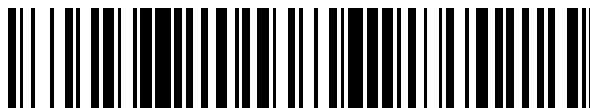


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 555 358**

21 Número de solicitud: 201530271

51 Int. Cl.:

C02F 3/28 (2006.01)

C02F 101/30 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

03.03.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

30.12.2015

Fecha de la concesión:

27.09.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

04.10.2016

73 Titular/es:

**ACCIONA AGUA, S.A.U. (100.0%)
Avda. de Europa, 22 Parque Empresarial La
Moraleja, Polígono Industrial Alcobendas
28108 Alcobendas (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**ARNALDOS ORTS, Marina;
RODRÍGUEZ LÓPEZ, Carlos;
MICÓ RECHE, María Del Mar y
MALFEITO SÁNCHEZ, Jorge J.**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **Método de pretratamiento biológico para procesos de hidrólisis**

57 Resumen:

Método de pretratamiento biológico para procesos de hidrólisis.

Se describe un método de pretratamiento biológico de materia orgánica previo a un proceso de hidrólisis, que comprende:

- someter una corriente acuosa que contiene materia orgánica en una concentración entre 0,1-100 g/L a cultivo de organismos generadores de enzimas hidrolíticas presentes en dicha corriente bajo condiciones específicas sin aporte externo de nutrientes y en agitación, siendo la materia orgánica el propio sustrato a partir del cual se cultivan en la corriente,

antes de someter la corriente enriquecida a un proceso biológico de hidrólisis en una etapa posterior al pretratamiento. El proceso de hidrólisis es preferentemente un método anaeróbico, estando el pretratamiento especialmente diseñado para acoplarse en el tratamiento de fangos, como el de una depuradora, para mejorar el rendimiento del proceso de digestión anaeróbica de los mismos. Se cubre la instalación para el pretratamiento y su acoplamiento a una planta industrial que produce residuos y son tratados mediante hidrólisis.

ES 2 555 358 B1

DESCRIPCIÓN

MÉTODO DE PRETRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA PROCESOS DE HIDRÓLISIS

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se engloba en el campo de los procesos industriales basados en el tratamiento mediante hidrólisis de materia orgánica, como la contenida en residuos urbanos e industriales (aguas residuales, vertederos), del tipo fangos de una depuradora, o agrícolas, y más concretamente aún se centra en el pretatamiento biológico de la materia orgánica biodegradable que se trata mediante hidrólisis, como
10 son los fangos o lodos de depuración. Se incluyen también los procesos anaerobios de los que la hidrólisis forma parte, que pueden ser también de manera muy diversa: digestión anaerobia, sistemas anaerobios de membrana, celdas electroquímicas anaerobias, reactores anaerobios de flujos ascendente (denominados abreviadamente UASB, del inglés *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) o similares.

15

ESTADO DE LA TÉCNICA

La hidrólisis constituye el paso limitante en los procesos de biodegradación anaeróbica. Al ser la fase de menor velocidad de reacción, limita el rendimiento en términos de producción de biogás y reducción del volumen de lodos. Por ello, en las últimas décadas
20 ha existido un creciente interés en desarrollar métodos para su aceleración, centrados principalmente en el tratamiento previo de la materia biológica a hidrolizar, a modo de preparación. Cuatro categorías principales de tecnologías de pretratamiento han sido desarrolladas para acelerar la hidrólisis: pretratamientos térmicos, mecánicos, químicos y biológicos. Todas estas tecnologías tienen la ventaja de reducir el tiempo de digestión anaerobia y el volumen de fangos final, así como de aumentar la producción de biogás.
25 Sin embargo, las tecnologías actuales de pretratamiento se caracterizan por un alto consumo energético, lo que pone en cuestión las ventajas obtenidas de su aplicación (ahorro en el coste de transporte y eliminación de fangos; Roxburgh et al., 2006).

30 Las opciones de mejora de la digestión anaerobia son diversas y requieren de un estudio previo a su implantación, ya que son varios los factores a considerar, como las características del producto a tratar (lodos), de la instalación y de las condiciones operativas (Rossle y Pretorius, 1996).

35 Los pretratamientos térmicos (principalmente aplicación de una fase térmica en la

digestión anaerobia) normalmente requieren una importante cantidad de energía térmica con el fin de obtener una mejora significativa del proceso (Carrère et al., 2010); la producción mejorada de biogás proporciona la energía térmica necesaria para compensar los requerimientos térmicos del propio sistema de pretratamiento (Bougrier et al., 2006). Por tanto, la principal ventaja de estos sistemas se limita a una cierta reducción en la biomasa de lodos, pero no a una reducción de consumo energético porque en realidad el aporte de energía externa que requieren los propios sistemas de digestión anaerobia queda anulada por la energía producida en el proceso.

Por su parte, los pretratamientos mecánicos (principalmente pretratamientos ultrasónicos y esfuerzos cortantes) requieren un incremento en la adición de energía eléctrica, con un consumo de aproximadamente 0,3 KWh por kg de sólido volátil (VS) eliminado. Teniendo en cuenta que el rendimiento eléctrico del biogás es del 30%, el incremento de la producción de biogás gracias al pretratamiento no compensa el aumento de la demanda de energía eléctrica en la mayoría de los casos, lo que hace que el balance energético sea negativo (Boehler et al., 2006).

Los pretratamientos químicos son aquellos donde se añaden agentes químicos. A pesar de que mediante su empleo se obtienen altos rendimientos, pueden presentar algunos inconvenientes como la introducción de compuestos químicos en la corriente residual y el aumento de costes en adquisición y manipulación de reactivos. Dentro de estos procesos se incluyen principalmente la hidrólisis termoquímica (Tanaka et al., 1997; Rocher et al., 1999), y los procesos de oxidación avanzada con ozono o peróxido de hidrógeno (Sakai et al., 1997; Huysmans et al., 2001).

Los pretratamientos biológicos, que constituyen el estado de la técnica en el que se enmarca la presente invención, consisten en la adición de determinadas cepas de bacterias o de enzimas hidrolíticas al lodo (Knapp and Howell, 1978). De esta manera, se acelera la desintegración y solubilización (hidrólisis) de la materia particulada. A pesar de que no incurren en altos consumos energéticos, la producción de enzimas o de determinadas cepas de bacterias es costosa y operacionalmente muy compleja, lo que puede encarecer considerablemente el proceso. Existe un número considerable de documentos de patente enfocados a la hidrólisis enzimática de residuos con celulosa y lignocelulosa, debido a la dificultad para procesar estos componentes de forma anaeróbica. Estos documentos están particularmente dirigidos al desarrollo de

pretratamientos biológicos para la producción posterior de biocombustibles mediante fermentación de los sustratos procedentes del pretratamiento. En general, estos pretratamientos se basan en la adición de enzimas externas (ajenas) al material a biodegradar (EP2559768 A1, EP2076594 B1) o en una combinación de adición de enzimas y de bacterias producidas en el propio proceso (WO2010055495). En definitiva, estos pretratamientos presentan costes adicionales porque se sustentan en la adición externa de enzimas, y se ha constatado que no emplean las propias bacterias producidas en el pretratamiento para mejorar el proceso posterior al que se somete el material a biodegradar. Es decir, no hay una sinergia del pretratamiento con un proceso posterior, que es la base de la presente invención.

Por otro lado, existe también un número considerable de documentos de patente en el área de tratamientos biológicos de residuos sólidos para vertederos. En estos tratamientos, generalmente se separan diferentes fracciones (líquida y sólida) de los residuos; la parte líquida generalmente es sometida a hidrólisis y procesos anaerobios mientras que la sólida pasa a compostaje (tratamiento aerobio). Un ejemplo de este tipo de documentos son las patentes US 7,985,577 B2 y US 7,015,028 B2. En estos tratamientos tampoco se ha constatado una sinergia entre el pretratamiento y el proceso posterior; la parte líquida hidrolizada no es en realidad empleada para mejorar el rendimiento global del proceso (o, en este caso, del tratamiento anaerobio de sólidos).

