



ESPAÑA

(10) ES	(11) NUMERO 447056	(16) A1
(21)	(22) FECHA DE PRESENTACION 14.4.76	



PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES: (31) NUMERO 568,712	(32) FECHA 16.4.75	(33) PAIS estadounidense.
(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL C02C	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
(64) TITULO DE LA INVENCION METODO DE PURIFICACION DE AGUAS RESIDUALES.		
(71) SOLICITANTE (S) AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC.		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE P.O. Box 538, Allentown, Pennsylvania 18105 ESTADOS UNIDOS.-		
(72) INVENTOR (ES) JEREMIAH PATRICK CASEY, MARSHALL LOUIS SPECTOR, ambos son de nacionalidad estadounidense.		
(73) TITULAR (ES) El mismo solicitante.		
(74) REPRESENTANTE DON BERNARDO UNGRIA GOIBURU.		



EXTRACTO DE LA DESCRIPCION

Se describe un tratamiento en varias etapas para la eliminación de material orgánico biológicamente degradable (OBD) de tipo carbonáceo, y de los contaminantes nitrogenados de las aguas residuales, en el cual el agua residual entrante está sometida sucesivamente a nitrificación y desnitrificación en presencia de lodo reciclado activado que contiene una biomasa de cultivo mixto constituida por organismos heterotrópicos y autotrópicos. La mezcla inicial de agua residual con lodo reciclado se efectúa en presencia de una cantidad de oxígeno suficiente para mantener condiciones oxidantes. El líquido mezclado procedente del tratamiento oxidante inicial, sin separación intermedia de sólidos, es conducido a una etapa antióxidante, en la cual los nitritos y los nitratos (NO_x^- , $x = 2,3$) formados por oxidación de compuestos de amonio se transforma en gas nitrógeno. Es posible utilizar un número cualquiera de etapas de tratamiento oxidante después de cada etapa antióxidante. La etapa de tratamiento final antes de la separación de los sólidos del fluido mezclado puede ser oxidante o antióxidante. Los sólidos separados constituyen el lodo activado que se recicla por lo menos hasta la etapa de mezclado inicial. Se mantiene en la etapa inicial oxidante o en la primera subsección de la misma, un corto tiempo de residencia, que da lugar a una elevada relación alimentos/biomasa, con el objeto de evitar el abultamiento del lodo y para promover la formación de una densa biomasa activa.

DESCRIPCION GENERAL DEL INVENTO

El invento se refiere a un procedimiento de tratamiento de aguas cloacales con lodo activado y está relacionado más particularmente con la supresión de las aguas residuales domésticas e industriales de los contaminantes nitrogenados, así



como del material orgánico biológicamente degradable (OBD) de tipo carbonáceo.

5 En el sistema de lodo activado bien conocido, las aguas cloacales domésticas, las aguas residuales procedentes de instalaciones industriales, o una combinación de ambas, se tra-
tan con aire u otro gas que contiene oxígeno en presencia de mi-
croorganismos suministrados por el lodo activado reciclado, con
el objeto de efectuar la degradación del material orgánico bio-
lógicamente degradable designado aquí por OBD. Después de este
10 tratamiento oxidante en una o varias etapas, el líquido mezclado se introduce en un tanque sedimentador o clarificador, a partir del cual se recicla una parte de los sólidos sedimentados para pro-
porcionar el lodo activado que contiene los microorganismos que
sirven para consumir y digerir la materia orgánica (OBD) conteni-
15 da en las aguas residuales. El líquido que flota a la superficie del tanque de sedimentación o de clarificación, es conducido a la entrada de agua, generalmente después de algún tratamiento de purificación o de desinfección. Aunque en las primeras instalacio-
nes de lodo activado comerciales se utilice aire para suministrar
20 el oxígeno necesario para asegurar la función metabólica de los microorganismos, en las instalaciones comerciales más recientes se utiliza, en una o varias de las etapas de oxidación, un gas de aireación que tiene un contenido de oxígeno superior al 21% contenido en el aire atmosférico.

