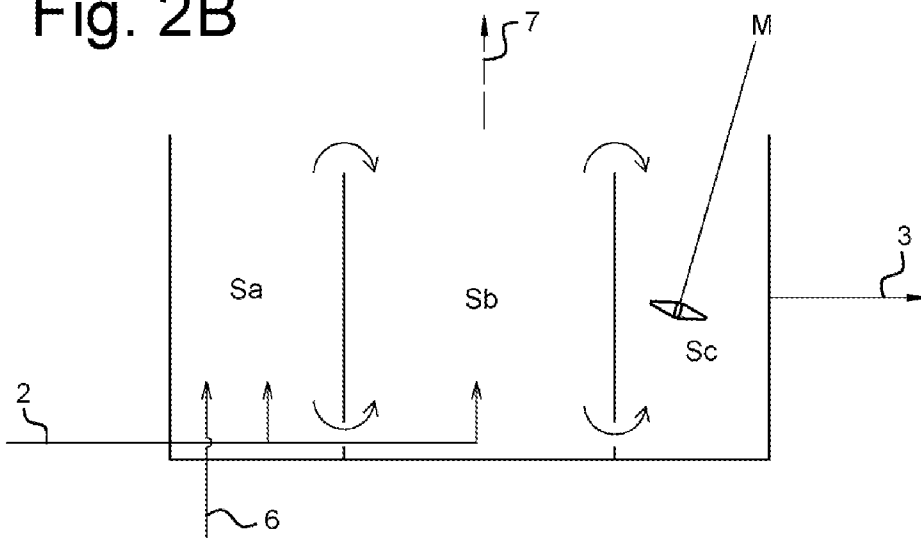


Fig. 2C

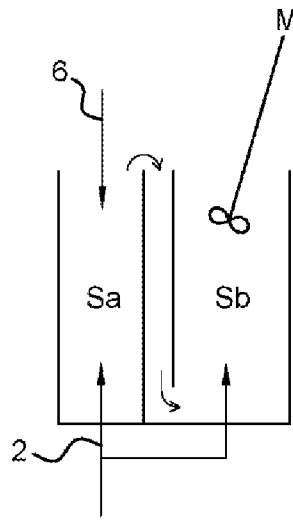


Fig. 3

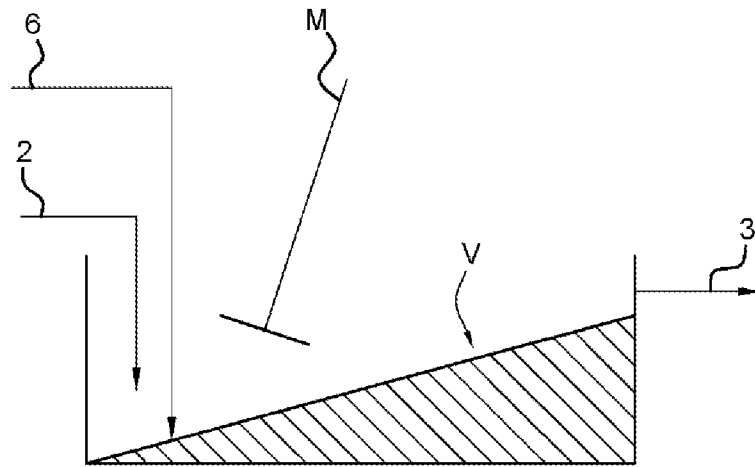


Fig. 4A

