

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 386**

51 Int. Cl.:

**C02F 3/20** (2006.01)

**C02F 3/16** (2006.01)

**C02F 3/12** (2006.01)

**C02F 3/26** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08756378 .9**

96 Fecha de presentación: **28.05.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2181073**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.05.2010**

54 Título: **Método para tratamiento de aguas residuales por medio de lodos activados con niveles de oxígeno disuelto altos**

30 Prioridad:  
**24.08.2007 US 966038 P**  
**09.05.2008 US 117791**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**12.11.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**12.11.2012**

73 Titular/es:  
**PRAXAIR TECHNOLOGY, INC. (100.0%)**  
**39 OLD RIDGEBURY ROAD**  
**DANBURY, CT 06810, US**

72 Inventor/es:  
**NOVAK, RICHARD, A.;**  
**FABIYI, MALCOLM y**  
**GUPTA, AMITABH**

74 Agente/Representante:  
**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 390 386 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

Método para tratamiento de aguas residuales por medio de lodos activados con niveles de oxígeno disuelto altos.

**Campo de la Invención**

5 La presente invención se refiere a un método para tratamiento de aguas residuales y más en particular, al funcionamiento eficaz de un sistema de tratamiento de aguas residuales por medio de lodos activados con altos niveles de oxígeno disuelto.

**Antecedentes**

10 La mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales usa un procedimiento por medio de lodos activados para retirar contaminantes del agua residual. Se han desarrollado durante años muchos esquemas de tratamiento de aguas residuales diferentes empleando los procedimientos por medio de lodos activados, con cada uno de los diferentes sistemas, demostrando diferentes características de operación y diferentes beneficios. La Fig. 1 es una tabla que representa las características de operación de la mayoría de los tipos de disposiciones de tratamiento de aguas residuales empleando procedimientos por medio de lodos activados. Cada uno de estos sistemas de tratamiento de aguas residuales se resume en los párrafos que siguen.

15 El procedimiento por medio de lodos activados es un método de tratamiento de aguas residuales biológico en que la materia orgánica carbonosa del agua residual es consumida por los microorganismos para procesos de sustento de la vida (por ejemplo, crecimiento, reproducción, digestión, movimiento, etc.). El procedimiento por medio de lodos activados tiene lugar preferiblemente en un entorno aeróbico en que se consume oxígeno durante la utilización y degradación de materiales orgánicos y se forman subproductos de dióxido de carbono y agua.

20 Un procedimiento por medio de lodos activados se caracteriza por la suspensión de microorganismos en el agua residual, una mezcla referida como el licor mixto. Los procedimientos por medio de lodos activados se diseñan basándose en los sólidos suspendidos dentro del licor mixto (SSLM) y la carga orgánica del agua residual, como se representa por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y/o la demanda química de oxígeno (DQO). Los SSLM representan la cantidad de microorganismos implicados en el tratamiento de los materiales orgánicos en la cuenca de aireación, mientras que la carga orgánica determina típicamente los requerimientos para el diseño del sistema de aireación.

25 El procedimiento por medio de lodos activados se usa preferiblemente como parte de un procedimiento o sistema de tratamiento de aguas residuales completo, que incluye un tratamiento primario del agua residual para la eliminación de sólidos en forma de partículas previamente al uso de lodo activado como un procedimiento de tratamiento adicional para eliminar sólidos orgánicos suspendidos y disueltos. Se usa típicamente un clarificador principal para tal separación volumétrica.

30 Después de un tratamiento primario del afluente para separar y retirar sólidos en forma de partículas, el afluente es enviado entonces a una cuenca o tanque de aireación donde se inicia el procedimiento por medio de lodo activado, como se describe con más detalle en la presente memoria. La disolución o el licor mixto que sale de la cuenca de aireación es recibido por un clarificador secundario o tanque de sedimentación, donde precipitan flóculos de microorganismos con sus materiales orgánicos adsorbidos. Esta separación de lodo produce agua clara o efluente que con frecuencia se trata adicionalmente para eliminar bacterias perjudiciales y se descarga con posterioridad. Para controlar el proceso biológico, una porción del lodo que sedimenta en el fondo del clarificador secundario se devuelve a la cuenca de lodo activado y una porción se dispone como parte de una corriente de lodo activado residual para tratamiento adicional, por ejemplo en un digestor aeróbico u otro procedimiento de manipulación de sólidos (espesamiento, deshidratación, etc.).

35 En un procedimiento por medio de lodos activados convencional el efluente principal y los microorganismos aclimatados (lodo activado o biomasa) se airean en una cuenca o en un tanque. Después de un periodo de aireación suficiente, los sólidos del lodo activado floculantes se separan del agua residual en un clarificador secundario. El agua residual clarificada fluye hacia delante para tratamiento adicional o descarga. Una porción del lodo de la corriente del fondo del clarificador se devuelve a la cuenca de aireación para mezcla con el afluente tratado primario a la cuenca y se desecha el lodo restante a la porción de manipulación del lodo de la planta de tratamiento. Típicamente, el sistema de lodo activado convencional funciona a niveles de SSLM de 1.500 a 3.000 mg/l con un nivel de oxígeno disuelto a aproximadamente 1 a 3 mg/l, un tiempo de retención de sólidos de sólo 5 a 15 días, un tiempo de retención hidráulica de aproximadamente 4 a 8 horas, una relación de Alimento a Microorganismo de aproximadamente 0,2 a 0,4, una Carga Volumétrica de aproximadamente 9,1 a 18,1 kg (20 a 40 libras) de DBO al día por 28,3 metros cúbicos (1.000 pies cúbicos) y una relación de reciclado de entre aproximadamente 0,25 y 0,75.

40 En el procedimiento por medio de lodo activado completamente mezclado, se introducen de manera uniforme agua residual del afluente y el lodo reciclado a través del tanque de aireación. Esto permite una demanda de oxígeno uniforme por todo el tanque de aireación y añade estabilidad operacional cuando se tratan cargas de choque. El tiempo de aireación oscila entre 3 y 6 horas. Las relaciones de recirculación en un sistema completamente mezclado oscilarán de 50 a 150 por ciento. El sistema de lodo activado de mezcla completa funciona a niveles de SSLM

ligeramente mayores que los sistemas convencionales, típicamente a 2.500 a 4.000 mg/l con un nivel de oxígeno disuelto similar a aproximadamente 1 a 3 mg/l y tiempo de retención de sólidos de 5 a 15 días. Debido a las capacidades del tratamiento aumentadas del procedimiento de lodo activado de mezcla completa, requiere un tiempo de aireación o un Tiempo de Retención Hidráulica de sólo 3 a 5 horas. La relación Alimento a Microorganismo típica es aproximadamente 0,2 a 0,6, una Carga Volumétrica de aproximadamente 50 a 120 de DBO al día por 28,3 metros cúbicos (1.000 pies cúbicos) y una Relación de Reciclado de entre aproximadamente 0,25 y 1,0.

Las plantas de lodos activados de aireación prolongada se diseñan para proporcionar un periodo de aireación de 24 horas para cargas orgánicas bajas de menos de 11,3 kg (25 libras) de demanda bioquímica de oxígeno por 28,3 metros cúbicos (1.000 pies cúbicos) de volumen del tanque de aireación. Esta solución requiere el uso de cuencas muy grandes, que aumenta el tiempo de aireación y los costes de energía de aireación asociados. Típicamente, el procedimiento por medio de lodos activados de aireación prolongada funciona a niveles de SSLM de 3.000 a 6.000 mg/l con un nivel de oxígeno disuelto bajo a aproximadamente 1 a 3 mg/l, un tiempo de retención de sólidos alto de 20 a 30 días. El procedimiento de aireación prolongado también se caracteriza por un tiempo de retención hidráulica muy largo de aproximadamente 18 a 36 horas, una relación de Alimento a Microorganismo baja de aproximadamente 0,05 a 0,15, una Carga Volumétrica baja de aproximadamente 4,5 a 11,3 kg (10 a 25 libras) de DBO al día por 28,3 metros cúbicos (1.000 pies cúbicos) y una Relación de Reciclado de entre aproximadamente 0,5 a 1,50.

El reactor en circuito cerrado, también conocido como canal de oxidación, es una forma del procedimiento de aireación prolongada. En un procedimiento de canal de oxidación, el agua residual es impulsada alrededor de una cuenca configurada como un hipódromo oval, de gran área, por aireador mecánico/dispositivos de mezcla situados en uno o más puntos a lo largo de la cuenca. Estos dispositivos son típicamente aireadores de escobilla, aireadores de superficie o aireadores de chorro. La velocidad en la cuenca se designa que esté entre 24,38 y 36,58 cm (0,8 y 1,2 pies) por segundo. Algo así como el procedimiento de aireación prolongada, el procedimiento del canal de oxidación funciona típicamente a niveles de SSLM de 3.000 a 6.000 mg/l con un nivel de oxígeno disuelto bajo a aproximadamente 1 a 3 mg/l, un tiempo de retención de sólidos alto de entre 10 y 30 días. El procedimiento del canal de oxidación también se caracteriza por un tiempo de retención hidráulica muy largo de aproximadamente 8 a 36 horas, una relación de Alimento a Microorganismo de aproximadamente 0,05 a 0,30, una Carga Volumétrica baja de aproximadamente 2,27 a 13,6 kg (5 a 30 libras) de DBO al día por 28,3 metros cúbicos (1.000 pies cúbicos) y una Relación de Reciclado de aproximadamente 0,75 a 1,50.