25 Un problema que se ha hecho preocupante durante los recientes años es el de la eutropización de los ríos, de los lagos y de los depósitos que reciben aguas residuales "purificadas" que conservan un elevado contenido nutritivo, principalmente cons-
tituido por bioestimulantes tales como nitrógeno y fósforo. Se
30 han ideado medios eficaces para eliminar los compuestos del fós-



foro mediante precipitación química, que se realiza antes o después, o durante el tratamiento para eliminar el material orgánico biológicamente degradable (OBD) del tipo carbonáceo. Sin embargo, para obtener una precipitación eficaz se necesitan cantidades importantes de sustancias químicas, y su utilización es costosa. Durante los últimos años, la eliminación de los elementos nutritivos nitrogenados de las aguas residuales, ha sido el tema de investigaciones extensas, y se han sugerido para conseguir este resultado un cierto número de métodos diferentes.

Entre los métodos más prometedores para la eliminación del nitrógeno de las aguas residuales está el que se llama técnica de nitrificación-desnitrificación. La nitrificación consiste en oxidar los elementos amoniacales contenidos en el agua residual, transformándolos en nitritos y/o nitratos (llamados NO_x) por medio de microorganismos adecuados. Las bacterias nitrósomonas son eficaces para transformar el amoníaco en nitrito y a continuación se oxida de nuevo el nitrito para obtener nitrato por medio de nitrobacter. Estos nitrificantes autotrópicos utilizan carbono inorgánico para la síntesis celular y obtienen su energía de la oxidación del substrato nitrogenado inorgánico. Ya que estos nitrificantes crecen a una velocidad más lenta que las bacterias eterotrópicas responsables de la oxidación del material carbonáceo en un sistema de tratamiento biológico de las aguas residuales, por ejemplo en un procedimiento de lodo activado, se ha propuesto realizar la supresión del material orgánico biológicamente degradable (OBD) del agua residual, la nitrificación de los elementos amoniacales en etapas de tratamiento separadas, en las cuales el líquido mezclado procedente de la etapa de supresión de OBD se somete a sedimentación y el lodo procedente de dicha sedimentación que se considera como rico en bacterias efi-



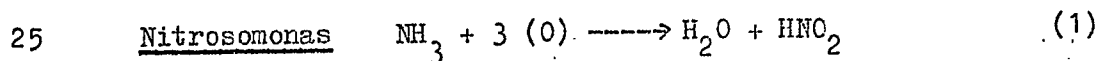
caces para consumir el material orgánico carbonáceo, es conducido de nuevo a la primera fase de supresión de OBD. El efluente que flota en la superficie procedente de la fase de sedimentación de sólidos pasa a una segunda fase de aireación con gas que contiene oxígeno y el líquido mezclado tratado procedente de esta fase se somete a sedimentación de los sólidos del lodo que son conducidos de nuevo a dicha segunda fase de tratamiento, conteniendo dicho lodo sedimentado microorganismos nitrificadores.

Después de efectuar la oxidación de los elementos amoniacales entrantes, el NO_x^- producido puede ser todavía perjudicial para el agua entrante.

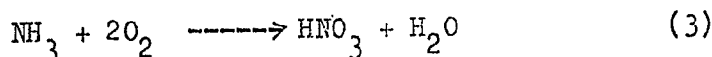
En ausencia de oxígeno gaseoso disuelto, numerosos organismos tales como el pseudomonas denitrificans utilizan el oxígeno del nitrato como agente oxidante, es decir que constituyen un elemento aceptor adecuado.

En el lodo activado existe gran abundancia de diversos elementos eterotrópicos y se han inventado unos procedimientos en los cuales se pone en contacto el lodo con organismos reductores de nitrato para reducir el nitrato en un gas nitrógeno inocuo.