Se han encontrado pocos ejemplos en los que se emplee un pretratamiento biológico basado en el enriquecimiento de un cultivo de bacterias hidrolíticas para mejorar el rendimiento de procesos anaerobios. En estudios previos, un reactor anaerobio a escala laboratorio se enriqueció con bacterias hidrolíticas cultivadas externamente en un caldo rico de nutrientes (Yu et al. 2013). El experimento llevado a cabo mostró que la adición al digesor anaerobio de un cultivo de bacterias enriquecido en el exterior mejoró la solubilidad de la materia orgánica en un 78% y la producción de ácidos grasos volátiles en un 130% durante el proceso anaerobio, produciéndose un incremento del biogás de un 23%. Se demostró que las enzimas que juegan un papel más significativo en la bioaumentación (incremento de la actividad biológica de descomposición de la materia orgánica) del digesor eran las hidrolasas, amilasas y proteasas. A pesar de los logros de este enfoque, los caldos ricos en nutrientes como el utilizado por Yu et al. (2013) son costosos y por lo tanto no aplicables a escala industrial, ya que haría el proceso económicamente inviable.

También se ha encontrado una solicitud de patente internacional, WO 2009135967, en la que se lleva a cabo un pretratamiento biológico empleando bacterias procedentes de un proceso aerobio de compostaje (proceso de tratamiento de sólidos). El cultivo es extraído y añadido en un proceso de digestión anaerobia para acelerar la hidrólisis, mejorando el rendimiento. La limitación de este pretratamiento es que emplea sólidos procedentes de un sistema de tratamiento aerobio, siendo entonces dos procesos no integrados. Esto implica, por un lado, la necesidad de añadir instalaciones adicionales para el tratamiento aerobio de los sólidos (con el consiguiente coste de capital). Por otro lado, los tratamientos aerobios implican un alto coste de operación y por tanto, el resultado final es un coste energético mayor que el que se conseguiría con otros pretratamientos (como el de la presente invención).

Teniendo en cuenta las limitaciones anteriormente comentadas detectadas en el campo técnico, se propone en la presente invención un pretratamiento biológico basado en la sinergia y la auto-producción biológica para preparar la materia orgánica susceptible de ser hidrolizada. El cultivo de organismos que producen enzimas hidrolíticas y que se generan en el pretratamiento crecen en la propia corriente acuosa concentrada de materia orgánica que se va a hidrolizar, porque están presentes en dicha corriente dentro de un grupo heterogéneo de organismos que acompañan a la materia orgánica y que son susceptibles de crecer en ella como sustrato, de tal forma que no es necesario una aportación externa de los mismos, y son los más adecuados para mejorar el rendimiento del proceso posterior. Además, no se producen gastos energéticos adicionales relevantes ni se incrementan los costes en cultivos ni nutrientes, porque se emplean corrientes acuosas concentradas de materia orgánica extraídas del propio proceso industrial en el que se integra la fase de pretratamiento, y por tanto supera la limitación de experimentos como el de Yu et al. (2013), ya que no hace falta proveer de caldos ricos en nutrientes al proceso. El presente método de pretratamiento biológico se caracteriza por requerir únicamente ligeras variaciones en la instalación de procesamiento anaeróbico donde se integra, y por conseguir el tratamiento anaerobio integral de los residuos, incrementando su rendimiento mediante reducción de nuevos residuos e incrementando la valorización energética; por tanto, tanto los costes capitales como de operación son los mínimos posibles.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Boehler, M., & Siegrist, H. (2006). Potential of activated sludge disintegration. Water

Science and Technology, 53. 207-216.

Bougrier, C., Albasi, C., Delgenes, J.P., & Carrere H. (2006). Effect of ultrasonic, thermal and ozone pre-treatments on waste activated sludge solubilisation and anaerobic biodegradability. *Chemical Engineering and Processing*, 45(8). 711-718

5 Carrère, H., Dumas, C., Battimelli, A., Batstone, D.J., Delgenès, J.P. et al. (2010). Pretreatment methods to improve sludge anaerobic degradability: A review. *Progress in Energy and Combustion Science*: Elsevier. 1-15.

Choate, C. E. (2011, July 26). Patente US 9,985,577: Systems and processes for treatment of organic waste materials with a biomixer.

10 Choate, C. E., Sherman, P. A., & Zhang, R. (2006, March 21). Patente US 7,015,028: Process for treatment of organic waste materials.

Hill, C., Scott, B. R., & Tomashek, J. (2008, March 6). Patente EP 2076594 B1: Process for enzymatic hydrolysis of pretreated lignocellulosic feedstocks.

15 Huysmans, G.T.A., Sharapov S.E., Mikhailovskii, A.B., & Kerner, W. (2001). Modeling of diamagnetic stabilization of ideal magneto hydrodynamic instabilities associated with the transport barrier. *American Institute of Physics*.

Knapp, J.S. & Howell, J.A. (1978) Treatment of primary sewage sludge with enzymes. *Biotechnol. Bioeng*, 20. 1221-1234.

20 Morag, E. (2010, November 25). Solicitud de patente internacional WO 2010/055495 A3: Methods and compositions for enhanced bacterial hydrolysis of cellulosic feedstocks.

Romero, R. (2013, February 20). Solicitud de patente EP 2559768 A1: Enzymatic hydrolysis pretreatment of lignocellulosic materials.

25 Rössle, W.H. & Pretorius, W.A. (2001). A review of characterisation requirements for in-line prefermenters. Paper 2: Process characterisation. *Water SA*, 27(3). 413-422.

Roxburgh, R., Sieger, R., Johnson, B. R., Rabinowitz, B., Goodwin, S., Crawford, G. V., Daigger, G.T. (2006) Sludge Minimization Technologies- Doing More To Get Less. *Proceedings of the 79th WEF Conference and Exhibition*. Dallas, Texas, USA.

30 Sakai, J., Nohturfft, A., Cheng, D., Ho, Y.K., Brown, M.S., and Goldstein, J.L. (1997). Identification of complexes between the COOH-terminal domains of sterol regulatory element binding proteins (SREBPs) and SREBP cleavage-activating protein (SCAP). *J. Biol. Chem.* 272. 20213–20221.

35 Sales, M. D., Romero, G. L. I., Álvarez, G. C. J., & Fernández, G. L. A. (2009, November 12). Solicitud de patente internacional WO 2009/135967 A1: Pretratamiento

biológico de residuos sólidos orgánicos.

Tanaka, T., Manome, Y., Wen, P., Kufe, D. W. & Fine, H. A. (1997) Viral vector-mediated transduction of a modified platelet factor 4 cDNA inhibits angiogenesis and tumor growth. Nat. Med, 3. 437-442

- 5 Yu, S., Zhang, G., Li, J, Zhao, Z. & Kang, X.(2013). Effect of endogenous hydrolytic enzymes pretreatment on the anaerobic digestion of sludge. Bioresource Technology: Elsevier. 758-761.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

10 El primer objeto de la presente invención está constituido por un método de pretratamiento biológico de materia orgánica biodegradable susceptible de ser sometida a un proceso de hidrólisis, que comprende:

- someter una corriente acuosa que contiene la materia orgánica en una concentración entre 0,1 y 100 g/L (del volumen total de corriente) a cultivo de organismos generadores de enzimas hidrolíticas presentes en dicha corriente, en agitación y sin aporte externo de nutrientes, siendo la materia orgánica el propio sustrato a partir del cual se cultivan los organismos para su enriquecimiento en la corriente acuosa, y
 - someter la corriente acuosa enriquecida a un proceso biológico de hidrólisis en una etapa posterior al pretratamiento.
- 15
- 20