Un procedimiento por medio de lodos activados de aireación de alta velocidad funciona típicamente a mayores niveles de SSLM de 4.000 a 10.000 mg/l pero con un nivel de oxígeno disuelto bajo de aproximadamente 1 a 3 mg/l, un tiempo de retención de sólidos más convencional de 5 a 10 días. El procedimiento de aireación de alta velocidad también se caracteriza por un tiempo de retención hidráulica de sólo 2 a 4 horas, una alta relación de Alimento a Microorganismo de aproximadamente 0,40 a 1,50, una Carga Volumétrica alta de aproximadamente 45,4 a 453,6 kg (100 a 1.000 libras) de DBO al día por 28,3 metros cúbicos (1.000 pies cúbicos) y una Relación de Reciclado alta de entre aproximadamente 1,0 y 5,0.

El procedimiento por medio de lodos activados de Cuenca Cubierta – Alta Pureza de Oxígeno (APO) se caracteriza como un sistema, tal como un sistema UNOX™ u OASES™, que emplea una cuenca cubierta e inyección directa de oxígeno de alta pureza en el licor mixto dentro de la cuenca cubierta para conseguir proporciones de oxígeno disuelto mayores de entre aproximadamente 2 y 20 mg/l. Los sistemas de cuenca cubierta funcionan típicamente a niveles de SSLM moderados de 2.000 a 5.000 mg/l y un tiempo de retención de sólidos muy corto de 3 a 10 días. El procedimiento de Cuenca Cubierta-APO se caracteriza también por un tiempo de retención hidráulica de sólo 1 a 3 horas, una relación de Alimento a Microorganismo de aproximadamente 0,25 a 1,00, una Carga Volumétrica alta de aproximadamente 45,4 a 90,7 kg (100 a 200 libras) de DBO al día por 28,3 metros cúbicos (1.000 pies cúbicos) y una Relación de Reciclado de entre aproximadamente 0,25 y 0,50.

La patente de EE.UU. 6426004, la patente de EE.UU. 4269714 o Re. 29782 son ejemplos de sistemas de tratamiento de lodos activados conocidos.

Muchos de los procedimientos por medio de lodos activados, descritos anteriormente, producen grandes cantidades de lodo residual que requieren tratamiento adicional y eliminación. El tratamiento y la eliminación del lodo en exceso de las plantas de tratamiento de aguas residuales justifica típicamente entre aproximadamente 25-65% del coste total de funcionamiento de la planta. La importancia económica de este problema está aumentando debido a regulaciones más rigurosas y costes de eliminación crecientes.

Los métodos existentes para tratar la eliminación de lodo incluyen transportar el lodo a vertederos controlados, utilización de lodo para aplicación a la tierra o fines agrícolas e incineración del lodo. En muchas regiones, la eliminación del lodo en vertederos controlados se está eliminando por etapas y la aplicación a la tierra de lodo está llegando a estar más rigurosamente regulada para evitar riesgos medioambientales y de salud debido a los patógenos y los compuestos tóxicos en el lodo. Asimismo, la incineración de lodo es un procedimiento caro y presenta peligros de contaminación del aire potenciales. Debido a los problemas reguladores, medioambientales y de coste asociados a la manipulación y eliminación de sólidos, es beneficioso minimizar la cantidad de lodo en

exceso producida en un procedimiento de tratamiento de aguas residuales.

Otro coste principal en las operaciones de tratamiento de aguas residuales descritas es la energía eléctrica. Los sistemas de aireación actuales usados en las plantas de tratamiento de aguas residuales representan típicamente más del 50% del consumo de energía de la planta completa. Los costes de energía están aumentando sustancialmente debido a las proporciones de electricidad que se elevan rápidamente y muchos servicios públicos de energía eléctrica han fijado como diana las plantas de tratamiento de aguas residuales para posibles reducciones de la demanda de energía eléctrica.

Por lo tanto, hay una necesidad significativa de reducir los costes de funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales a través de los costes de manipulación y eliminación de sólidos reducidos junto con ahorros de costes de energía.

### **Sumario de la Invención**

La presente invención es un método para tratar agua residual como se define en la reivindicación 1.

### **Breve Descripción de los Dibujos**

Los aspectos, características y ventajas anteriores y otros de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción más detallada de la misma, presentada junto con los siguientes dibujos, en los que:

La Fig. 1 es una tabla que representa los típicos parámetros de funcionamiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales por medio de lodos activados de la técnica anterior;

La Fig. 2 es una representación esquemática de un sistema de tratamiento de aguas residuales activado que incorpora una realización del presente procedimiento;

La Fig. 3 es un cuadro que representa de manera comparativa características de funcionamiento seleccionadas de sistemas de tratamiento de aguas residuales de la técnica anterior frente al procedimiento de tratamiento de aguas residuales según las realizaciones descritas en el momento presente;

La Fig. 4 es otro cuadro que representa de manera comparativa características de funcionamiento seleccionadas de sistemas de tratamiento de aguas residuales de la técnica anterior frente al procedimiento de tratamiento de aguas residuales según las realizaciones descritas en el momento presente;

La Fig. 5 es un cuadro que representa el tiempo de retención de sólidos frente a los tiempos de retención hidráulica para sistemas de tratamiento de aguas residuales de la técnica anterior en comparación con el método de tratamiento de aguas residuales presente;

La Fig. 6 es otro cuadro más que representa el tiempo de retención de sólidos frente a la producción de lodo en exceso para sistemas de tratamiento de aguas residuales de lodos activados convencionales en comparación con el método de tratamiento de aguas residuales de lodos activados presente y

La Fig. 7 es una ilustración de la realización preferida del sistema de aireación de alta pureza adecuado para uso con la presente invención.

### **Descripción Detallada**

Volviendo ahora a la Fig. 2, se muestra un diagrama de bloque esquemático de una planta de tratamiento de aguas residuales, que incorpora la presente realización del procedimiento por medio de lodo activado. En la etapa de tratamiento primario, el agua residual (11) del afluente es sometida a procedimientos de separación sólido/líquido, tales como sedimentación por gravedad en un clarificador (12) primario, para retirar sólidos separados fácilmente como lodo (23) primario. Los sólidos primarios se pueden combinar con lodo (22) activado de desecho para más tratamiento o se pueden tratar y eliminar por separado. El efluente (13) primario que sale de la fase de tratamiento primario, sustancialmente sin sólidos en forma de partículas y sedimentados fácilmente, fluye a la etapa de tratamiento secundario.

La etapa de tratamiento secundario comprende el procedimiento por medio de lodo activado y separación secundaria. El procedimiento por medio de lodo activado tiene lugar en una cuenca (14) de aireación abierta o no cubierta donde la actividad biológica consume los contaminantes en el licor (15) mixto. En general, una cuenca abierta significa cuencas de aireación que están sustancialmente abiertas a intercambio gaseoso con la atmósfera ambiente con o sin un edificio cerrado. Para proporcionar el oxígeno necesario para la respiración y el metabolismo de los biosólidos, se añade una fuente de gas (16) oxígeno a la cuenca de aireación, por medios adecuados tales como un sistema (17) de aireación con alta pureza de oxígeno. Se puede usar cualquier tipo de equipo de contacto con alta pureza de oxígeno y sistemas de suministro aunque un contactor I-SO, disponible en Praxair Inc, es adecuado en particular para el sistema y método presentes. Sin embargo, se pueden usar otros tipos de sistemas de alta pureza de oxígeno, incluyendo un sistema Mixflo o contactor MVO disponible en Praxair, Inc., sin apartarse de alcance del sistema y método presentes para tratamiento de aguas residuales. El presente procedimiento por medio

de lodo activado tiene lugar en una cuenca abierta o no cubierta, preferiblemente con un flujo transversal de oxígeno que fomenta la eliminación de dióxido de carbono, mantiene el nivel de pH deseado en la cuenca de aireación y maximiza la eficacia de transferencia de oxígeno.

5 La separación secundaria emplea un clarificador (18) secundario, en que se usa sedimentación por gravedad para separar los biosólidos o “lodo activado” (20) del efluente secundario o agua tratada (19). La mayoría de los sólidos (20) sedimentados recuperados en el clarificador secundario se devuelve a la cuenca de aireación por la línea (21) de Lodo Activado Devuelto para proporcionar la actividad biológica necesaria para el tratamiento adecuado. Una porción menor de los sólidos separados, que comprende el crecimiento del lodo en exceso en la cuenca, se retira por una línea (22) de Lodo Activado de Desecho (LAD) y se envía a operaciones adicionales de manipulación y  
10 eliminación. El agua clarificada o efluente (19) del clarificador (18) secundario se envía preferiblemente en una o más etapas (24) de tratamiento terciario, que pueden incluir filtración, desinfección o post-aireación o combinación de las mismas, antes de eliminación como efluente (25) tratado final.

15 Se puede usar una variedad de operaciones de manipulación y eliminación de sólidos de desecho para tratar los sólidos separados en la línea (22) de Lodo Activado de Desecho. Las operaciones de post-separación típicas incluyen sedimentación por gravedad o espesamiento (26) para aumentar el contenido en sólidos de la corriente y reducir el volumen total que se tiene que tratar además. El lodo (26) espesado junto con los sólidos en forma de partículas separados durante el tratamiento primario se pueden tratar después en reactores biológicos anaerobios o, más preferiblemente aerobios asistidos por oxígeno para digestión (27) para reducir el contenido en sólidos del lodo de desecho por conversión de sólidos en gas metano o dióxido de carbono. Los sólidos (28) de desecho restantes  
20 experimentan típicamente etapas de deshidratación (29) adicionales tales como centrifugación o filtración para reducir el volumen, formando una corriente (30) de sólidos de desecho final para eliminación final. La eliminación final puede ser una variedad de operaciones, tales como vertedero controlado, aplicación a la tierra para granjas como fertilizante o incineración.