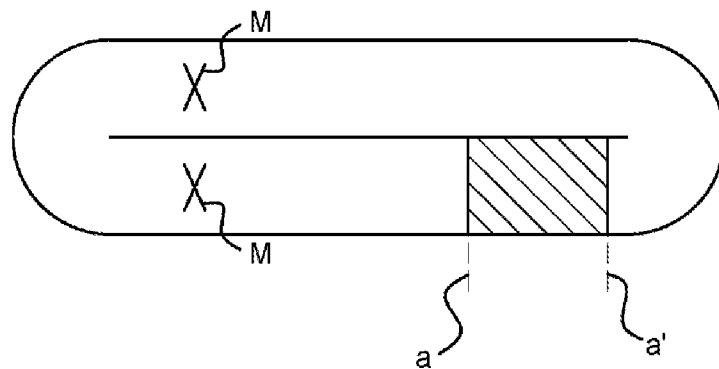


Fig. 4B

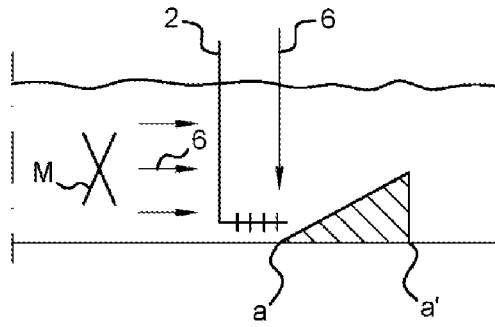


Fig. 4C

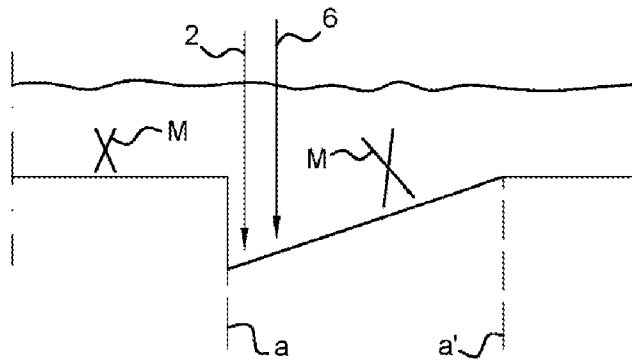


Fig. 5