La invención ofrece así un nuevo pretratamiento de aplicabilidad en continuo o en discontinuo en procesos de hidrólisis o en cualquier proceso más amplio del que la reacción de hidrólisis forme parte, como es la digestión anaerobia (y más concretamente la digestión anaerobia de fangos o lodos primarios en una planta depuradora), de bajo coste y basado en el cultivo y enriquecimiento de los propios organismos hidrolíticos presentes en la corriente empleando la propia materia orgánica como sustrato, para la posterior bioaugmentación del proceso de hidrólisis al que se somete dicha materia orgánica gracias a las enzimas hidrolíticas producidas por dichos organismos enriquecidos. El pretratamiento de la materia orgánica está diseñado para optimizar las condiciones de crecimiento de los organismos que generan enzimas hidrolíticas (también llamados aquí organismos hidrolíticos), que son los que posteriormente van a acelerar la propia reacción de hidrólisis a la que se somete la biomasa pretratada (enriquecida). Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que el sustrato para el crecimiento de los organismos hidrolíticos es la propia materia orgánica contenida en la

25

30

35

corriente acuosa que va a ser sometida posteriormente a hidrólisis, y no depende por tanto de aportaciones de nutrientes extra. La materia orgánica forma parte de una corriente acuosa (que en definitiva es un residuo) que siempre contiene humedad, cuya fase acuosa permite el crecimiento de los organismos, procedente de un proceso industrial que está asociado al de la propia fase de hidrólisis, bien porque está relacionado con ella o porque está físicamente próximo a la misma, de tal forma que este método de pretratamiento no es externo sino que se puede integrar en el proceso en el que se va a tratar la biomasa (mediante hidrólisis) para reducir residuos o producir biogás y/o el propio proceso que origina la corriente acuosa de materia orgánica. De este modo, frente a otros pretratamientos biológicos conocidos, es posible integrar el de la presente invención en la propia línea de producción y tratamiento de la materia orgánica.

De manera general, debe entenderse en el marco de la presente invención que la corriente acuosa que contiene la materia orgánica es originada en un proceso biológico de degradación, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Así, la materia orgánica está presente en forma concentrada en la corriente acuosa (concentración comprendida entre 0,1 y 100 g/L), dicha corriente conteniendo a su vez biomasa en forma de cultivo heterogéneo de organismos (bacterias, etc.) y nutrientes. De esta definición se desprende que la corriente de materia orgánica sometida a pretratamiento en el método aquí descrito es preferentemente el residuo de un proceso industrial, ya sea un residuo final del proceso o un residuo intermedio que todavía puede ser potencialmente tratado (como es el caso de los fangos o lodos procedentes de la decantación primaria en una planta depuradora).

Los impactos positivos en el campo técnico del pretratamiento descrito son los siguientes:

- reducción del volumen de residuos (como son fangos) generados en el proceso biológico de hidrólisis (por ejemplo, anaerobio) en el que se aplica el pretratamiento en cuestión y, por tanto, de los costes de transporte y disposición del mismo;
- aumento del volumen de biogás generado en el proceso de hidrólisis bioaumentado con el pretratamiento y, por tanto, de la cantidad de energía recuperable del sistema;
- mejora del balance de energía y sostenibilidad del proceso bioaumentado por el

pretratamiento, que se debe al bajo consumo energético del mismo y a sus potenciales efectos en la mejora de la producción de energía de los procesos bioaumentados;

- mejora de la velocidad del proceso bioaumentado por el pretatamiento, lo que favorece la construcción de reactores más reducidos para los procesos bioaumentados y, por tanto, una reducción en los costes de capital de los mismos.

En definitiva, la mejora en el rendimiento del proceso de hidrólisis gracias al pretratamiento previo se puede traducir en una disminución en la producción de residuos, un aumento en la cinética de eliminación de materia orgánica, un aumento en la solubilización de materia orgánica particulada o un aumento en la producción de biogás y, por tanto, en el rendimiento del proceso de hidrólisis.

De lo anteriormente descrito, y dado que pretratamiento y proceso de hidrólisis de la materia orgánica van íntimamente ligados en el método objeto de patente, debe entenderse que la presente invención engloba asimismo un proceso industrial en el que se genera y se trata la corriente acuosa que contiene la materia orgánica en una concentración comprendida entre 0,1 y 100 g/L, que comprende el pretratamiento biológico de la materia orgánica a hidrolizar mediante el método anteriormente descrito de cultivo de organismos hidrolíticos en agitación y sin aporte externo de nutrientes y siendo la materia orgánica el propio sustrato a partir del cual se cultivan dichos organismos para su enriquecimiento en la corriente acuosa antes de dirigir y someter la corriente enriquecida a la etapa de hidrólisis, y donde dicha etapa de hidrólisis es la propia fase de tratamiento de la materia orgánica en el proceso industrial. De acuerdo con esta descripción, debe entenderse que el proceso industrial objeto de protección se caracteriza por que comprende el método de pretratamiento biológico de la corriente acuosa integrado entre la fase en la que se genera dicha corriente y la fase en la que se trata la misma.

Otro objeto de la presente invención lo constituye una instalación para el pretratamiento biológico de materia orgánica susceptible de ser sometida a hidrólisis según se define anteriormente, acoplable a una instalación industrial en la que se genera y trata dicha corriente de materia orgánica, y que comprende:

- un reactor **(1)** de pretratamiento biológico, cuya configuración varía en función de

la temperatura a la que se cultiven los organismos hidrolíticos en la corriente acuosa dentro del mismo y cuyo tamaño se define en función del caudal de entrada de la corriente y del tiempo de retención hidráulico de la misma, que incluye:

- 5 o medios de calefacción **(2)** para seleccionar los organismos hidrolíticos a crecer y favorecer su cultivo;
- o medios de agitación **(3)**, para asegurar que el contenido del reactor **(1)** esta adecuadamente mezclado durante la etapa de cultivo;
- medios de bombeo **(4)**, como por ejemplo una bomba dosificadora, ubicados a la
- 10 salida **(5)** del reactor **(1)** de pretratamiento, que dirigen la corriente enriquecida en la etapa de pretratamiento a un dispositivo **(6)** en el que se lleva a cabo el proceso de hidrólisis posterior de la segunda etapa, y que fija el tiempo de retención hidráulica de la biomasa en el reactor **(1)**.

15 Esta instalación es compacta y sencilla, de tal forma que no requiere complejos dispositivos para hacer crecer organismos hidrolíticos en la biomasa a hidrolizar, ni tampoco ofrece grandes complicaciones para integrarse en la línea de generación y tratamiento de corrientes acuosas con materia orgánica en una planta industrial.

20 **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

Existen dos variantes preferidas del método de pretratamiento biológico esencial anteriormente definido: en una realización particular, puede someterse a pretratamiento el total de la corriente acuosa de materia orgánica que va a ser posteriormente tratada mediante hidrólisis.

25 En una segunda realización particular, de la corriente total a hidrolizar puede ser previamente extraída sólo una parte o alícuota de la misma para ser pretratada siguiendo el método descrito y, una vez enriquecida en organismos generadores de enzimas hidrolíticas, dicha fracción se adiciona de nuevo al resto de la corriente a

30 hidrolizar. En este caso, la alícuota o fracción enriquecida en organismos hidrolíticos y las enzimas que estos producen sirven como "catalizador" o "acelerador" en el proceso posterior de hidrólisis, extendiéndose al total de materia orgánica contenida en la corriente acuosa. En un caso preferido, la alícuota o fracción de la corriente que se desvía y se somete a cultivo de organismos hidrolíticos representa entre el 10% y el

35 20% del volumen total a hidrolizar (de la corriente acuosa de materia orgánica), de tal

forma que esta cantidad es suficiente para incrementar la velocidad de hidrólisis y mejorar el rendimiento del proceso para toda la corriente. En una realización particular, el volumen total de corriente a hidrolizar en la segunda etapa corresponde al volumen total de la corriente acuosa de la que se extrae la alícuota; por tanto, dicha fracción
5 representa el 10%-20% del volumen total de la corriente acuosa inicial que contiene la materia orgánica. Pero también es posible mezclar dicha corriente acuosa con otra u otras similares en la etapa de hidrólisis, por ejemplo en procesos industriales en los que se produce más de una corriente de residuos acuosos (fangos primarios y secundarios de una depuradora); en estos casos, el volumen de corriente total a hidrolizar está
10 representado por la suma de los volúmenes de las diferentes corrientes que se mezclan, y es el valor de partida que se toma como referencia para calcular el 10%-20% en volumen de la alícuota.