25 La presente realización del método de tratamiento de aguas residuales se caracteriza por niveles de oxígeno disuelto altos en la cuenca de aireación, que produce una floculación de biomasa bien aireada con características de sedimentación superiores y un volumen reducido de lodo en exceso. Preferiblemente, los niveles de oxígeno disueltos en la cuenca de aireación o cuenca de lodo activado están en el intervalo oxigenado, que se encuentra típicamente en cuerpos de agua natural sanos.

30 Además, la presente realización del método de tratamiento de aguas residuales también se caracteriza por un tiempo de retención de lodo medio en exceso de 12 días y más preferiblemente en el intervalo de entre 12 días y 40 días e incluso más preferiblemente en el intervalo de entre aproximadamente 12 días y 30 días. Los tiempos de retención de lodo prolongados junto con los niveles mayores de oxígeno disuelto reducen la producción de lodo en exceso. Para fines de comparación con los sistemas de la técnica anterior resumidos en la Fig. 1, las otras características sobresalientes del presente sistema y método incluyen relación de Alimento a Microorganismo de  
35 0,05 a 0,3 de DBO/MLVSS (por sus siglas en inglés), Nivel de Oxígeno Disuelto en la cuenca de lodo activado de entre por encima de 5 hasta 15 mg por litro; Carga Volumétrica de aproximadamente 9,1 a 54,4 kg (20 a 120 libras) de DBO al día por 28,3 metros cúbicos (1.000 pies cúbicos), nivel de SSLM en la cuenca de lodo activado de entre aproximadamente 3.000 y 10.000 mg por litro; Tiempo de Retención Hidráulica de entre aproximadamente 2 y 12 horas y más preferiblemente entre 4 y 8 horas y una Relación de Reciclado de entre aproximadamente 0,25 y 0,75.

40 La Fig. 3 representa de manera comparativa el nivel de oxígeno disuelto frente al nivel de SSLM de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la técnica anterior frente al procedimiento de tratamiento de aguas residuales descrito en el momento presente. Los intervalos de oxígeno disuelto y SSLM se muestran para el procedimiento 51 por medio de lodo activado convencional, el procedimiento 53 por medio de lodo activado mixto completo, los procedimientos 55 por medio de lodo activado de aireación prolongada y de canal de oxidación, en los mismos, el  
45 procedimiento 57 de lodo activado de aireación de alta velocidad, el procedimiento 59 de lodo activado de alta pureza de oxígeno de cuenca cubierta y el procedimiento 60 de lodo activado de alto contenido en oxígeno disuelto y alto contenido en sólidos, presente. Asimismo, la Fig. 4 representa el nivel de oxígeno disuelto frente al tiempo de retención de sólidos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la misma técnica anterior frente al procedimiento 60 de lodo activado de alto contenido en oxígeno disuelto y alto contenido en sólidos, presente.

#### 50 Niveles de Oxígeno Disueltos

Los procedimientos por medio de lodo activado convencionales mantienen típicamente el nivel de oxígeno disuelto en la cuenca de aireación en el intervalo de 0,5 – 3,0 mg/l, con un nivel de oxígeno disuelto de aproximadamente 2,0 mg/l en condiciones promedio y un nivel de oxígeno disuelto de aproximadamente 0,5 mg/l con carga de valor máximo. Se entiende comúnmente que para mantener condiciones aerobias en la floculación de lodo activado es deseable una concentración de oxígeno disuelto entre 0,2 mg/l y 1,5 mg/l, típicamente 0,5 – 0,7 mg/l. Con las cargas orgánicas menores de plantas de lodo activado convencionales la velocidad de difusión de compuestos orgánicos en la floculación está limitada mientras el nivel de oxígeno disuelto se mantiene por encima de un valor crítico, normalmente estimado como aproximadamente 0,5 mg/l. En sistemas de tratamiento de aguas residuales donde se desea nitrificación, las concentraciones de oxígeno disuelto en la cuenca de lodo activado de aproximadamente 0,5  
60 mg/l a 2,5 mg/l se usan típicamente con niveles de oxígeno disuelto máximos que oscilan tan altos como 4,0 mg/l

para permitir un tampón para cargas de choque orgánicas.

Con la excepción de operaciones de tratamiento de aguas residuales de tipo de alta pureza en oxígeno de cuenca cubierta seleccionadas, los sistemas de tratamiento de aguas residuales basados en el procedimiento de lodo activado de la técnica anterior enfatizan el uso de bajos niveles de oxígeno disuelto y desaconsejan el funcionamiento de la planta de aguas residuales a niveles elevados de oxígeno disuelto. Tales niveles elevados de oxígeno disuelto se consideran desventajosos ya que se cree que tales niveles elevados de oxígeno disuelto aumentan los costes de energía y capital y contribuyen de otro modo a problemas de realización. Véanse, por ejemplo, los tratados de la técnica anterior "Design of Municipal Wastewater Treatment Plants", Federación Nacional de Trabajadores de Obras Sanitarias MOP 8 (1.998); "Evaluation of Feasibility of Methods to Minimize Biomass Production from Biotreatment," H. David Stensel y Stuart E. Strand, (2.004) y "Aeration: Principles and Practice," James A. Mueller, William C. Boyle y H. Johannes Pöpel, (2.002).

En sistemas de tratamiento de aguas residuales de alta pureza en oxígeno de cuenca cubierta, la mezcla de oxígeno dentro de la cuenca cubierta y la eficacia de transferencia de oxígeno en la misma son muy diferentes de las del sistema y método presente. Por otra parte, la cámara de aire por encima de la superficie del licor mixto en un sistema de cuenca cubierta típicamente presenta una concentración de dióxido de carbono entre 2% - 11% que es mucho mayor que la concentración de dióxido de carbono en una atmósfera estándar por encima de un sistema de cuenca abierta. Este exceso de dióxido de carbono dentro del sistema de cuenca cubierta conduce a una acumulación de ácido carbónico en el licor mixto, disminuyendo el pH del licor mixto e inhibiendo ciertos tipos de actividad microbiana en la cuenca.

La presente realización del método de tratamiento de aguas residuales basado en el procedimiento de lodo activado mantiene el nivel de oxígeno disuelto en la cuenca de lodo activado o cuenca de aireación de por encima de 5 y hasta 15 mg de oxígeno por litro de licor mixto.

Los cuerpos de agua con niveles reducidos de oxígeno disuelto, en el intervalo de aproximadamente 2,0 a 5,0 mg/l se caracterizan como que experimentan hipoxia que significa "poco oxigenado". Los cuerpos de agua con niveles de oxígeno disuelto en el intervalo de aproximadamente 0,2 a 2,0 mg/l, se caracterizan como seriamente hipóxicos y los cuerpos de agua con niveles de oxígeno disuelto por debajo de aproximadamente 0,2 mg/l se denominan anóxicos que significa "sin oxígeno". A la inversa, los cuerpos de agua con niveles de oxígeno disuelto por encima del valor de saturación del aire o en general en exceso de 9,0 mg/l a aproximadamente 20°C, se califican como hiperóxico o "sobreoxigenado". Para los fines de esta solicitud, el término cuóxico o "bien oxigenado" se referirá a aguas que contienen niveles de oxígeno disuelto cerca de la saturación frente al aire atmosférico. Para operaciones de tratamiento de aguas residuales, las condiciones euóxicas existen cuando la relación de  $(DO)/(DO_{sat})$  está entre aproximadamente 0,50 y aproximadamente 1,50 y en el caso de que la DO sea el 'Nivel de oxígeno disuelto medido en la cuenca de aireación a la temperatura T' y  $DO_{sat}$  sea el 'Nivel de oxígeno disuelto a saturación en aire atmosférico a la temperatura T'.

Teniendo en cuenta lo anterior, el éxito del procedimiento de lodo activado depende del funcionamiento de los organismos conocidos como heterótrofos aeróbicos, en particular los que crecen y prosperan cuando se suspenden libremente en el agua residual. Los heterótrofos aerobios toman moléculas orgánicas complejas tales como las responsables de la contaminación del agua residual y convierten estas moléculas en masa celular o en dióxido de carbono y agua. Estos organismos se adaptan para prosperar en las condiciones medioambientales encontradas en los entornos naturales acuáticos o condiciones euóxicas.

Los niveles de oxígeno disuelto que son inferiores que en las condiciones euóxicas causan probablemente tensión a tales organismos acuáticos. Claramente, los niveles de oxígeno disuelto empleados normalmente en la mayoría de las cuencas de lodo activado convencionales (es decir, 0,5 mg/l a 2,0 mg/l) son seriamente hipóxicas y muy probablemente causan tensión y realización sub-óptima de los organismos acuáticos deseados. Los organismos acuáticos naturales responsables de la realización del procedimiento de lodo activado funcionarán probablemente de una manera óptima cuando el nivel de oxígeno disuelto se mantenga en el intervalo euóxico. Mantener la cuenca de lodo activado o cuenca de aireación en el intervalo euóxico tanto optimiza la realización del sistema para eliminación de contaminantes como en términos de las propiedades de sedimentación de lodos. Este intervalo preferido de nivel de oxígeno disuelto en la cuenca de aireación está entre por encima de 5,0 mg/l y hasta 15,0 mg/l para optimizar la realización de los organismos acuáticos.