Los equivalentes estequiométricos del oxígeno necesarios para la nitrificación y el oxígeno necesario para la denitrificación pueden ser resumidos de la siguiente manera sencilla:



y principalmente

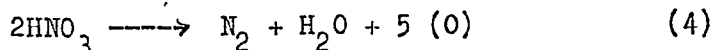


siendo la relación estequiométrica de O/N de 4,57 g/g.

Las bacterias desnitrificantes presentan la si-



guiente estequiometría:



en la cual la relación de O/N es de 2,86 g/g.

5 Debido al cambio de estado de valencia en N, sola-
mente el 62,5% del oxígeno cedido al amoníaco N puede ser consi-
derado como aceptor de electrones en la desnitrificación. Las
sustancias que necesitan oxígeno y que se oxidan biológicamente
utilizando el oxígeno del nitrato pueden ser representadas por
el término genérico de material orgánico biológicamente degrada-
10 ble (OBD) determinado de acuerdo con los procedimientos indica-
dos en "Métodos Normalizados para el Examen del Agua y de las
Aguas Residuales", edición número 13, A.P.H.A., A.W.W.A. y
W.P.C.F. editores, 1971, ya que la siguiente utilización inicial
celular del oxígeno gaseoso disuelto o del oxígeno del nitrato
15 parece ser similar al proceso metabólico de utilización del óxi-
geno.

Un ejemplo de una combinación secuencial de las
técnicas descritas más arriba es el llamado "sistema de tres
lodos, que utiliza fases separadas de supresión de OBD de tipo
20 carbonáceo, nitrificación y desnitrificación, incluyendo cada
fase una operación de sedimentación ulterior con reciclado inde-
pendiente de los sólidos del lodo hasta su fase de tratamiento
asociada.

Entre los problemas que se presentan en la explota-
25 ción de ciertas plantas de lodo activado, está el que resulta
del abultamiento del lodo. Las instalaciones activadas con aire
funcionan a menudo en condiciones de características mediocres
del lodo. Las instalaciones de lodo activado con oxígeno que
sirven para la eliminación del OBD, o para la nitrificación ade-
30 más de eliminar el OBD, no son inmunes a esta dificultad. Ade-



más, las plantas de lodo activado previstas para eliminar el OBD, nitrificar y desnitrificar presentan el inconveniente del abultamiento del lodo. Debido a las mediocres características de sedimentación de este tipo de lodo, no solamente puede producirse una extrema reducción de la concentración de la biomasa del lodo reciclado necesario para un funcionamiento eficaz del proceso de lodo activado, sino que también puede perderse por el rebosadero del tanque de sedimentación una cantidad importante de lodo activado. El abultamiento del lodo ha sido atribuido por unos investigadores cuidadosos a diferentes factores, y por tanto se han sugerido diferentes técnicas para contrarrestar o impedir esta tendencia al abultamiento. Uno de los factores importantes que han sido reconocidos como afectando o contribuyendo al abultamiento del lodo, es la presencia en el lodo de microorganismos filamentosos. Una solución al problema de la proliferación selectiva de bacterias filamentosas en un sistema de tratamiento de aguas residuales con lodo activado, consiste en hacer funcionar la zona de contacto inicial de mezclado de las aguas residuales entrantes con el gas de oxidación y con el lodo reciclado en condiciones que favorecen la propagación selectiva de una biomasa activa no filamentosa, de rápida sedimentación, para inhibir el desarrollo de los microorganismos filamentosos indeseables. Estas condiciones favorables para producir un lodo que no aumenta de volumen, conduce a prever una relación adecuadamente elevada de alimentos/biomasa en la fase de mezclado inicial y la presencia de una cantidad suficiente de oxígeno disuelto en esta fase.