Si bien la corriente acuosa contiene materia orgánica en una concentración
15 comprendida entre 0,1 y 100 g/L del volumen total, dicha concentración está preferiblemente comprendida entre 10 y 100 g/L.

Preferentemente, la corriente de materia orgánica a pretratar biológicamente es un residuo húmedo (acuoso) que se genera en el propio proceso industrial en el que se
20 trata la corriente mediante hidrólisis, es decir, es a la vez un proceso de producción del residuo y de tratamiento del mismo antes de su desecho/reutilización por hidrólisis. En general, el pretratamiento descrito es aplicable a cualquier industria que genere un residuo orgánico que sea tratado en la propia industria: industria papelera (generación de residuos celulósicos con posterior tratamiento), industria alimenticia (conservas,
25 mataderos, destilerías, etc.) con tratamiento de los fangos y demás residuos de producción. También es posible acoplar el pretratamiento a la industria productora de biocombustible en la que se trate *in situ* los residuos de los materiales que se empleen para generar el biocombustible. Otro caso aplicable es el de vertederos en los que se lleve a cabo tratamiento de todos o parte de los residuos sólidos, o incluso en el
30 tratamiento *in situ* de suelos contaminados mediante biorremediación. En todos estos casos, el pretratamiento constituye un paso intermedio entre una etapa anterior en la que se produce el residuo acuoso que contiene la materia orgánica a hidrolizar y la etapa de hidrólisis en la que dicho residuo es tratado. Éste es el caso más preferido, por cuanto no se necesitan instalaciones adicionales ni fases o procesos intermedios:
35 simplemente se integra el método de pretratamiento en el proceso global del que la

hidrólisis de la materia orgánica forma parte, de tal forma que se desvía toda o parte de la corriente acuosa generada como residuo en el proceso industrial a la etapa de pretratamiento biológico para el cultivo de los organismos hidrolíticos, previo al proceso de tratamiento mediante hidrólisis de la materia orgánica. Por ejemplo, si se aplica el pretratamiento biológico a un proceso de tratamiento de aguas residuales que tiene lugar en una depuradora, se emplean los fangos o lodos generados en la etapa de decantación primaria como corriente de materia orgánica concentrada que se pretrata y, posteriormente, se someten dichos fangos a hidrólisis en el tratamiento secundario de digestión anaeróbica junto al resto de fangos primarios (si procede) y los fangos secundarios, como es habitual en la depuración de aguas. En estos casos, el proceso de depuración de agua comprende a) una etapa de decantación primaria, b) la etapa de pretratamiento biológico de todos o parte de los fangos producidos en dicha decantación primaria y c) una etapa de digestión anaerobia de los fangos, tanto los primarios con los fangos secundarios generados en una etapa secundaria, que es donde se añade/aplica la corriente de fangos enriquecida con el pretratamiento. En esta realización, es importante destacar que el enriquecimiento de los organismos hidrolíticos por pretratamiento de una fracción de los fangos primarios permite realizar el proceso en continuo o en discontinuo y resulta en una mejora global del proceso de hidrólisis de fangos en el que se integra; es decir, existe una sinergia entre el pretratamiento y el proceso posterior de hidrólisis (que forma parte del proceso global de depuración de aguas), aumentando así el rendimiento a nivel general.

Así, si el pretratamiento se encuentra integrado en la línea de fangos de un proceso de tratamiento de aguas residuales en una planta depuradora, entonces el proceso en cuestión comprende preferentemente al menos las siguientes etapas esenciales:

- desviar toda la corriente o una fracción de fangos primarios generados en una primera fase de decantación del agua de entrada a la planta depuradora y dirigir dicha corriente o fracción para cultivar y enriquecer los organismos hidrolíticos;
- someter la corriente o fracción de fangos primarios desviada a cultivo de los organismos hidrolíticos presentes en dichos fangos, en agitación y sin aporte externo de nutrientes, y
- bombear la corriente o fracción de fangos primarios enriquecidos en organismos hidrolíticos a un proceso de digestión anaerobia de una mezcla formada por los fangos primarios y los fangos secundarios generados en una segunda fase de tratamiento del agua.

De esta descripción, así como de lo indicado anteriormente, se desprende que existen dos realizaciones particulares. En una primera realización del método se desvía de la corriente general de fangos de la depuradora todo el volumen de los fangos primarios generados en la primera fase de decantación del agua residual, para ser enriquecidos en organismos hidrolíticos mediante el pretratamiento descrito. De este modo, la corriente total de fangos enriquecida se retorna tras el pretratamiento al ciclo general de la depuradora, donde junto a los fangos secundarios se somete a digestión anaerobia. Por otra parte, en una segunda realización se desvía de la corriente de fangos primarios sólo una parte o fracción de los mismos para ser dirigidos al pretratamiento, de acuerdo con las condiciones indicadas (volumen de la fracción entre el 10% y el 20% del volumen total de la corriente de fangos a hidrolizar). De esta forma, dicha fracción de fangos enriquecidos se dirige tras el pretratamiento a la digestión anaerobia junto con una mezcla formada por el resto de fangos primarios no pretratados y los fangos secundarios. En este caso, la alícuota tiene un volumen comprendido entre 10%-20% del volumen total representado por la suma de la corriente de fangos primarios y por la corriente de fangos secundarios.

Tiene que tenerse en cuenta que normalmente se cree en el campo técnico que dentro de los organismos hidrolíticos en estos procesos son las bacterias las principales partícipes en la hidrólisis, pero dicha afirmación es demasiado limitante porque hay otros organismos, más desarrollados, que también generan enzimas hidrolíticas y que están presentes en las corrientes acuosas industriales que contienen materia orgánica. De este modo, el cultivo de bacterias hidrolíticas en el pretratamiento objeto de interés es un caso preferido, pero no limitante del grupo de organismos a cultivar. Parece evidente que el tipo de organismos hidrolíticos a cultivar (generadores de enzimas hidrolíticas) en el pretratamiento va a depender de la naturaleza y propiedades de la corriente residual seleccionada y de la materia orgánica que ésta contiene. Además, es posible variar y modular las condiciones de cultivo para favorecer el crecimiento y proliferación de unos organismos u otros, así como variar y modular dichas condiciones de pretratamiento para potenciar la producción de las enzimas hidrolíticas deseadas por parte de dichos organismos (ambos se enriquecen en la corriente en las mismas condiciones, al tener una relación causal de efecto inmediato). Por esta razón, limitar la invención a unas condiciones concretas de cultivo limitaría innecesariamente el ámbito de protección de la misma. No obstante, tratándose de organismos hidrolíticos, que pueden ser preferentemente bacterias, la temperatura a la que se cultiva la corriente

está preferentemente comprendida entre 25°C y 65°C y más preferentemente entre 30-60°C. En una realización particular la corriente se somete al cultivo en régimen mesofílico, es decir entre 25°C-45°C. En otra realización particular, se somete a régimen termofílico, es decir entre 45°C-65°C.

5

También preferentemente, en el pretratamiento se somete la corriente acuosa a selección de organismos hidrolíticos durante un tiempo de retención hidráulico (de sólidos) comprendido entre 24-48 horas. El cultivo de los organismos en el pretratamiento se lleva a cabo preferentemente a un pH entre 4 y 6, siendo más
10 preferentemente de 5. Este bajo pH se debe a la ruptura de moléculas complejas para formar ácidos grasos volátiles; mientras el pH se mantenga sobre este valor, el proceso está funcionando de forma adecuada.