El lodo activado de cuencas de aireación con un nivel de oxígeno disuelto por encima de 5,0 mg/l tiende a demostrar o presentar características de sedimentación aumentadas. Las características de sedimentación aumentadas del lodo activado, es decir el aumento de tres a cinco veces la velocidad de sedimentación, permite que funcione el procedimiento de tratamiento de aguas residuales presente en o cerca de la capacidad de carga máxima de los clarificadores secundarios. Los niveles de oxígeno disuelto por encima de 5,0 mg/l también permiten libremente que el oxígeno penetre totalmente en el flóculo, haciendo disponible el oxígeno para la respiración endógena de los microorganismos incluso en el centro del flóculo. Esto tiene el efecto de aumentar el coeficiente de descomposición endógena aparente, que permite reducciones adicionales en la producción de lodo en exceso.

Además de mejorar la sedimentación de lodo y reducir el rendimiento de lodo, hacer funcionar la cuenca de

aireación en condiciones euóxicas proporciona beneficios adicionales incluyendo: optimización del crecimiento y la actividad de nitrificantes, mejorando así la conversión de amoníaco en nitrato y aumentando el crecimiento y la actividad de formas de vida superiores de microorganismos, tales como protozoos, que actúan como predadores y consumen lodo en exceso adicional.

- 5 Al contrario de la creencia convencional, niveles mayores de oxígeno disuelto en la cuenca de aireación no se traducen en aumentos significativos de costes de energía. Más bien, mantener la cuenca de aireación en condiciones euóxicas es muy práctico y se consigue fácilmente en cuencas abiertas con aireación de alta pureza de oxígeno. Las velocidades de transferencia de masa superiores de oxígeno en el líquido cuando se usa oxígeno puro significa que se requiere muy poca energía de aireación adicional para aumentar el nivel de oxígeno disuelto desde 1,0 mg/l convencional a 2,0 mg/l usando aire a los niveles euóxicos presentes (es decir, por encima de 5,0 mg/l hasta 15,0 mg/l) usando oxígeno de alta pureza. Por ejemplo, para aumentar el nivel de oxígeno disuelto desde 2,0 mg/l a 5,0 mg/l usando con aire y difusores de burbuja fina se requiere un aumento de aproximadamente 83% en energía de aireación. El mismo aumento del nivel de oxígeno disuelto de 2,0 mg/l (usando aire) a los 5,0 mg/l mínimos (usando oxígeno de alta pureza) sólo requiere aproximadamente 8% más de energía de aireación. Como se indicó anteriormente, se prefiere un sistema de aireación de alta pureza de oxígeno ya que los niveles de oxígeno disuelto que se aproximan a las condiciones hiperóxicas o euóxicas altas (es decir,  $DO/DO_{SAT} > 1,0$ ) no se pueden conseguir con sistemas de aireación basados en aire convencionales, pero se consiguen fácilmente con sistemas de aireación de alta pureza de oxígeno.

#### Tiempo de Retención de Sólidos (TRS) y Sólidos Suspendidos en Licor Mixto (SSLM)

- 20 El Tiempo de Retención de Sólidos (TRS) es equivalente al tiempo medio de residencia celular en días de organismos biológicos en el sistema de lodo activado y se refiere comúnmente como edad del lodo. El TRS es uno de los parámetros iniciales especificados para un diseño de procedimiento de aguas residuales y con frecuencia se elige para proporcionar un tratamiento adecuado del agua residual o la eliminación de los contaminantes en el agua residual. El nivel de TRS deseado para una operación de tratamiento de aguas residuales se fija típicamente al nivel mínimo necesario para asegurar la eliminación deseada de DBO, DQO y nitrógeno.

- Se sabe en la técnica que hacer funcionar una cuenca de lodo activado con gran edad del lodo o tiempo de retención de sólidos aumentado da como resultado una reducción en la producción de lodo residual. Los niveles de TRS se pueden aumentar por aumento del volumen de cuenca de aireación total o por aumento del nivel de sólidos suspendidos en licor mixto (SSLM) de la cuenca de lodo activado. Aumentar el volumen de la cuenca, sin embargo, aumenta el coste de capital y el área de tierra requerido para la cuenca de aireación y puede no ser una solución práctica para una planta o instalación fija de aguas residuales existente. Aumentar el nivel de SSLM normalmente reduce la eficacia de los sistemas de aireación convencionales, de manera que puede ser necesario equipo de aireación adicional y aumentan los costes de energía asociados.

- 35 Simplemente aumentar los niveles de SSLM también requiere normalmente aumentar la capacidad del clarificador secundario, que puede requerir costes de capital adicional y más área de tierra para los clarificadores secundarios adicionales o más grandes. El método descrito en el momento presente por otra parte, supera estas limitaciones de operación y consigue TRS prolongado sin aumentar el volumen de la cuenca, sin eficacia de aireación reducida y sin capacidad del clarificador adicional.

- 40 La mayoría de las plantas de aguas residuales que emplean procedimientos de lodo activado convencionales o de mezcla completa usa un TRS de aproximadamente 1 a 5 días para cuencas a temperaturas cálidas y hasta aproximadamente 15 días para cuencas de lodo activado a temperaturas frías para asegurar la nitrificación completa. El método presente, sin embargo, aumenta el TRS aumentando el nivel de SSLM. En la presente realización, el TRS es mayor que 12 días y preferiblemente entre 12 días y 40 días y más preferiblemente entre 12 días y 30 días. Este TRS aumentado estimula el crecimiento y el mantenimiento de una población más diversa de microorganismos acuáticos en la cuenca de lodo activado o cuenca de aireación, en particular organismos predadores que consumen bacterias heterótrofas, conduciendo a reducciones adicionales de lodo en exceso y clarificación mejorada de efluente por consumo de flóculo fino.

- El intervalo de SSLM empleado en cualquier aplicación particular se determina optimizando la carga de sólidos en el clarificador existente, considerando las características de sedimentación aumentadas conseguidas por niveles "euóxicos" elevados de oxígeno disuelto como se describió anteriormente. Los SSLM en el intervalo de 3.000 a 10.000 mg/l, más típicamente en el intervalo de 5.000 a 8.000 mg/l, optimizan la carga del clarificador existente en la mayoría de las aplicaciones en las condiciones de oxígeno disuelto mejoradas o altas.

#### Características de Realización de Sistema Adicional

- 55 Factores adicionales usados en el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales de lodo activado incluyen tamaño apropiado y capacidad de clarificadores secundarios en vista de las propiedades de sedimentación del lodo. Las propiedades de sedimentación del lodo se caracterizan con frecuencia por parámetros conocidos como índice de volumen del lodo (IVL) y la velocidad de sedimentación inicial (VSI) del lodo que se tiene que tratar. Valores inferiores de IVL y valores superiores de VSI dan como resultado menores áreas de clarificador requeridas, que se

traduce en menores costes de capital o aumentos en la capacidad para un clarificador existente. Se ha reconocido que las características de sedimentación del lodo se ven afectadas por el tiempo de retención de sólidos, los niveles de SSLM y los niveles de oxígeno disuelto dentro del procedimiento de lodo activado así como el tipo de reactor biológico usado en el procedimiento de lodo activado. (Véase, "Diseño del Clarificador", Water Environment Federation Manual of Practice N° FD-8, (2.006)).

Como resultado del alto tiempo de retención de sólidos, altos niveles de SSLM y altos niveles de oxígeno disuelto, el IVL y la VSI del sistema de tratamiento de aguas residuales descrito en el momento presente, mejoran sobre los de los sistemas de tratamiento de aguas residuales basados en el procedimiento de lodo activado de la técnica anterior. Tales mejoras se decir valores inferiores de IVL y valores mayores de VSI y concentración de lodo de reciclado dan como resultado características de sedimentación mejoradas. La Tabla 1 a continuación compara el intervalo probable de valores de IVL y VSI de lodo tratado en un procedimiento de lodo activado convencional frente a los valores de IVL y VSI de lodo tratado en el sistema y método de alto contenido en oxígeno disuelto y alto contenido en sólidos.

La realización preferida del procedimiento de lodo activado de DO Alta y Alto Contenido en Sólidos requiere una operación con un tiempo de retención de sólidos prolongado en un intervalo de 12 a 30 días, al tiempo que se mantiene una Carga Volumétrica de cuenca de lodo activado similar al usado en sistemas de lodo activado convencionales, es decir, un tiempo de residencia hidráulica en el intervalo de 4 a 8 horas. Como representa gráficamente la Fig. 5, los procedimientos de lodo activado de la técnica anterior tales como Mezcla Convencional/Completa, Cuenca Cubierta y Aireación Prolongada forman una línea (62) de funcionamiento común que caracteriza la relación entre tiempos de residencia hidráulica y tiempos de retención de sólidos. Por contraste, las realizaciones descritas en el momento presente del procedimiento de lodo activado de DO Alta y Alto Contenido en Sólidos, extiende la operación del sistema lejos de esta línea de operación típica y hacia valores mucho mayores de tiempos de retención de sólidos para valores equivalentes o comparables de tiempos de residencia hidráulica. Tal característica de operación distinta se consigue por aumento de los niveles de SSLM sin sobrecargar la capacidad del clarificador, por el mecanismo de sedimentación mejorada a altos niveles de oxígeno disuelto. Como se indicó anteriormente, el intervalo preferido de tiempos de residencia hidráulica está entre 2 y 12 horas y más preferiblemente entre 4 y 8 horas mientras que el intervalo preferido de tiempos de retención de sólidos está entre 12 y 40 días y preferiblemente entre 12 y 30 días.