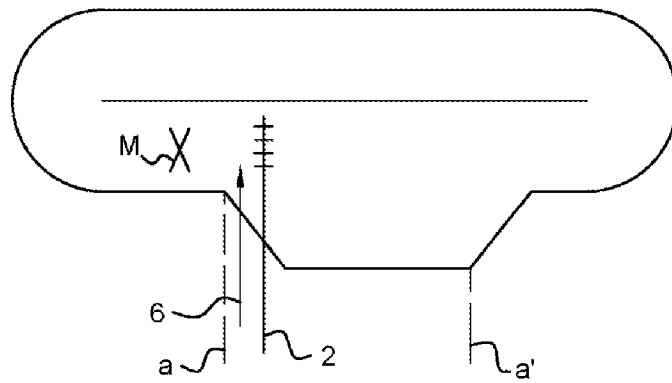


Fig. 6A

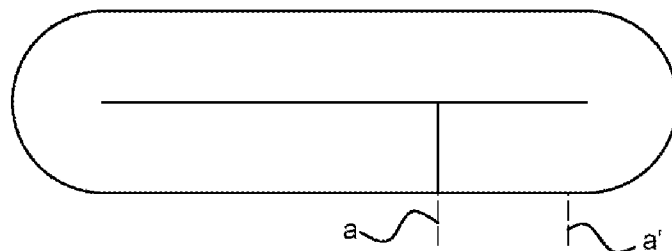


Fig. 6B

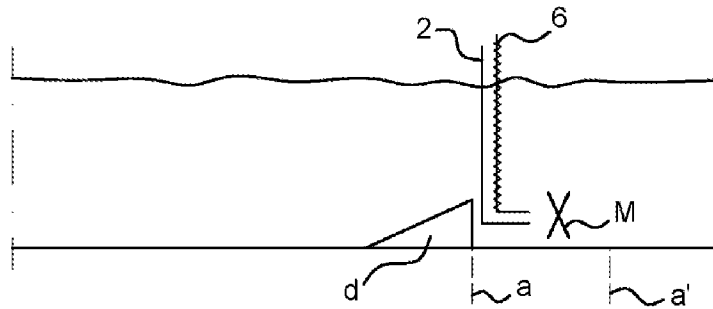


Fig. 7

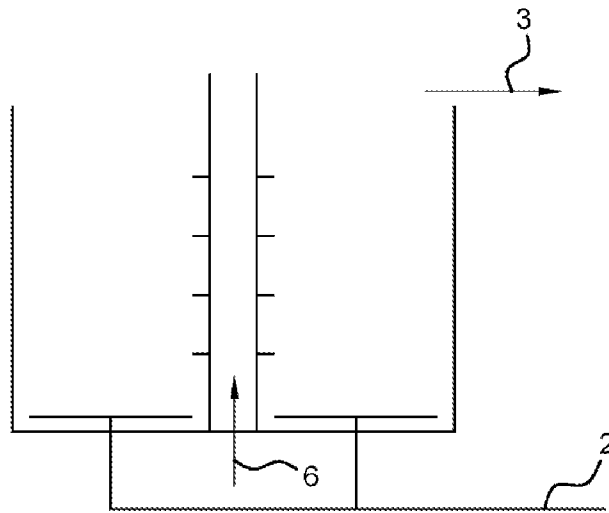