Se ha ideado ahora un método mejorado para el tratamiento eficaz y económico de las aguas residuales municipales y otras por medio de un solo sistema de lodo activado, por medio



del cual la eliminación del OBD; la nitrificación y la desnitrificación pueden realizarse esencialmente mediante tratamiento biológico en zonas de tratamiento sucesivas y alternativamente oxidantes y antioxidantes, sin separación intermedia de los sólidos.

5 De acuerdo con la disposición del invento, los nitritos y/o los nitratos formados por la oxidación de las sustancias amoniacales en una zona oxidante anterior se transforman biológicamente, en una zona antioxidante ulterior, en gas nitrógeno que puede ser evacuado. Se efectúa un grado suficiente de oxigenación durante
10 las fases de oxidación para obtener una biomasa mezclada activa útil a la vez para la degradación del OBD de las aguas residuales hasta los límites bajos deseados, y la oxidación de las sustancias amoniacales contenidas en las aguas residuales (nitrificación). Además, la disposición según el invento es tal que las
15 sustancias carbonáceas orgánicas esenciales como fuente de energía y para el metabolismo celular durante la desnitrificación pueden ser suministradas totalmente o casi totalmente por el OBD no consumido no oxidado presente durante esta fase, mientras que los nitratos y los nitritos formados durante la nitrificación
20 contribuyen a proporcionar el oxígeno necesario para la oxidación del OBD por los diversos microorganismos heterotrópicos, y por tanto, se transforman en nitrógeno elemental (desnitrificación) y, por otra parte, contribuyen a disminuir la cantidad total de oxígeno que se suministra al sistema.

25 Es esencial en la práctica del invento, que la fase de tratamiento inicial en la cual se mezcla el agua residual entrante con el lodo reciclado, funcione en condiciones oxidantes y en presencia de una cantidad adecuada de oxígeno disuelto. Durante este contacto inicial, es importante también que se mantengan
30 condiciones capaces de asegurar un elevado ritmo de crecimiento



to para la producción selectiva de aquellos tipos de microorganismos que conducen a la producción de lodo de alta densidad que tiene unas propiedades de sedimentación. La segunda fase del tratamiento debe ser antioxidante para facilitar la desnitrificación.

5

En el modo más sencillo de realización del invento, se necesita utilizar solamente tres fases o zonas de tratamiento, una zona inicial oxidante seguida por una zona antioxidante intermedia y una zona oxidante final. La capacidad de estas zonas puede ser variable como se explicará más adelante, y cualquiera de ellas puede subdividirse en compartimientos o subzonas. Sin embargo, en el modo de realización preferido del invento, no se utilizarán menos de cuatro zonas de tratamiento sucesivas, en las cuales alternan sucesivamente zonas oxidantes y antioxidantes. Puede utilizarse una quinta zona aerobia para proporcionar un elevado nivel de oxígeno disuelto al fluido tratado mezclado que penetra en el clarificador con el objeto de suministrar oxígeno disuelto al efluente.

10

15

20

25

30

Gracias al invento, se consigue un elevado grado de nitrificación, pero sin embargo, como se explicará más detalladamente en lo que sigue, se mantiene una relación suficientemente elevada de alimentos/biomasa en la zona oxidante inicial de contacto del lodo activado con la carga de agua residual o en una subzona hidráulica equivalente de la misma para asegurar la propagación selectiva de una biomasa no filamentosa altamente activa y obtener finalmente un lodo denso que sedimenta fácilmente. Manteniendo el efluente durante un corto tiempo en la zona de tratamiento oxidante inicial, como se indica en una de las variantes de realización del invento, se evita una oxidación completa del OBD y por tanto el líquido mezclado que sale de esta



zona presenta un grado de absorción de oxígeno específico relativamente elevado.