La producción de lodo en exceso o  $Y_{obs}$ , se conoce en general que disminuye con el aumento del tiempo de retención de sólidos como se representa en la Fig. 6. Sin embargo, el tiempo de retención de sólidos prolongado requería tradicionalmente tiempos de residencia hidráulica altos y/o un volumen de cuenca grande. Usando las realizaciones descritas en el momento presente del procedimiento de lodo activado de DO Alta y Alto Contenido en Sólidos, se consigue una producción ( $Y_{obs}$ ) de lodo observada mejor de la esperada. Tales capacidades de reducción de lodo mejoradas son probablemente atribuibles al efecto sinérgico de mayores niveles de oxígeno disuelto y tiempos de retención de sólidos altos y menor relación Alimento a Microorganismo empleada por el sistema presente que el empleado por el procedimiento de lodo activado convencional. Cada una de estas características de operación del presente sistema y método contribuyen a una producción de lodo de desecho menor, total, que los procedimientos de lodo activado convencionales con un tiempo de residencia hidráulica similar.

Tabla 1. Características de Operación de Procedimientos de Tratamiento de Aguas Residuales de Lodo Activado

Característica de Operación	Procedimiento de Lodo Activado Convencional	Procedimiento de Lodo Activado de DO Alta y Alto Contenido en Sólidos
IVL	100-150	30-70
VSI (cm/h (pie/h))	~ 30,48-91,44 (1-3)	~ 60,96-243,84 (2-8)
AM (kg DBO/kg MLVSS)	0,2-0,6	< 0,1 -0,3
TRH (horas)	4 - 8	2-12
Concentración Reciclado (%)	0,5-1,5	1,5-3,0
$Y_{obs}$ , (g TSS/g DBO <sub>r</sub> )	0,5-1,0	0,3 – 0,7

Retroajuste de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de Lodo Activado

El procedimiento preferido para implantar el método de tratamiento de aguas residuales presente en las plantas de aguas residuales de lodo activado a base de aire existentes incluye las siguientes etapas:

Convertir el sistema de aireación a base de aire en la cuenca de lodo activado a partir de un sistema a base de aire, tal como difusores de aire comprimido/de burbuja fina o aireadores de superficie mecánicos, en un sistema de alta

pureza de oxígeno, tal como un sistema I-SO, MVO o Mixflo disponible en Praxair, Inc. Hacer funcionar la planta de tratamiento de aguas residuales con el sistema de alta pureza de oxígeno a los niveles de carga de sólidos y de oxígeno disuelto usados en el tratamiento de funcionamiento previo.

5 Aumentar gradualmente el nivel de oxígeno disuelto en la cuenca de lodo activado al intervalo bien oxigenado o euóxico, entre por encima de 5 mg/l hasta 15 mg/l o aproximadamente 0,50 – 1,50 veces el valor de saturación del aire. Este aumento en el nivel de oxígeno disuelto mejora las propiedades de sedimentación del lodo en el clarificador secundario, permitiendo mayor carga de sólidos en la superficie del clarificador existente.

10 Aumentar gradualmente el nivel de SSLM en la cuenca de lodo activado. Esto se realiza preferiblemente por reducción de la proporción de lodo activado de desecho (LAD) y dirigiendo más lodo de salida del clarificador secundario a la línea de lodo activado devuelto que se recicla a la cuenca de lodo activado aumentando de ese modo el nivel de SSLM en la cuenca de lodo activado. Aumentar el nivel de SSLM también aumenta el tiempo de retención de sólidos.

15 Continuar aumentando o manteniendo el nivel de oxígeno disuelto en la cuenca de lodo activado en las condiciones euóxicas con el nivel de SSLM superior. También, continuar aumentando el nivel de SSLM controlando la proporción de lodo activado de desecho y la proporción de lodo activado devuelto hasta que se alcanza la restricción de la manipulación de los sólidos del clarificador secundario adhiriéndose, por supuesto, a los márgenes de seguridad apropiados. La restricción de manipulación de sólidos del clarificador secundario se determina preferiblemente usando ensayos de sedimentación de lodo de salida y métodos de análisis del clarificador tales como el análisis del punto del estado usado comúnmente. Con las condiciones de oxígeno disuelto superiores, se encontrará que el clarificador secundario puede manipular una mayor concentración de SSLM de entrada para el mismo flujo volumétrico.

20 Como la microbiología del lodo se ajusta a las nuevas condiciones de operación, se consigue la vigilancia y el ajuste continuos del nivel de SSLM, las propiedades de sedimentación del lodo y las condiciones de funcionamiento del clarificador, hasta funcionamiento estable. El nuevo punto de operación preferido se caracterizará por niveles de oxígeno disuelto superiores en el intervalo de entre por encima de 5 mg/l hasta 15 mg/l, tiempo de retención de sólidos prolongado entre 12 días y 40 días, niveles de SSLM mayores hasta un nivel máximo de aproximadamente 10.000 mg/l en la cuenca de lodo activado y producción de lodo residual reducida.

25 Vigilar los niveles de SSLM así como el nivel de oxígeno disuelto en la cuenca de aireación son parámetros clave usados en el control automático del sistema de tratamiento de aguas residuales presente. Dicho control automático gobierna preferiblemente el suministro de oxígeno o sistema de aireación para ajustar la demanda de oxígeno y mantener el nivel de oxígeno disuelto en el intervalo deseado a coste óptimo. Además, vigilar el nivel de la atmósfera del lodo en el clarificador secundario y el nivel de sólidos suspendidos total en el efluente secundario. Dicha vigilancia y control gobierna preferiblemente el funcionamiento del clarificador secundario incluyendo el control de la proporción de lodo activado de desecho y la proporción de lodo activado devuelto para mantener los niveles de SSLM en la cuenca de lodo activado en el intervalo deseado.

#### Sistema de Aireación de Oxígeno de Alta Pureza

Volviendo ahora a la Fig. 7, se muestra un sistema de aireación de alta pureza de oxígeno usado en la presente realización del sistema 100 de tratamiento de aguas residuales. Como se ve en la misma, el sistema incluye un conjunto 102 de flotación que tiene un anillo 104 de ancla que se coloca en una cuenca de lodo activado o cuenca 40 106 de aireación de un sistema 100 de tratamiento de aguas residuales. En la presente solicitud, el líquido dentro de la cuenca 106 de aireación es un licor 120 mixto de alto contenido en sólidos, que tiene típicamente un contenido en sólidos suspendidos en el orden de 3.000 mg/l a 10.000 mg/l. La extensión en una orientación hacia abajo desde el conjunto 102 de flotación es un conducto 110 de aspiración. El conducto 110 de aspiración presenta preferiblemente aberturas 122 circunferenciales situadas por debajo de la superficie 124 superior del licor 120 mixto de alto 45 contenido en sólidos en la cuenca 106 de aireación. Las tilbes 126 están espaciadas de manera equilateral y dispuestas de manera simétrica alrededor de las aberturas 122 que están próximas a la entrada 128 al conducto 110 de aspiración. Las tilbes 126 adicionales pueden estar dispuestas próximas a la salida 129 del conducto 110 de aspiración. Un impulsor 130 helicoidal está dispuesto dentro del conducto 110 de aspiración y en general comprende una o más hojas 132 que están fijadas al eje 134 del impulsor para rotación con la hoja 134 del impulsor por el motor 50 136, que está dispuesto preferiblemente en la parte superior del conjunto 102 de flotación.

El motor se adapta para conducir el eje 134 del impulsor y a su vez mover el líquido y el gas dentro del conducto 110 de aspiración en una dirección hacia abajo de la flecha 138. El gas oxígeno se introduce preferiblemente por la entrada 140 de gas que descarga el gas oxígeno próximo a la entrada 128 del conducto 110 de aspiración. La recirculación del licor 120 mixto de alto contenido en sólidos tiene lugar como resultado de una agitación mecánica 55 dentro del conducto 110 de aspiración y la fuerza correspondiente hacia abajo del licor 120 mixto de alto contenido en sólidos en el conducto 110 de aspiración. Como el licor mixto con burbujas de gas se expulsa desde la salida 129 del conducto 110 de aspiración, un volumen adecuado de licor 120 mixto de reemplazo con alguna masa de oxígeno disuelto es ingerido por las aberturas 122 cerca de la entrada 128 del conducto 110 de aspiración.

El impulsor 130 define un margen radial entre la punta de la hoja del impulsor y la pared interior del conducto 110 de aspiración. Preferiblemente, el margen radial es menor que o igual a la mitad del diámetro del impulsor y más preferiblemente el margen radial será menor que el 10% del diámetro del impulsor. Cuando se usa con licor mixto de alto contenido en sólidos de una aplicación de tratamiento de aguas residuales, la disposición cerrada del impulsor 130 con la pared interior del conducto 110 de aspiración u otra estructura hidrodinámica tiende a impartir fuerzas de cizallamiento superiores para conseguir la distribución de tamaño de burbuja de oxígeno óptima, es decir aproximadamente 0,3 mm a 3,0 mm. Esta distribución de tamaño de burbuja optimizado del gas oxígeno dentro del licor mixto de alto contenido en sólidos mejora la eficacia de transferencia de masa del procedimiento de aireación dando como resultado por último niveles superiores de oxígeno disuelto.

Una discusión más detallada del sistema de aireación de oxígeno de alta pureza preferido y las razones para su eficacia se explican en la patente de Estados Unidos N° 7.455.776.

A la vista del hecho de que el presente método emplea una fuente de oxígeno para uso con el sistema de aireación de alta pureza de oxígeno, se considera además combinar el método presente con tecnologías relacionadas que implican oxígeno, incluyendo: ozonización de lodo en la línea de lodo activado devuelto o aplicación secundaria similar de ozono; oxigenación de los materiales altamente viscosos en un digestor aerobio. Similarmente, puesto que el método presente considera además el control activo de oxígeno dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales, se considera igualmente integrar el método presente con tecnologías relacionadas que implican la desnitrificación en la cuenca de lodo activado o en las cuencas de desnitrificación separadas. Uno de tales métodos propuestos sería ciclar el nivel de oxígeno disuelto en la cuenca de lodo activado entre las condiciones euóxicas en el intervalo de entre por encima de 5 mg hasta 15 mg de oxígeno por litro de licor mixto y condiciones anóxicas en el intervalo de entre aproximadamente 0,0 mg y 0,2 mg de oxígeno por litro de licor mixto. En tal realización considerada, las condiciones anóxicas son adecuadas para fines de desnitrificación mientras que las condiciones euóxicas son más adecuadas para producción de lodo reducida y eficacia de funcionamiento del sistema, como se describe en la presente memoria.