15

En definitiva, los organismos hidrolíticos que se enriquecen en el pretratamiento debido a la temperatura y tiempo de retención del mismo pertenecen a un consorcio amplio de microorganismos. En general, la corriente acuosa a tratar, sea cual sea su procedencia (por ejemplo los fangos primarios activos de una depuradora) contiene un cultivo muy
20 variado de microorganismos, y señalar a un grupo específico es complejo y, en general, de poca utilidad. Lo que determina el funcionamiento del método no es la clasificación filogenética de los organismos sino las enzimas hidrolíticas que estos segregan en el pretratamiento. No obstante, por aportar información más precisa sobre el método en cuestión a proteger, se puede hablar de que los organismos son preferentemente bacterias, y las bacterias cultivadas son preferentemente aquellas que segregan en el pretratamiento (y que causan una mejora del proceso posterior de hidrólisis) enzimas de
25 la familia de las hidrolasas. En concreto, las principales son preferentemente seleccionadas dentro del grupo compuesto por: las lipasas, proteasas, celulasas y amilasas.

30

En línea con lo descrito respecto al método, los medios de bombeo que contiene la instalación de pretratamiento impulsan a la salida del reactor de pretratamiento la corriente enriquecida que va a ser tratada en la etapa posterior de hidrólisis. Esta corriente será, en una realización, toda la corriente acuosa a hidrolizar, o en otra
35 realización alternativa será la parte o alícuota desviada de la corriente acuosa general, que es preferentemente de un volumen comprendido entre 10% y 20% del volumen total de la corriente a hidrolizar. Además, como se ha afirmado anteriormente, el tamaño del

reactor depende no sólo del caudal de la corriente acuosa a pretratar sino también del tiempo de retención de dicha corriente en el interior del reactor. En este sentido, como el tiempo de retención en el método se establece preferentemente entre 24 y 48 horas, entonces se reduce favorablemente el tamaño del reactor.

5

En un caso preferido del método antes descrito, se pretrata una corriente acuosa concentrada de materia orgánica procedente de un proceso asociado, relacionado, o cercano al proceso de hidrólisis al que se va a someter dicha corriente (en general, un residuo), de tal forma que es asimismo aquel proceso en el que se encuentra implementado el pretratamiento. En este caso, la sencilla y compacta instalación de pretratamiento biológico objeto de patente se encuentra además acoplada a una instalación superior en la que se producen residuos de materia orgánica y estos son tratados por hidrólisis, por ejemplo mediante digestión anaeróbica (en una planta depuradora), de tal forma que el reactor de pretratamiento de la instalación se encuentra conectado a su entrada a un elemento de conducción de la corriente de materia orgánica residual que se produce en otro dispositivo de la instalación superior (por ejemplo, un decantador primario), y a su salida al dispositivo donde comúnmente es tratada dicha corriente de materia orgánica residual por hidrólisis (en el caso particular comentado, un tanque de digestión de fangos mixtos –primarios y secundarios-). En este caso, se trata por ejemplo de una planta de tratamiento de residuos acuosos, como son las depuradoras de aguas residuales urbanas, donde la entrada del reactor de pretratamiento está conectada a medios de conducción de fangos primarios generados en un primer decantador, antes de que dichos medios de conducción recojan a su vez los fangos secundarios procedentes de un segundo decantador y se conecten en su segundo extremo con un tanque de digestión anaerobia de fangos mixtos; y la salida del reactor de hidrólisis está conectada a unos medios de conducción de fangos primarios enriquecidos en organismos hidrolíticos al interior del tanque de digestión anaerobia de fangos mixtos.

Así, la invención cubre por tanto en un caso preferido una planta de tratamiento primario y secundario de agua, con línea de fangos, que comprende:

- una unidad de tratamiento primario **(8)** y un decantador primario **(9)**, conectados a
- un tanque de proceso biológico **(10)** y un decantador secundario **(11)**;
- medios de bombeo de fangos primarios **(12)** originados en el decantador

primario **(9)** y medios de bombeo de fangos secundarios **(13)** originados en el decantador secundario **(11)**;

- medios de conducción y canalización **(14)** de los fangos primarios y secundarios desde el decantador primario **(9)** y secundario **(11)**, respectivamente, hasta
- un digestor biológico anaerobio **(6)** para el tratamiento y estabilización de los fangos;

que comprende a su vez acoplada la instalación de pretratamiento según se ha descrito anteriormente, de tal forma que los medios de conducción **(14)** de fangos comprenden una válvula **(7)** para separar una fracción de los fangos primarios originados en el decantador primario **(9)** y dirigir dicha fracción al interior del reactor **(1)** de pretratamiento biológico mediante medios de bombeo **(19)**; de forma preferida, la instalación comprende un reactor intermedio **(15)** de almacenamiento de la fracción de fangos primario tras la válvula **(7)** y antes de los medios de bombeo **(19)**; y desde la salida **(5)** del reactor **(1)** de pretratamiento biológico se dirige el fango enriquecido hasta el digestor anaerobio **(6)** donde se juntan los fangos primarios y secundarios dando lugar a los fangos mixtos.

Anteriormente se ha especificado que el pretratamiento puede aplicarse a un proceso de hidrólisis de materia orgánica o, de forma más amplia, a un proceso industrial del que la hidrólisis, como fase o como etapa, forma parte; un caso preferido que cubre la invención es un proceso de tratamiento anaerobio de biomasa, en el que la hidrólisis constituye la primera fase de dicho tratamiento. Un caso muy común y preferido por las propiedades de los residuos que se generan y por el volumen que representa de residuos urbanos es el proceso de tratamiento de fangos mediante digestión anaerobia en una planta de tratamiento secundario de aguas residuales o depuradora. No obstante, el proceso al que se aplica el pretratamiento biológico no sólo se limita al tratamiento de fangos de aguas residuales mediante digestión anaerobia, sino que puede aplicarse también a otros procesos de tratamiento anaerobio de biomasa de los que la reacción de hidrólisis forma parte, que pueden ser también: sistemas anaerobios de membrana, celdas electroquímicas anaerobias o reactores anaerobios de flujo ascendente (denominados abreviadamente UASB, del inglés *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), entre los más comunes.

Aparte del tratamiento de fangos de aguas residuales, el método de pretratamiento y la

instalación diseñada para tal fin son aplicables a otras industrias, como las señaladas anteriormente como ejemplo no limitante de aplicación: industria papelera (generación de residuos celulósicos con posterior tratamiento), industria alimenticia (conservas, mataderos, destilerías, etc.) con tratamiento de los fangos y demás residuos de producción, industria productora de biocombustible en la que se trate in situ los residuos de los materiales que se empleen para generar el biocombustible, vertederos en los que se lleve a cabo tratamiento de todos o parte de los residuos sólidos o tratamiento in situ de suelos contaminados mediante bioremediación.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

FIGURA 1. Diagrama de flujos del método de pretratamiento biológico de materia orgánica objeto de la presente invención, aplicado al tratamiento de una corriente de fangos primarios procedentes de la decantación primaria en plantas de tratamiento de aguas residuales, que incluyen una etapa de tratamiento secundario de dichos fangos mediante digestión anaeróbica. La línea discontinua delimita en la figura la instalación para pretratamiento biológico de la corriente acuosa concentrada de materia orgánica, que son los fangos primarios.

- (1) Reactor de pretratamiento biológico
- (2) Medios de calefacción del reactor (1)
- (3) Medios de agitación del reactor (1)
- (4) Medios de bombeo, como una bomba dosificadora, a la salida (5) del reactor (1)
- (5) Salida del reactor (1) de pretratamiento biológico que dirige los fangos primarios enriquecidos en organismos hidrolíticos al tanque (6) de digestión anaerobia de fangos
- (6) Tanque o reactor de digestión anaerobia de fangos mixtos
- (7) Válvula de entrada de fangos primarios al reactor (1) (o a un reactor intermedio (15) de pretratamiento en caso de presencia del mismo)
- (8) Unidad de tratamiento primario de la planta depuradora
- (9) Decantador primario
- (10) Tanque de proceso biológico
- (11) Decantador secundario
- (12) Medios de bombeo de fangos primarios desde la salida del decantador primario (9) hasta el tanque de digestión (6)

- (13) Medios de bombeo de fangos secundarios desde la salida del decantador secundario (11) hasta el tanque de digestión (6)
- (14) Medios de conducción de fangos primarios y secundarios hasta el tanque de digestión (6)
- 5 (15) Tanque intermedio de almacenamiento de la fracción de fangos primarios tras su desvío con la válvula (7) y antes de ser bombeados al reactor de hidrólisis (1) mediante la bomba dosificadora (4)
- (16) Corriente de agua residual de entrada sin tratar
- (17) Corriente de agua residual tratada
- 10 (18) Corriente de fangos mixtos tratados
- (19) Medios de bombeo, como una bomba dosificadora, de fangos primarios al reactor (1) desde el tanque intermedio (15) de almacenamiento de la fracción de fangos primarios tras su desvío con la válvula (7).