El procedimiento según el invento puede llevarse a la práctica en un solo depósito de tratamiento dividido en zonas oxidantes y antioxidantes alternativamente, llevando un número impar las zonas de tratamiento oxidantes, mientras que las zonas de tratamiento antioxidantes llevan un número par. A partir de la zona de tratamiento final, el fluido mezclado penetra en un tanque de sedimentación o de clarificación a partir del cual por lo menos una parte del lodo sedimentado es reciclado a la zona de oxigenación inicial. Los microorganismos con el NO_x^- necesario para la desnitrificación biológica, pueden ser obtenidos reciclando una parte del líquido mezclado procedente de por lo menos una de las zonas de tratamiento oxidantes situadas río abajo, hacia por lo menos la zona de tratamiento antioxidante inicial y, si se desea, hasta otras zonas de tratamiento antioxidantes de la serie. En variante, tanto el OBD necesario como los microorganismos de desnitrificación pueden ser obtenidos dividiendo una parte del lodo que se recicla a partir del clarificador, hasta por lo menos una zona antioxidante que contiene (NO_x^-) de la serie. En otra modificación, tanto el reciclado interno del fluido mezclado a partir de una o varias zonas oxidantes hasta una o varias zonas antioxidantes, se utiliza además el reciclado del lodo sedimentado procedente del clarificador, conduciéndose una parte hasta la zona oxidante inicial y una parte a una o varias de las zonas oxidantes, lo que mejora el contacto del (NO_x^-) y de los microorganismos de desnitrificación en presencia del OBD.

En la siguiente descripción del invento, se hará referencia a zonas o fases oxidantes y antioxidantes en lugar de emplear las expresiones más corrientes que se utilizan en la



literatura, tales como zonas aerobias y anaerobias respectivamente. Se estima que los términos oxidantes y antioxidantes son más adecuados para una fase o zona de operación con el objeto de definir su contenido de oxígeno libre disuelto, estando dicho oxígeno libre debido a la presencia de aire atmosférico o de otro gas con un contenido de oxígeno superior a 21%. Por tanto, el término "antioxidante" que se utiliza aquí, se refiere a un estado de bajo contenido de oxígeno, usualmente inferior a 0,3 mg/l de oxígeno disuelto, y en el cual los nitratos y los nitritos son reducidos a gas nitrógeno por organismos anaerobios. De manera correspondiente el término "oxidante" se refiere a un estado de contenido de oxígeno suficientemente alto, usualmente superior a 1 mg/l de oxígeno disuelto, en el cual las bacterias de nitrificación presentes en el lodo activado transforman los compuestos nitrogenados en nitritos y/o nitratos. No se ha indicado ninguna limitación del grado de nitrificación encima de 1 mg/l de oxígeno disuelto, y generalmente el funcionamiento está previsto para mantener una cantidad de oxígeno disuelto de por lo menos 2 mg/l.

20 En los dibujos:

la figura 1 es un diagrama de circulación esquemático del modo de realización más sencillo que utiliza una sola zona antioxidante entre dos zonas oxidantes;

25 la figura 2 es un diagrama de circulación esquemático de una variante de realización que utiliza una sola zona antioxidante entre dos zonas oxidantes;

la figura 3 es un diagrama de circulación esquemático de otro modo de realización modificado que utiliza las características de ambas figuras 1 y 2;

30 la figura 4 es un diagrama de circulación esquemático



tico de la unidad de laboratorio utilizada en ciertas operaciones experimentales;

la figura 5 es un diagrama de circulación esquemático de la unidad de laboratorio utilizada en otra serie de operaciones experimentales;

la figura 6 es un diagrama de circulación esquemático de la unidad de laboratorio utilizada en una serie ampliada de operaciones experimentales; y

la figura 7 es una vista esquemática en planta por encima de una instalación a escala verdadera de acuerdo con el modo de realización preferido.

En los dibujos, se han omitido generalmente los accesorios y equipos convencionales, tales como válvulas, bombas, agitadores, burbujeadores, aireadores, etec., ya que éstos en sus varias formas y modos de realización son bien conocidos en esta técnica y no forman parte del invento.