Las disposiciones consideradas además de introducción de oxígeno en la cuenca de lodo activado implican segregar la cuenca en una pluralidad de secciones. La aireación a base de aire convencional se incorpora en una o más secciones de la cuenca para mantener el nivel de oxígeno disuelto a niveles moderados en tales secciones mientras que se incorpora una aireación de alta pureza de oxígeno en secciones seleccionadas de la cuenca. Tal solución de cuenca en fases puede reducir el coste de funcionamiento del sistema completo pero aún consigue los altos niveles de SSLM para conseguir tiempo de retención de sólidos más prolongado y lodo de desecho reducido, como en las realizaciones preferidas, descritas anteriormente.

Tal cuenca de fases múltiples o cuenca de secciones múltiples también se podía usar en el caso de que el licor mixto en una o más secciones se mantenga en condiciones anóxicas para facilitar los procedimientos de desnitrificación o en condiciones anaerobias para eliminación de fósforo biológico, al tiempo que se mantienen condiciones euóxicas en otras secciones para producción reducida de lodo total y mejora de la eficacia y los costes de funcionamiento del sistema.

#### Aplicabilidad Industrial

El método descrito en el momento presente minimiza el coste de funcionamiento del procedimiento de lodo activado en el tratamiento de aguas residuales mientras se mejora la productividad del sistema y se evitan costes de capital asociados con la expansión de área de cuenca y/o capacidad del clarificador. Los sistemas y los procedimientos de tratamiento de aguas residuales de cuenca abierta de la técnica anterior se centran sólo en la minimización del coste de energía de aireación por el control estrecho de los niveles de oxígeno disuelto a los niveles mínimos necesarios para mantener las condiciones aerobias (es decir, 0,5 mg/l a 3,0 mg/l). Aunque los costes de funcionamiento asociados a la manipulación y disposición de lodo de desecho son similares en magnitud a los costes de aireación, sorprendentemente la optimización del procedimiento no ha sido explotada completamente para minimizar la suma de coste de aireación y tratamiento de lodo.

Además, se reconoce el uso de la capacidad de sistemas de aireación de alta pureza de oxígeno para mantener unos costes de aireación relativamente bajos, pero el uso de sistemas de aireación de alta pureza de oxígeno en condiciones de funcionamiento seleccionadas de un tratamiento de lodo activado de cuenca abierta para disminuir el rendimiento de lodo en exceso y los correspondientes costes de disposición de lodo no ha sido utilizado completamente hasta este momento.

Tal optimización de las condiciones del procedimiento usando niveles altos de oxígeno disuelto y tiempos de retención de sólidos altos para minimización del coste total y explotación de la influencia de sistemas de aireación de alta pureza de oxígeno en el funcionamiento del procedimiento produce numerosos beneficios y ventajas comerciales. Tales beneficios y ventajas comerciales pueden incluir: (i) características de sedimentación mejoradas del lodo cuando se hace funcionar la cuenca de aireación a niveles elevados de oxígeno disuelto; (ii) costes de energía razonablemente bajos para conseguir niveles elevados de oxígeno disuelto usando sistemas de aireación de alta pureza de oxígeno; (iii) manipulación de lodos y costes de disposición reducidos como resultado de la producción de lodo en exceso reducida; (iv) capacidad de tratamiento de la planta aumentada por unidad de

5 volumen de cuenca de aireación; (v) mínima inversión de capital debido a menores requerimientos de la cuenca, sin necesidad de separación de membranas y capacidad para retrofijar fácilmente las operaciones de tratamiento de las aguas residuales de salida; (vi) necesidad reducida de aireación de nuevo o aireación posterior del efluente ya que el efluente del sistema y método presentes ya es euóxico o bien oxigenado; (vii) capacidad aumentada para nitrificación debido a mayor tiempo de retención de sólidos; (viii) capacidad aumentada para eliminar contaminantes orgánicos complejos debido a mayor tiempo de retención de sólidos y (ix) estabilidad aumentada para cargas de choque.

10 A partir de lo anterior, se debería apreciar que la presente invención proporciona así un método para el tratamiento de lodo activado de agua residual usando altos niveles de oxígeno disuelto junto con tiempos de retención de lodo altos en la cuenca de aireación o cuenca de lodo activado. Mientras la invención descrita en la presente memoria se ha descrito por medio de realizaciones específicas y procedimientos asociados con las mismas, se pueden hacer numerosas modificaciones y variaciones a la misma por los expertos en la materia sin apartarse del alcance de la invención como se explica en las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para tratar agua residual que comprende las etapas de:
  - recibir una corriente de agua residual en un licor mixto en una cuenca de lodo activado no cubierta;
  - 5 introducir oxígeno de alta pureza en el licor mixto en la cuenca de lodo activado no cubierta para producir y mantener un nivel de oxígeno disuelto en el intervalo por encima de 5 mg hasta 15 mg de oxígeno por litro de licor mixto en la cuenca de lodo activado no cubierta;
  - retirar una porción del licor mixto en la cuenca de lodo activado no cubierta a un clarificador y separar el lodo del licor mixto en el clarificador para producir una corriente de efluente y una corriente de lodo activado y
  - 10 reciclar una porción de la corriente de lodo activado a la cuenca de lodo activado no cubierta para producir un licor mixto con un tiempo de retención de sólidos mayor que 12 días.
2. El método según la reivindicación 1, en el que el lodo presenta una velocidad de sedimentación inicial mayor que 0,9 metros por hora (3 pies por hora) y en el que el lodo presenta un índice de volumen de lodo de entre 30 y 70.
- 15 3. El método según la reivindicación 1 ó 2, en el que el tiempo de retención hidráulica medio está entre 2 y 12 horas.
4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de reciclar una porción de la corriente de lodo activado en la cuenca de lodo activado produce además un licor mixto con un tiempo de retención de sólidos de entre 12 días y 40 días.
- 20 5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el rendimiento de lodo observado está entre 0,3 gramos y 0,7 gramos de sólidos suspendidos totales por gramo de DBO retirada.
6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la cuenca de lodo activado comprende una pluralidad de secciones y la etapa de introducir oxígeno de alta pureza comprende además introducir aire en una o más de las secciones de la cuenca e introducir oxígeno de alta pureza en una o más de las secciones de la cuenca.
- 25 7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la cuenca de lodo activado comprende una pluralidad de secciones y la etapa de introducción de oxígeno de alta pureza comprende además introducir oxígeno de alta pureza en menos de todas las secciones de la cuenca.
8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además la etapa de ozonización de una porción del lodo reciclado.
- 30 9. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además las etapas de:
  - separar sólidos de la corriente de agua residual en un clarificador primario previamente a recibir la corriente en la cuenca de lodo activado;
  - recibir los sólidos separados y una porción del lodo activado separado en un digestor aerobio y
  - 35 oxigenar los sólidos separados y el lodo activado separado en el digestor aerobio.
10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de introducción de oxígeno de alta pureza en el licor mixto en la cuenca de lodo activado comprende además:
  - introducir gas oxígeno de alta pureza próximo a la entrada de un conducto de aspiración y conjunto impulsor sumergido en el licor mixto en la cuenca de lodo activado;
  - 40 agitar el licor mixto y oxígeno dentro del conducto de aspiración para disolver una porción del gas oxígeno en el licor mixto dentro del conducto de aspiración y crear burbujas de oxígeno no disuelto con un diámetro medio de entre 0,3 mm y 2,0 mm dentro del conducto de aspiración y
  - descargar el licor mixto oxigenado y las burbujas de gas no disuelto en la cuenca de lodo activado.
- 45 11. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de reciclar una porción de la corriente de lodo activado a la cuenca de lodo activado produce además un licor mixto con una carga de sólidos de entre 3.000 mg y 10.000 mg de sólidos suspendidos por litro de licor mixto.