REALIZACIÓN PREFERIDA DE LA INVENCION

Un caso preferido de la presente invención lo constituye un método de pretratamiento biológico de materia orgánica y cultivo de organismos, concretamente bacteriano, de acuerdo a la descripción general en la que dichos componentes se encuentran en los fangos procedentes de la decantación primaria en una planta de tratamiento de aguas residuales, y de tal forma que dicho pretratamiento se integra en el propio proceso de tratamiento de aguas residuales, como una etapa más que es posterior al tratamiento primario pero que tiene por objeto mejorar la reacción de hidrólisis que se produce durante el proceso de digestión anaerobia de los fangos.

En la Figura 1 se muestra con más detalle el método de pretratamiento biológico objeto de patente, el proceso de depuración de aguas y la línea de tratamiento de fangos en el que se acopla y las instalaciones diseñadas para tal fin.

Las plantas convencionales de depuración mezclan los fangos generados en la fase primaria, a partir de una unidad de tratamiento primario (8) y un decantador primario (9), y los fangos generados en la fase secundaria de tratamiento del agua residual, a partir de un tanque de proceso biológico (10) y un decantador secundario (11), para formar fangos mixtos. Normalmente, estos fangos son dirigidos a una línea paralela de tratamiento del agua, donde tras juntarlos mediante bombeo (medios de bombeo de fangos primarios (12) y medios de bombeo de fangos secundarios (13) en medios de

conducción y canalización (14), estos fangos mixtos son cargados a un digestor biológico anaerobio (6) para su tratamiento y estabilización. Dado que los fangos secundarios están muy estabilizados, esto dificulta la proliferación de las bacterias hidrolíticas en el digestor anaerobio, reduciendo el rendimiento de la hidrólisis en la digestión anaerobia.

En la planta de tratamiento de aguas residuales en la que se aplica el método de pretratamiento biológico de acuerdo con la presente invención se desvía una fracción o alícuota de los fangos primarios, que es la corriente con materia orgánica a tratar mediante hidrólisis, dicha fracción correspondiente al 10% del total de los fangos mixtos (primarios y secundarios) a tratar en el digestor anaerobio (6) de la planta depuradora. En el ejemplo que nos ocupa, la composición del fango primario en cuanto a proteínas, aceites y grasa y nutrientes totales y disueltos ha sido mostrado en la Tabla 1. Esta fracción de fangos primarios se desvía mediante la válvula (7) cuando se están impulsando dichos fangos a través de los medios de bombeo (12) hasta la instalación de pretratamiento; dicha válvula (7) regula la entrada del fango primario al tanque dependiendo de las necesidades del proceso, y dirige la fracción de fangos al interior del reactor (1) mediante una bomba dosificadora (19). En un caso preferido, también pueden mantenerse un tiempo los fangos primarios desviados por la válvula (7) en un tanque intermedio de almacenamiento (15) antes de ser dirigidos al reactor (1) mediante la bomba dosificadora (19). Dicho tanque de almacenamiento (15) protege el reactor de pretratamiento (1) de posibles interrupciones en el suministro de fangos primarios.

Tabla 1. Composición de fangos primarios (corriente acuosa que contiene materia orgánica biodegradable) en la realización preferida de la invención

Parámetro	Concentración
Proteínas	272.5 mg/L
Aceites y Grasas	0.51 %
Potasio Total	120.6 mg/kg
Potasio Disuelto	73.5 mg/L
Fósforo Total	257 mg/kg
Fósforo Disuelto	77.95 mg/L

Los fangos primarios en el interior del reactor (1) se mantienen homogeneizados mediante medios de agitación (3) lenta, y se someten a temperaturas de 35°C (siendo

esta temperatura un ejemplo no limitante) mediante los medios de calefacción **(2)**. El tiempo de retención hidráulico se controla mediante la bomba dosificadora **(19)** ubicada a la entrada del reactor **(1)** (o situada entre el tanque intermedio **(15)** y el tanque de pretratamiento **(1)** en la realización preferida).

5

El volumen de la fracción de fangos desviado (10% del volumen de fangos mixtos totales producidos en la planta depuradora) y el tiempo de retención hidráulico en el interior del reactor **(1)** de pretratamiento permiten calcular el volumen de dicho reactor **(1)** sin precisar datos adicionales; así, en el caso de operar un digestor anaerobio **(6)** de los fangos mixtos con un tiempo de retención de 20 días, el volumen de dicho digestor sería de 20 veces el caudal total de fangos mixtos a tratar, mientras que el volumen del reactor **(1)** de pretratamiento sería 0,1 veces el caudal total de fangos mixtos a tratar. Esto da una idea de lo compacto de la instalación de pretratamiento en comparación al volumen del digestor **(6)**. Esto implica un bajo coste capital y de operación del sistema objeto de protección en esta patente. Dado el carácter corrosivo de los fangos y la temperatura de cultivo de las bacterias hidrolíticas en el pretratamiento, controlada por los medios **(2)** de calefacción (35°C), este reactor de pretratamiento **(1)** se construye en acero inoxidable AISI316. Para minimizar las pérdidas de calor y aumentar la eficiencia de los medios **(2)** de calefacción, el reactor **(1)** se completa con una capa externa de calorifugado con lana de roca y chapa de aluminio. Por su parte, los medios **(3)** de agitación (lenta), de nuevo a bajas revoluciones (por velocidad de agitación lenta puede entenderse aquella comprendida entre 200-1000 revoluciones por minuto), facilita la mezcla de los sólidos en el tanque o reactor **(1)** para que haya un contacto adecuado entre las bacterias hidrolíticas y los sustratos (materia orgánica) de los fangos y que se produzca una transferencia de calor adecuada a todos los puntos del mismo, sin por ello alterar la posible estructura floculenta del influente. Los medios **(2)** de calefacción tiene que asegurar que el contenido del reactor adquiera una temperatura de aproximadamente 35°C (rango mesófilo, incluido como ejemplo no limitante en esta realización) independientemente de la temperatura del influente de fangos primarios.

30

Un controlador lógico (no mostrado en la figura) incorporado a la instalación permite operar automáticamente los distintos equipos implicados en el proceso de tratamiento de aguas, atendiendo a medidas de diferentes parámetros tomadas por sondas (no mostradas en la figura) repartidas a lo largo proceso (principalmente, una sonda de pH en el reactor **(1)** de pretratamiento, aunque también puede incluir sondas de

35

temperatura o de caudal), verificando las condiciones de operación adecuadas. El adecuado funcionamiento del proceso de hidrólisis en el reactor **(1)** de pretratamiento se evidencia por la existencia de un pH entre 4 y 6 (normalmente de 5, pero que puede oscilar entre los valores del intervalo citado). Este autómata permite también almacenar los datos de las distintas sondas repartidas por el sistema, con el fin de estudiar el funcionamiento óptimo del mismo.