Fig. 8A

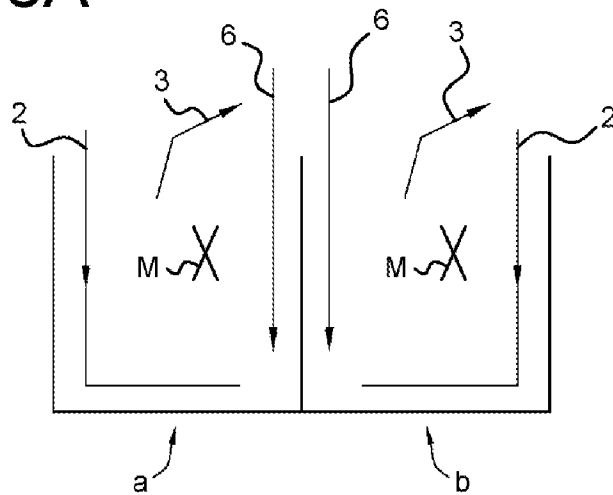


Fig. 8B

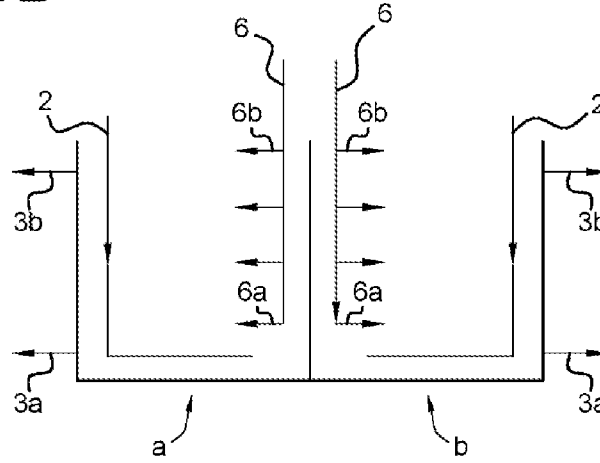


Fig. 9A

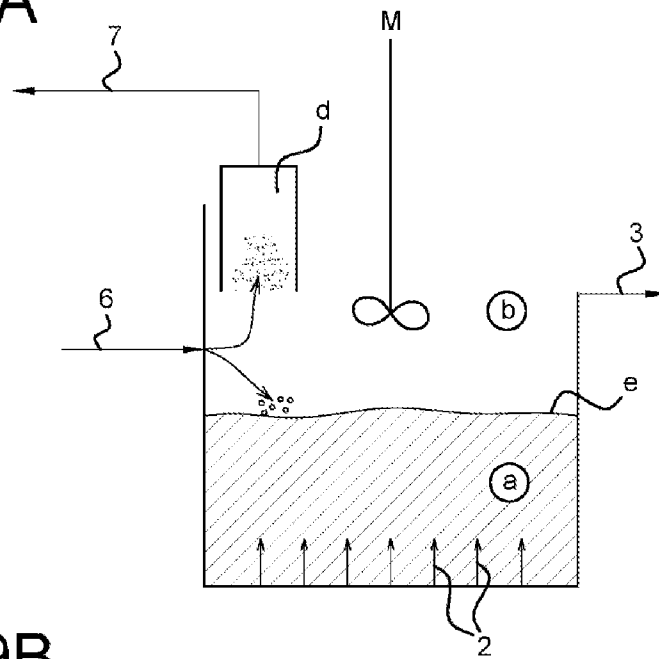