Procedim. Lodo Activado	TRS (días)	Relación A/M (DBO/MLVSS)	DO (mg/l)	Carga Volum. (DBO/d/28,3 m <sup>3</sup> )	SSLM (mg/l)	TRH (horas)	Relación Reciclado
Convencional	5-15	0,2-0,4	1-3	20-40	1500-3000	4-8	0,25-0,75
Mezcla Completa	5-15	0,2-0,6	1-3	50-120	2500-4000	3-5	0,25-1,0
Aireación Prolong.	20-30	0,05-0,15	1-3	10-25	3000-6000	18-36	0,5-1,5
Aireación Alta Veloc	5-10	0,4-1,5	1-3	100-1000	4000-10000	2-4	1,0-5,0
Cuenca Cubierta -APO	3-10	0,25-1,0	2-20	100-200	2000-5000	1-3	0,25-0,5
Canal Oxidación	10-30	0,05-0,30	1-3	5-30	3000-6000	8-36	0,75-1,50

FIG. 1

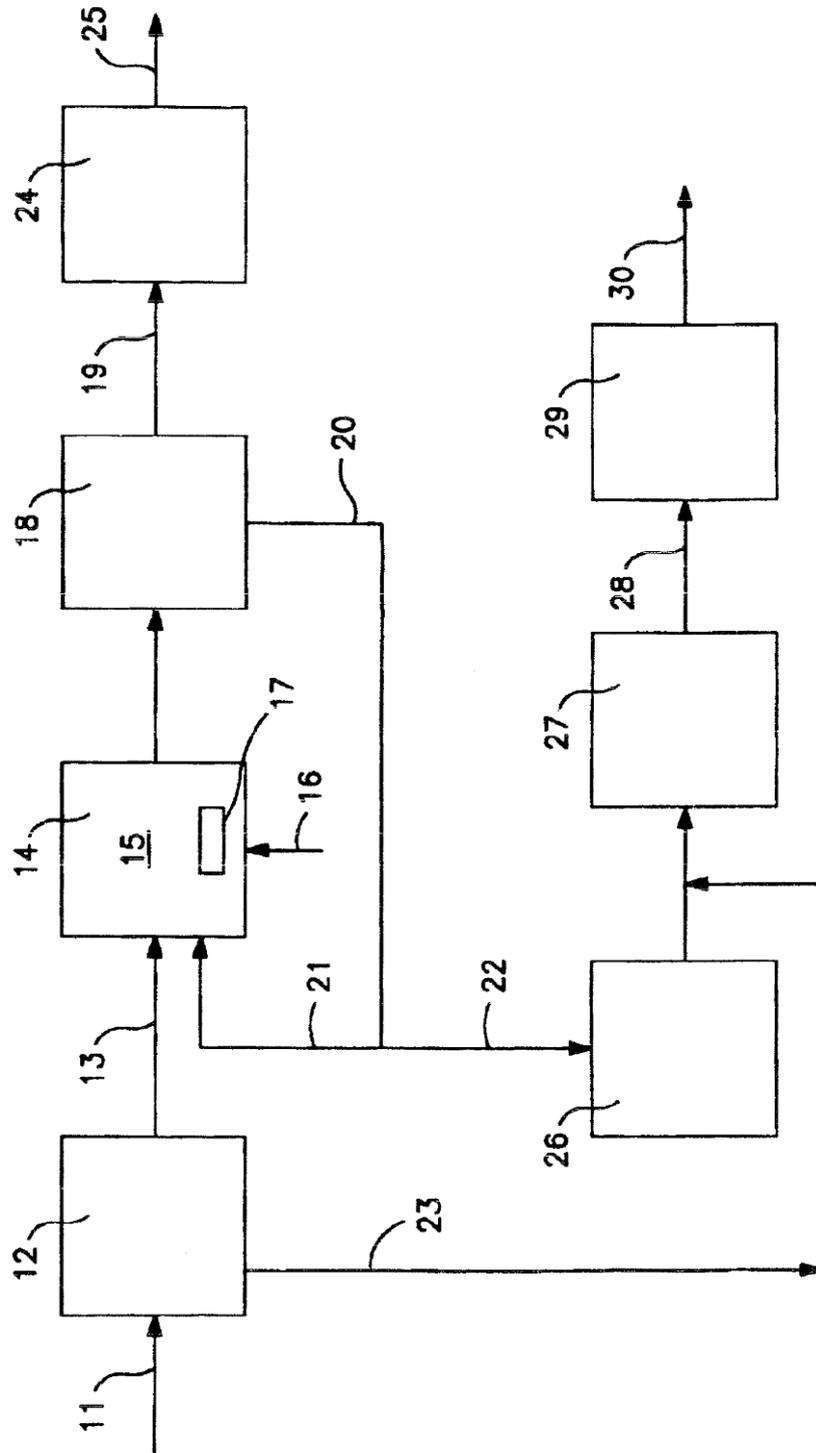


FIG. 2

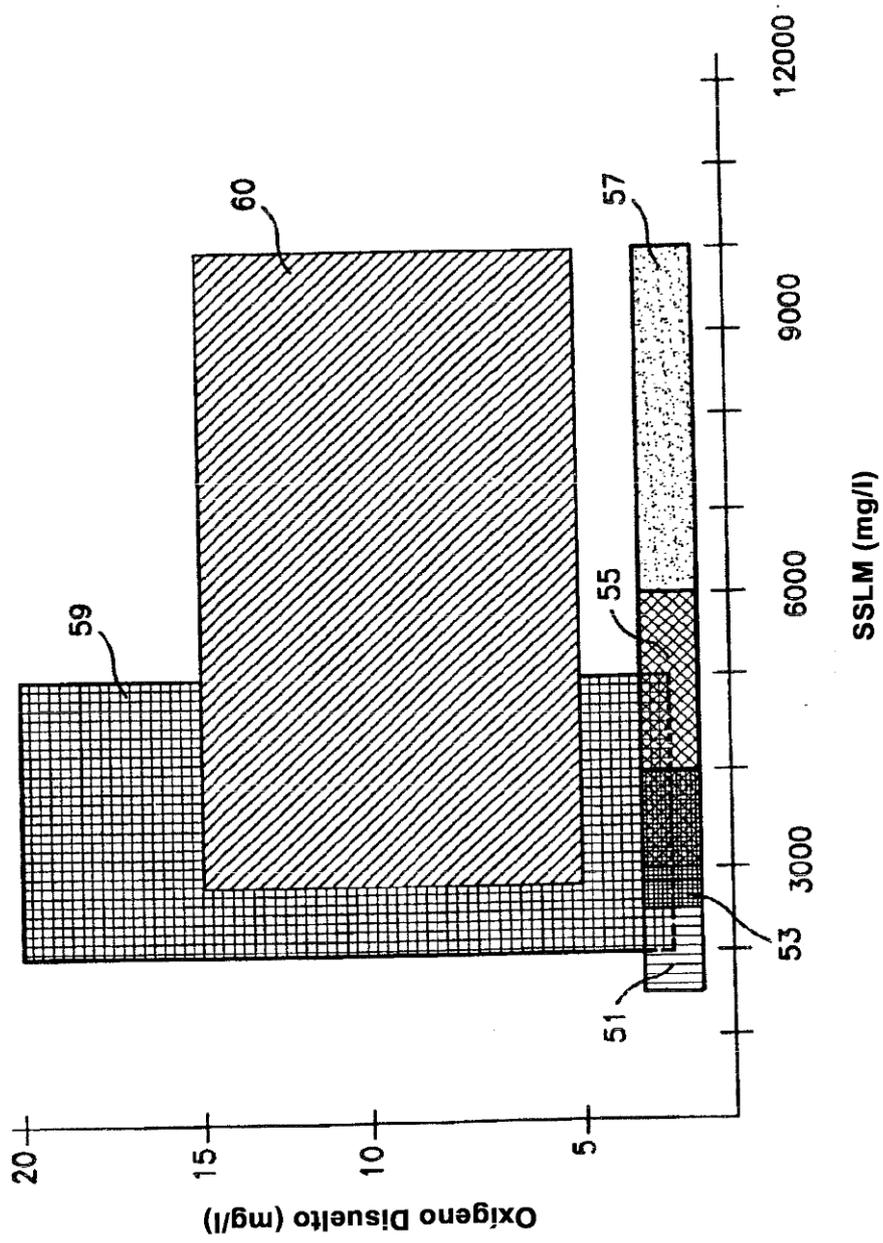
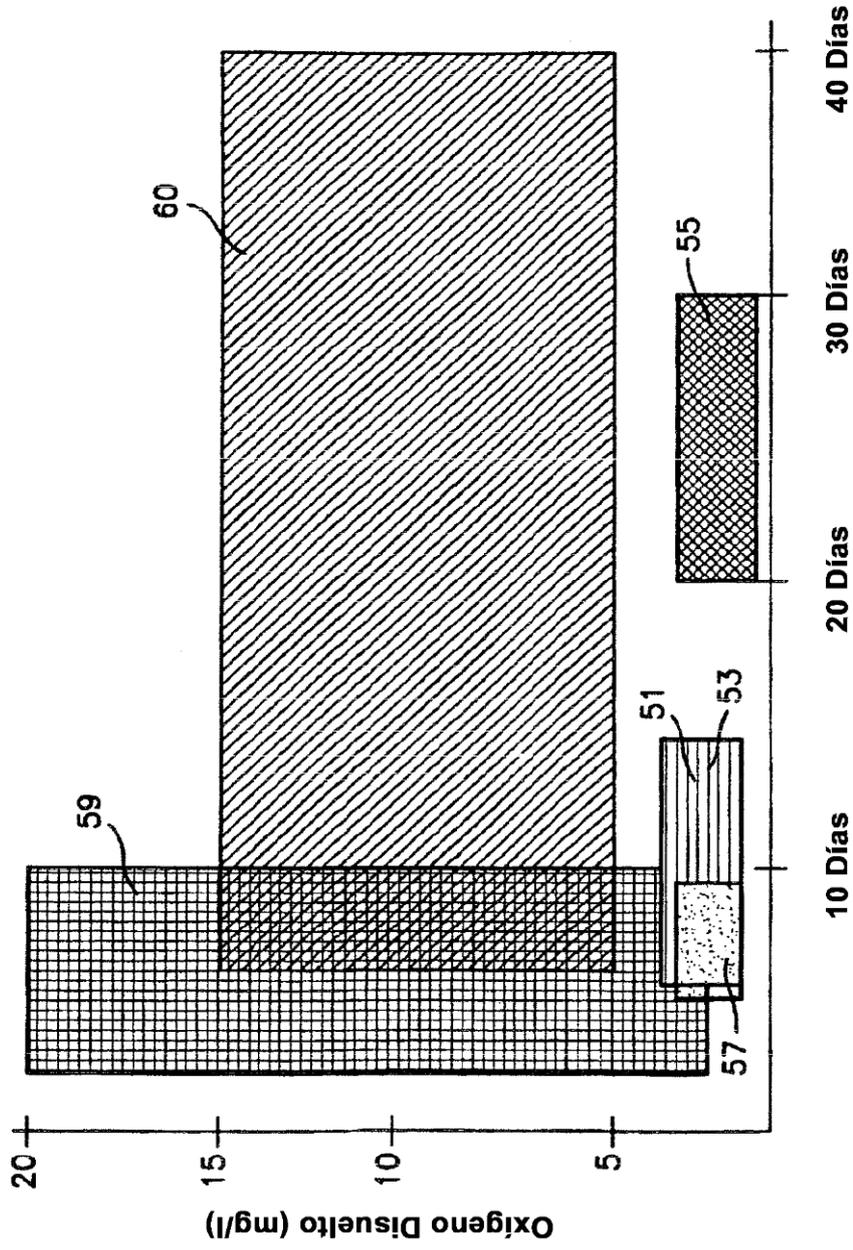