Una de las innovaciones principales presentada por el método objeto de invención es la selección y crecimiento de organismos generadores de enzimas hidrolíticas, concretamente bacterias en este ejemplo, empleando corrientes concentradas (entre 0,1 y 100 g/L del volumen total de corriente) de materia orgánica procedentes del propio proceso. De esta forma, no se tiene que emplear caldos de cultivo costosos o realizar el enriquecimiento externo de dichas bacterias (seleccionadas y/o enriquecidas en otros procesos). Concretamente, se demuestra que desviando parte del fango primario (rico en materia orgánica) a un método de pretratamiento incluido en la línea de fangos y separado de la línea de aguas convencional de la planta de depuración, se puede realizar el enriquecimiento de bacterias hidrolíticas. Este enriquecimiento va favorecido por la imposición de parámetros operacionales que impulsan la aparición de este tipo de grupos de bacterias productoras de enzimas hidrolíticas, tal como rangos de temperatura termófilos y mesófilos y bajos tiempos de retención de sólidos en el reactor biológico de pretratamiento. Así, gracias a los bajos valores de tiempo de retención de sólidos empleados (entre 24 y 48 horas), el tamaño del dispositivo para llevar a cabo el pretratamiento es muy reducido y –por tanto- el consumo energético del sistema es mínimo. El método se lleva a cabo con un reactor de pretratamiento compacto, de bajo coste energético y bajo nivel de exigencias a nivel operacional. La instalación diseñada para tal fin es, entonces, fácil de incluir tanto en plantas ya operativas como en plantas de nueva construcción.

La descripción detallada de la realización preferente del método de pretratamiento presentada en esta sección, aplicada a una planta depuradora de aguas residuales con digestión anaerobia, se puede aplicar asimismo a otros procesos de tratamiento de fangos con las adaptaciones pertinentes, como son los tratamientos anaerobios del tipo: sistemas anaerobios de membrana, celdas bioelectroquímicas anaerobias, UASB o similares.

REIVINDICACIONES

1. Un método de pretratamiento biológico de materia orgánica biodegradable previo a un proceso de hidrólisis anaerobio, que comprende:

- someter una corriente acuosa que contiene la materia orgánica en una concentración comprendida entre 0,1 y 100 g/L del volumen total de corriente a cultivo de organismos generadores de enzimas hidrolíticas, en agitación y sin aporte externo de nutrientes durante un tiempo de retención hidráulico comprendido entre 24 y 48 horas y en régimen mesofílico a una temperatura comprendida entre 25°C y 45°C o a régimen termofílico a una temperatura comprendida entre 45°C y 65°C, siendo la materia orgánica el propio sustrato a partir del cual se cultivan los organismos para su enriquecimiento en la corriente acuosa,

antes de someter la corriente acuosa enriquecida al proceso biológico de hidrólisis anaerobio.

2. El método de pretratamiento según la reivindicación 1, donde se desvía una fracción de la corriente acuosa que representa un volumen comprendido entre 10% y 20% del volumen total a hidrolizar, se somete al cultivo de organismos y se adiciona posteriormente al resto de la corriente acuosa antes de ser sometida al proceso biológico de hidrólisis anaerobio.

3. El método de pretratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, donde la corriente acuosa a pretratar se origina en el propio proceso industrial en el que dicha corriente se somete al proceso biológico de hidrólisis anaerobio, de tal forma que la corriente se somete al cultivo de organismos en una etapa intermedia entre la etapa donde se origina la corriente y el proceso biológico de hidrólisis donde se trata la misma.

4. El método de pretratamiento de la reivindicación anterior, donde el proceso industrial es un proceso de depuración de aguas residuales urbanas en una depuradora que comprende una línea de tratamiento de fangos, un tratamiento primario de decantación del agua residual, un tratamiento secundario del agua residual y un tratamiento de digestión anaerobia de los fangos del que el proceso biológico de hidrólisis forma parte, de tal forma que el método de pretratamiento comprende:

- desviar toda la corriente o una fracción de fangos primarios generados en el tratamiento primario del agua de entrada a la planta depuradora para cultivar y

enriquecer los organismos hidrolíticos; y

- someter la corriente o fracción de fangos primarios desviada a cultivo de los organismos hidrolíticos presentes en los fangos, en agitación y sin aporte externo de nutrientes;

5 antes de bombear la corriente o fracción de los fangos primarios enriquecidos en organismos hidrolíticos al proceso de digestión anaerobia de una mezcla formada por los fangos primarios y fangos secundarios generados en el tratamiento secundario del agua.

10 **5.** El método de pretratamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde los organismos generadores de enzimas hidrolíticas cultivados en la corriente son del tipo que segrega enzimas de la familia de las hidrolasas.

15 **6.** El método de pretratamiento según la reivindicación anterior, donde las enzimas de la familia de las hidrolasas son seleccionadas dentro del grupo compuesto por: amilasas, proteasas, celulasas y lipasas.

20 **7.** Una instalación para el pretratamiento biológico de materia orgánica biodegradable previo a un proceso de hidrólisis anaerobio según el método que se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, acoplable a una instalación industrial en la que se genera y trata dicha corriente de materia orgánica a pretratar, caracterizada por que comprende:

- un reactor **(1)** de pretratamiento biológico, que incluye:
 - o medios de calefacción **(2)** para seleccionar los organismos generadores de enzimas hidrolíticas a crecer y favorecer su cultivo;
 - o medios de agitación **(3)**, para asegurar que el contenido del reactor **(1)** esta adecuadamente mezclado durante la etapa de cultivo;
- medios de bombeo **(4)**, ubicados a la salida **(5)** del reactor **(1)** de pretratamiento, que dirigen la corriente enriquecida en la etapa de pretratamiento a un dispositivo **(6)** en el que se lleva a cabo el proceso de hidrólisis de la segunda etapa, y que fija el tiempo de retención hidráulica de la biomasa en el reactor **(1)**.

35 **8.** La instalación de la reivindicación anterior, que se encuentra acoplada a una planta de tratamiento primario y secundario de agua que incluye una línea de tratamiento de fangos y que comprende:

- una unidad de tratamiento primario **(8)** y un decantador primario **(9)**, conectados a
 - un tanque de proceso biológico **(10)** y un decantador secundario **(11)**;
 - medios de bombeo de fangos primarios **(12)** originados en el decantador primario **(9)** y medios de bombeo de fangos secundarios **(13)** originados en el decantador secundario **(11)**;
 - medios de conducción y canalización **(14)** de los fangos primarios y secundarios desde el decantador primario **(9)** y secundario **(11)**, respectivamente, hasta
 - un digestor biológico anaerobio **(6)** para el tratamiento y estabilización de los fangos;
- de tal forma que los medios de conducción **(14)** de fangos comprenden una válvula **(7)** para separar una fracción de los fangos primarios originados en el decantador primario **(9)** y dirigir dicha fracción al interior del reactor **(1)** de pretratamiento biológico mediante medios de bombeo **(19)**; y el reactor **(1)** de pretratamiento biológico comprende una salida **(5)** del fango primario enriquecido, que se conecta con el digestor anaerobio **(6)** mediante los medios de bombeo **(4)** donde se juntan los fangos primarios y secundarios dando lugar a los fangos mixtos a hidrolizar.
- 9.** La instalación según la reivindicación anterior, que comprende un controlador lógico y sondas de calor, caudal y/o pH para operar automáticamente las válvulas y medios de conducción de la planta y regular el desvío de la fracción de fangos primarios al reactor **(1)** y la salida de los fangos enriquecidos desde dicho reactor **(1)** al tanque de digestión de fangos **(6)**.
- 10.** La instalación según una cualquiera de las reivindicaciones 8 ó 9, que incluye un reactor intermedio **(15)** de almacenamiento de la fracción de los fangos primarios tras ser separados por la válvula **(7)** de la corriente y antes de dirigir dicha fracción al interior del reactor **(1)** de pretratamiento mediante los medios de bombeo **(19)**.