Fig. 9B

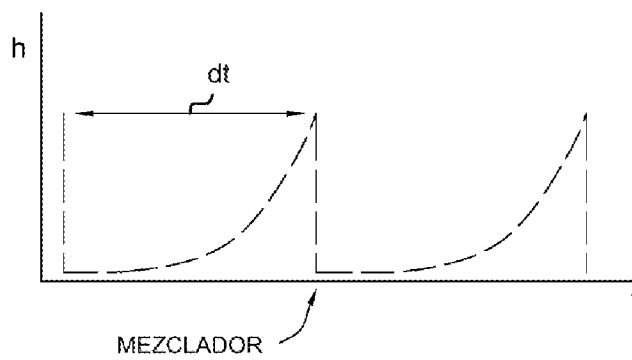


Fig. 10

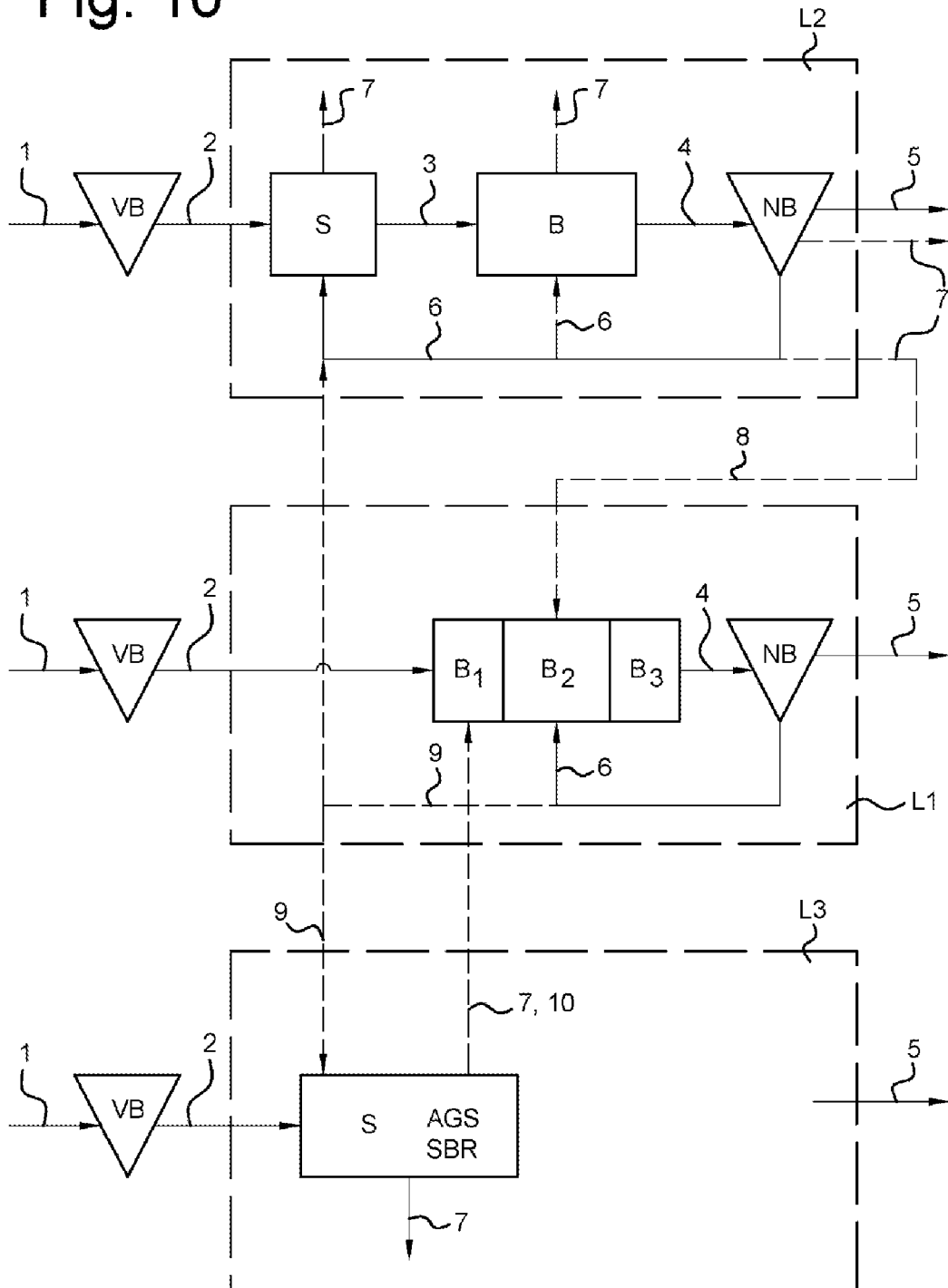


Fig. 11A

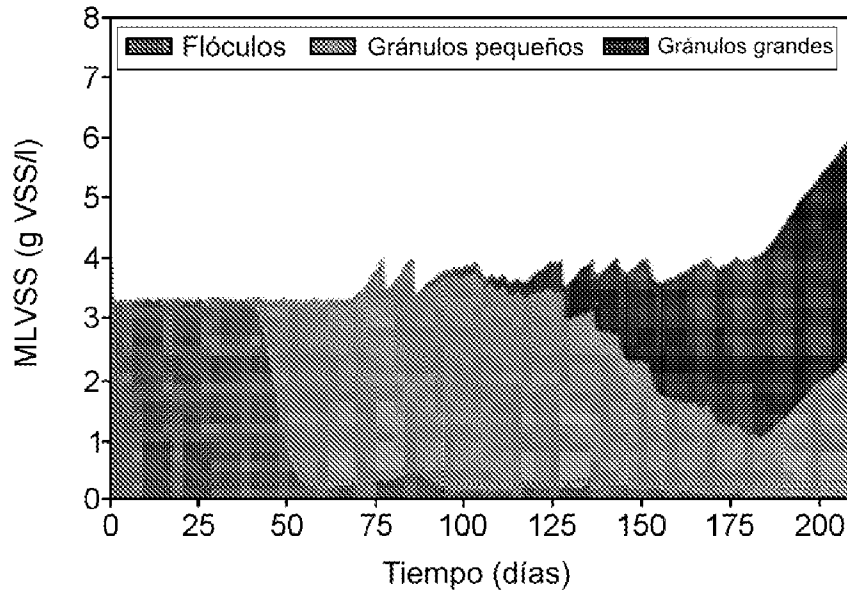