FIG. 3



Tiempo Retención Sólidos (Días)

FIG. 4

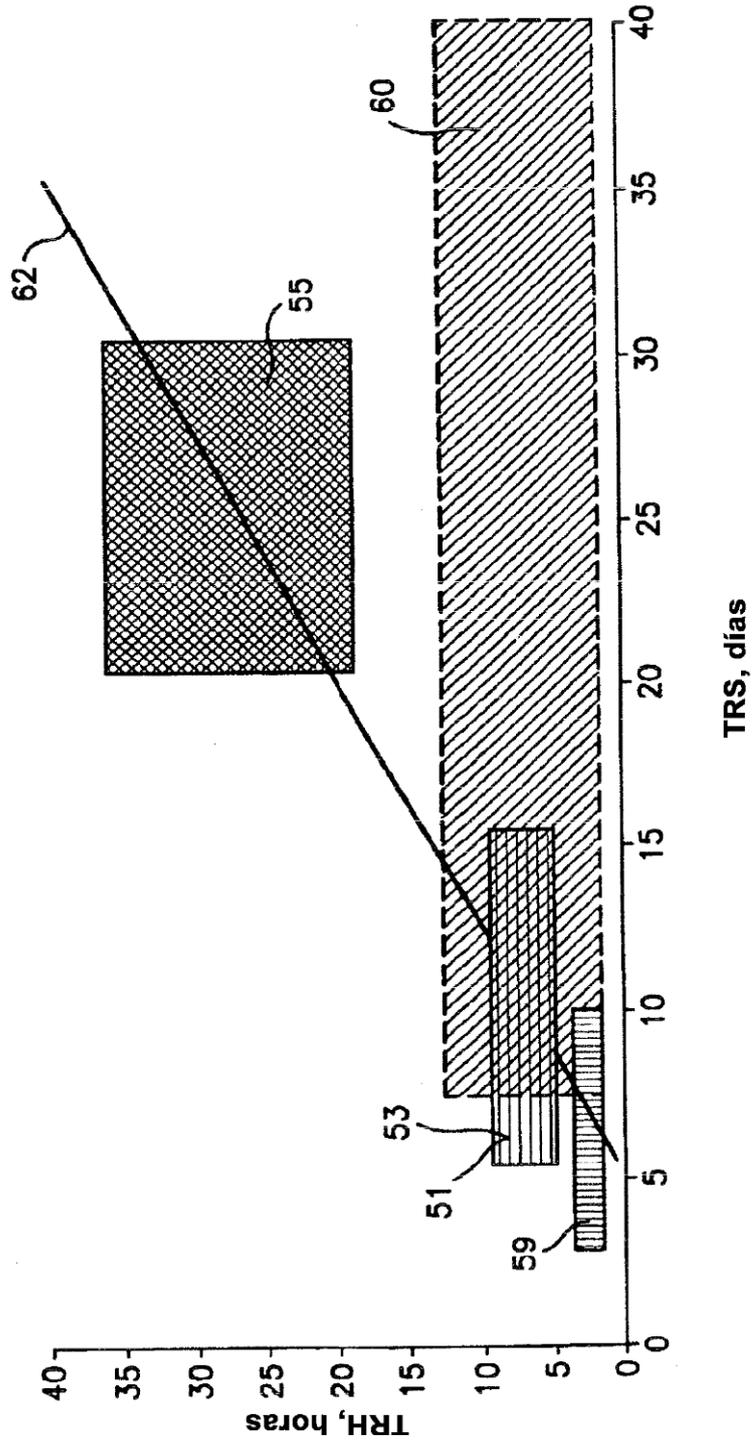


FIG. 5

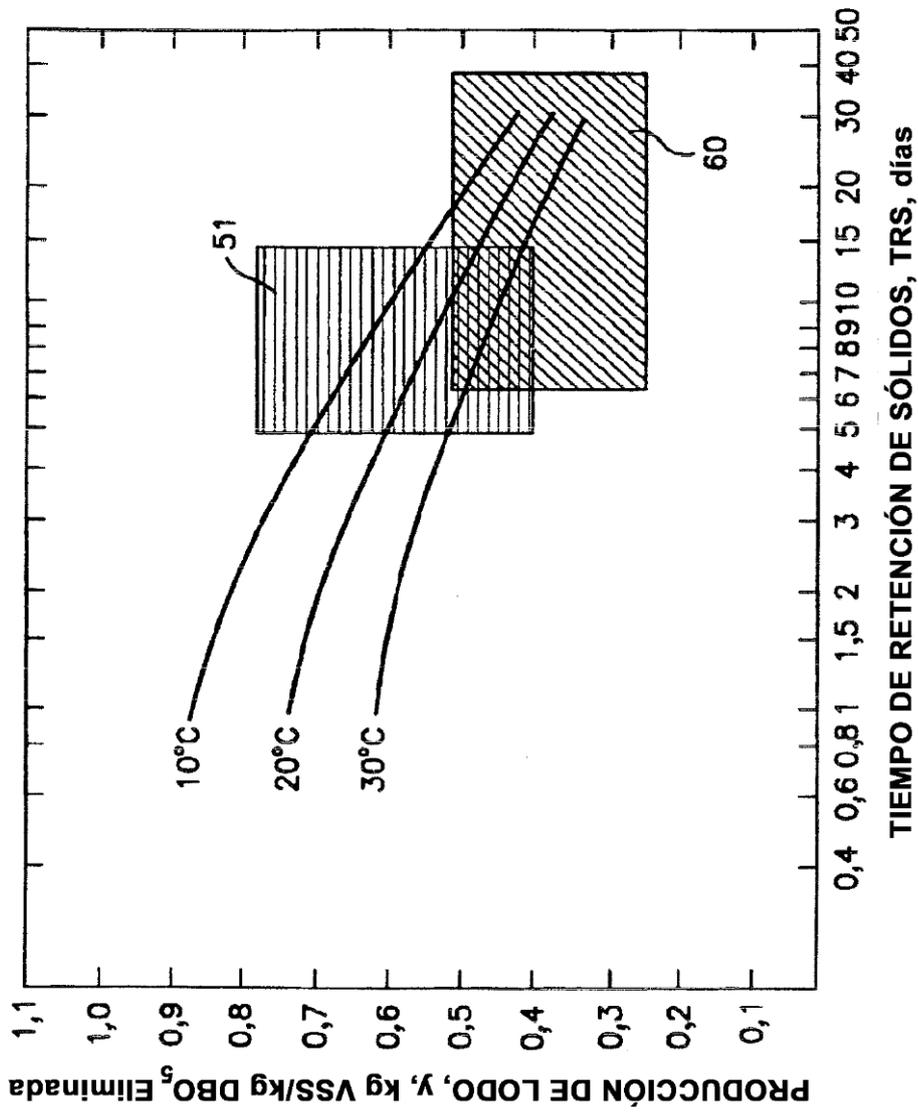


FIG. 6

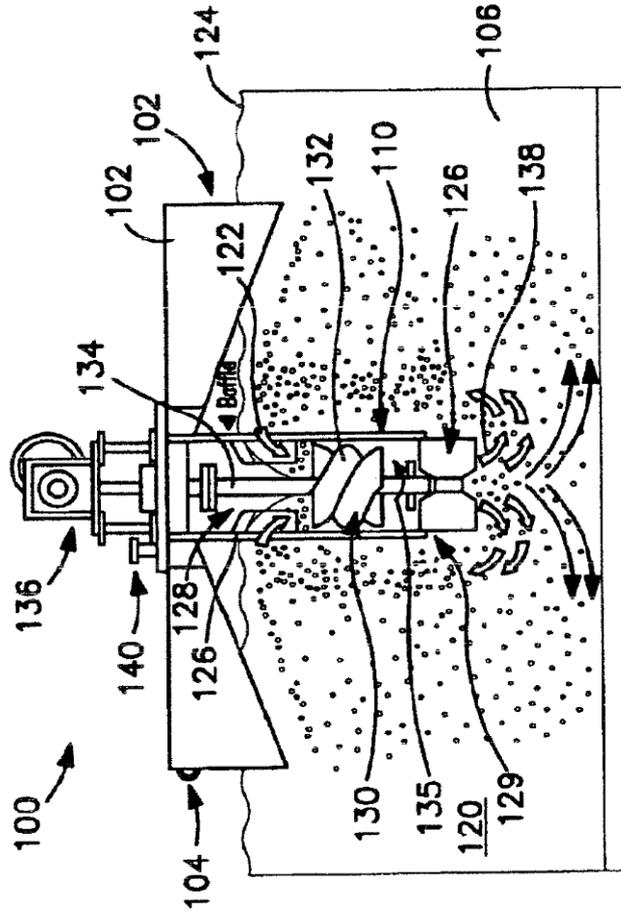


FIG. 7