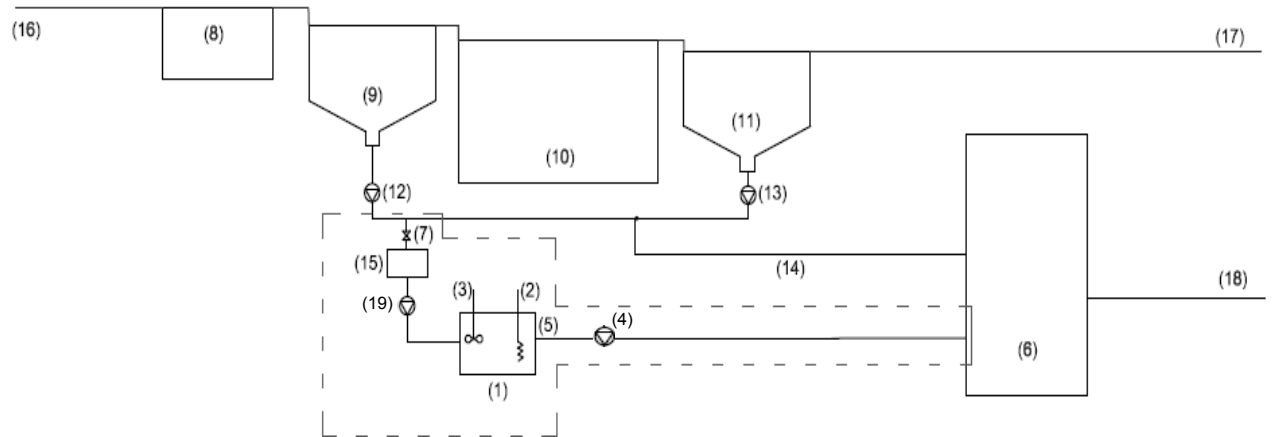


Fig. 1



- (21) N.º solicitud: 201530271
(22) Fecha de presentación de la solicitud: 03.03.2015
(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) Int. Cl.: **C02F3/28** (2006.01)
C02F101/30 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	MATA-ÁLVAREZ J. et al. Digestión anaerobia de fangos: posibles mejoras en su rendimiento. III Jornadas Técnicas de Gestión de Sistemas de Saneamiento de Aguas Residuales. Tratamiento y valorización de fangos. Volumen de ponencias. Editado por Generalitat de Catalunya, Departamento de Medio Ambiente y Vivienda, Agencia Catalana del Agua. 09.2008, Páginas 91-105, B-39458-2008 (todo el documento).	1-10
A	YU S. et al. Effect of endogenous hydrolytic enzymes pretreatment on the anaerobic digestion of sludge. Bioresource Technology. 26.07.2013, Vol. 146, páginas 758-761 (todo el documento).	1-10
A	ES 2176691 T3 (AGENCE SPATIALE EUROPEENNE) 01.12.2002, todo el documento.	1-10
A	AYOL, A. et al. Biological sludge disintegration: fate and effects of hydrolytic enzymes for enhanced dewaterability. The Proceedings of IWA Specialist Conference on "Moving Forward, Wastewater Biosolids Sustainability: Technical, Managerial, and Public Synergy, Junio 24-28, 2007, New Brunswick, Canada, pp. 527-534 (todo el documento).	1-10
A	WO 9628400 A1 (FINNEY JERRY W) 19.09.1996, todo el documento.	1-10

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
18.12.2015

Examinador
M. Cumbreño Galindo

Página
1/5

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

C02F

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

INVENES, EPODOC, WPI, BIOSIS, MEDLINE, NPL, EMBASE

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 18.12.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-10	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-10	NO

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

Base de la Opinión.-

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

1. Documentos considerados.-

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

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	MATA-ÁLVAREZ J. et al. Digestión anaerobia de fangos: posibles mejoras en su rendimiento. III Jornadas Técnicas de Gestión de Sistemas de Saneamiento de Aguas Residuales. Tratamiento y valorización de fangos. Volumen de ponencias. Editado por Generalitat de Catalunya, Departamento de Medio Ambiente y Vivienda, Agencia Catalana del Agua. Páginas 91-105, B-39458-2008.	09.2008
D02	YU S. et al. Bioresource Technology. Vol. 146, páginas 758-761.	26.07.2013
D03	ES 2176691 T3	01.12.2002
D04	AYOL, A. et al. The Proceedings of IWA Specialist Conference on "Moving Forward, Wastewater Biosolids Sustainability: Technical, Managerial, and Public Synergy, New Brunswick, Canada, pp. 527-534.	Junio 24-28, 2007
D05	WO 9628400 A1	19.09.1996

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

La presente invención tiene por objeto un método de pretratamiento biológico de materia orgánica biodegradable previo a un proceso de hidrólisis anaerobio, que comprende: - someter una corriente acuosa que contiene la materia orgánica en una concentración comprendida entre 0,1 y 100 g/L del volumen total de corriente a cultivo de organismos generadores de enzimas hidrolíticas, en agitación y sin aporte externo de nutrientes durante un tiempo de retención hidráulico comprendido entre 24 y 48 horas y en régimen mesofílico a una temperatura comprendida entre 25°C y 45°C o a régimen termofílico a una temperatura comprendida entre 45°C y 65°C, siendo la materia orgánica el propio sustrato a partir del cual se cultivan los organismos para su enriquecimiento en la corriente acuosa, antes de someter la corriente acuosa enriquecida al proceso biológico de hidrólisis anaerobio (reivindicaciones 1 a 10).

D01 expone que existen diferentes opciones para la mejora de los rendimientos de la digestión anaerobia, en especial los pretratamientos físicos, químicos, biológicos o sus combinaciones, como modo habitual de aumentar la hidrólisis o solubilización de los sustratos destinados a la digestión anaerobia.

D02 estudia el efecto del pretratamiento de lodos con amilasa endógena, proteasa endógena y la combinación de ambas enzimas sobre la eficiencia del proceso de digestión anaerobia de los mismos. El pretratamiento se lleva a cabo en condiciones mesofílicas, a 37° C durante 28 h. Concluye que el pretratamiento con hidrolasas endógenas favorece la solubilización de los lodos a una temperatura moderada, dando lugar a un incremento en la producción de biogás.

D03 divulga un procedimiento de tratamiento de desechos orgánicos que comprende: un primer reactor para la degradación de los desechos por medio de bacterias anaerobias mesófilas o termófilas presentes en los propios desechos, con medios de conducción de los mismos y medios de recuperación del efluente líquido resultante; un segundo reactor para la obtención de una biomasa comestible mediante la acción de bacterias heterótrofas o fotoheterótrofas; medios para transferir el efluente del primer al segundo reactor y medios de acondicionamiento de la biomasa.

D04 analiza el efecto de las enzimas hidrolíticas en la digestión anaerobia de lodos. Para ello, utiliza digestores anaerobios que funcionan en condiciones mesofílicas (37 °C) a los que se añaden enzimas hidrolíticas, en concreto alfa-amilasa y beta-glucanasa.

D05 divulga un proceso de digestión termofílica para la degradación de residuos urbanos aprovechando la actividad hidrolítica de las bacterias presentes en dichos residuos.

NOVEDAD

Los documentos citados anticipan métodos de pretratamiento de la materia orgánica biodegradable previos a un proceso de hidrólisis anaerobio, aunque no mencionan los mismos intervalos de concentración de la materia orgánica o de temperatura, ni la instalación se corresponde exactamente con la reivindicada, por lo que se considera que las reivindicaciones 1 a 10 son nuevas.

ACTIVIDAD INVENTIVA

D01 expone que existen diferentes opciones para la mejora de los rendimientos de la digestión anaerobia, en especial los pretratamientos físicos, químicos, biológicos o sus combinaciones, como modo habitual de aumentar la hidrólisis o solubilización de los sustratos destinados a la digestión anaerobia. Dicho pretratamiento se lleva a cabo como una etapa previa en la que se aplica al torrente de fangos un tratamiento físico, químico o biológico. En el caso de los pretratamientos físicos, se han realizado estudios que muestran el efecto de los pretratamientos térmicos sobre la digestión anaerobia de fangos primarios (FP) y fangos secundarios (FS) tanto en condiciones mesofílicas como termofílicas, constatándose una mejora de la digestión anaerobia posterior tanto en condiciones termofílicas como mesofílicas, pero especialmente en estas últimas.

Así pues, es conocido el empleo de una etapa de pretratamiento de la materia orgánica, tanto en condiciones mesofílicas como termofílicas, antes de someter la corriente acuosa enriquecida al proceso de hidrólisis anaerobio, siendo perfectamente conocido en el estado de la técnica las enzimas hidrolíticas que se originan en este tipo de tratamientos. Por consiguiente, las reivindicaciones 1 a 10 carecen de actividad inventiva.