Fig. 11B

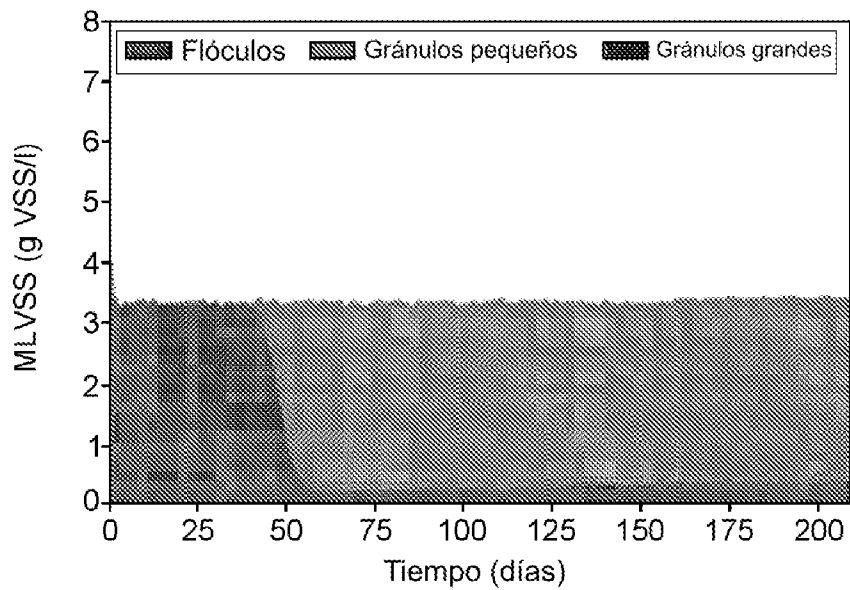


Fig. 11C

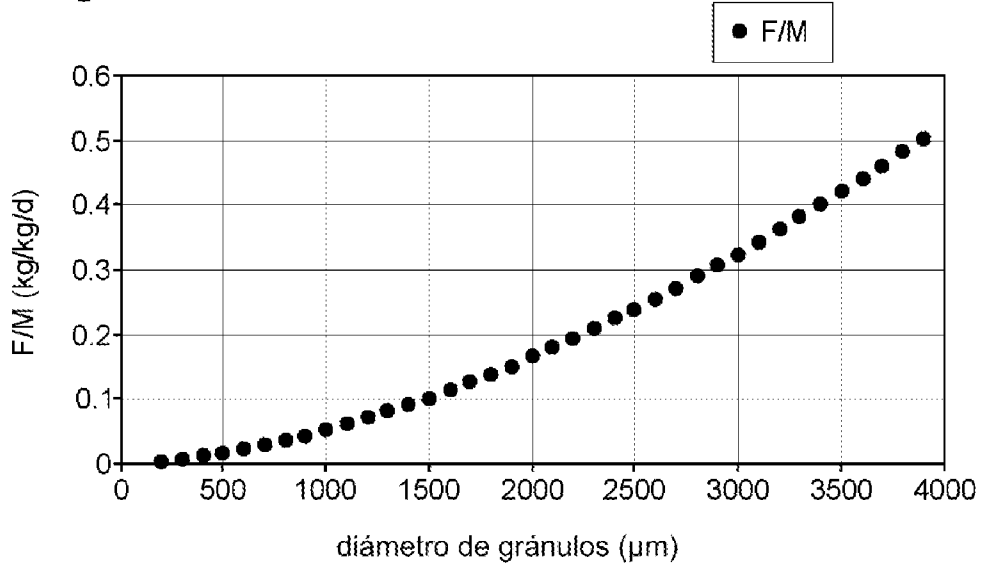


Fig. 12A

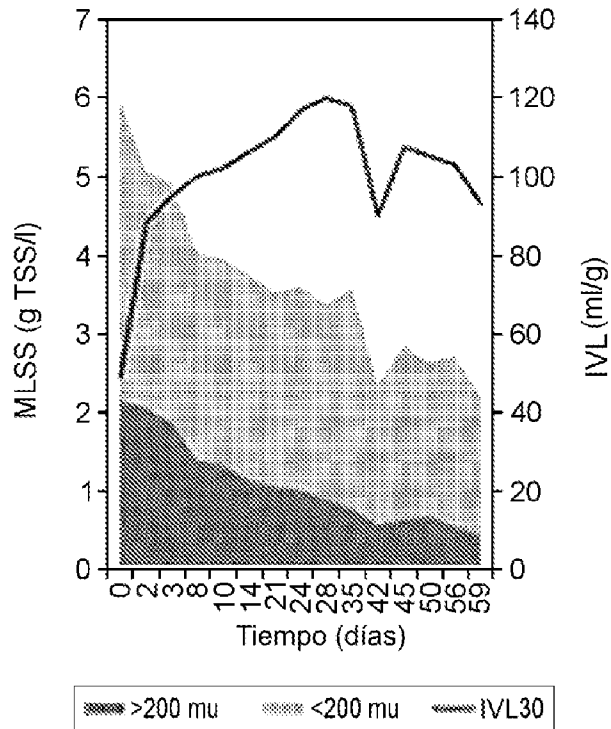


Fig. 12B