Haciendo ahora referencia a la figura 1, se representa un solo depósito de tratamiento dividido en tres zonas o cámaras de tratamiento separadas 11, 12 y 13. Las zonas 11 y 13 están cubiertas y cerradas, habiendo sido tomadas las medidas necesarias para limitar la circulación del fluido fuera de la cámara 11 y a partir de la cámara 12 hasta la cámara 13. La cámara 12 está preferentemente cerrada respecto a la atmósfera para impedir la transferencia de oxígeno desde el aire ambiente a través de la superficie del líquido. Las aguas residuales que han de ser tratadas se introducen en la zona 11 por medio de la tubería 15. Las aguas residuales así introducidas en la zona 11 están constituidas preferentemente por el efluente procedente de un depósito de sedimentación primario convencional, o clarificador (no representado) y contiene materia orgánica carbonácea



(OBD) y material nitrogenado. El procedimiento según el invento puede también aplicarse directamente a cualquier agua residual bruta que no ha sido sometida a una clarificación previa, con o sin algún grado de filtrado, separación de partículas sólidas o desengrasado, con el inconveniente de la molestia que consiste en manipular un fluido que contiene sólidos inertes y otra materia que hubiese sido eliminada en el pre-tratamiento primario. Se introduce un gas rico en oxígeno que contiene preferentemente un 50% o más de oxígeno en volumen, en la zona 11 por medio de la tubería 16, y se han previsto unos medios para asegurar una mezcla íntima del fluido contenido en la zona 11 con el gas, tal y como se describirá más adelante. En la pared o en el tabique 17 que separa las zonas 11 y 12, puede preverse un orificio como se indica en 18, o puede utilizarse otro dispositivo de conducción para limitar la circulación del líquido procedente de la zona 11 hasta la zona 12. Encima del nivel del líquido en la zona 11, se ha previsto una cámara de pleno de recogida de gas a partir de la cual se extrae el gas rico en oxígeno por medio de la tubería 19, con el objeto de transferirlo a la zona cerrada 13.

En la zona 12, el oxígeno disuelto en el fluido procedente de la zona 11 es reducido por consumo microbiano, lo que permite mantener en esta zona condiciones antioxidantes. Si se desea, y si es económicamente factible, puede introducirse nitrógeno u otro gas inerte en el fluido contenido en la zona 12 para acelerar la reducción del nivel de oxígeno disuelto mediante separación. Se introduzca o no un gas de separación en la zona 12, esta zona está preferentemente cerrada con relación a la atmósfera, y se utilizan unos medios para evacuar el gas de esa zona. Se mantiene en esta zona un nivel de oxígeno disuelto suficientemente bajo para mantener condiciones antioxidantes.



El fluido tratado procedente de la zona 12 sale de ésta y penetra en la zona oxidante adyacente 13 por un dispositivo de conducción adecuado o a través de un orificio 21 formado en la pared o en el tabique 22 que separa dichas zonas. En la zona 13 el líquido se mezcla íntimamente con el gas rico en oxígeno introducido por la tubería 19 que transporta el efluente gaseoso procedente de la zona 11, pudiendo añadirse a esta tubería, en caso de necesidad, un gas de oxigenación complementario. El gas consumido se recoge en la cámara de pleno encima del nivel del líquido en la zona 13 y sale por la tubería de evacuación 23. Una parte del fluido oxigenado mezclado procedente de la zona 13 es reciclado a la zona antioxidante 12 por la tubería 24, mientras que el resto es descargado por la tubería 25 en un depósito de sedimentación convencional o clarificador secundario 26.

En el clarificador 26, el licor tratado se separa en una fracción de fondo de lodo sedimentado que contiene sólidos y en un líquido clarificado que flota a la superficie. Este último es descargado por la tubería 27, mientras que la porción de fondo es extraída por la tubería 28, siendo por lo menos una parte de ésta reciclada por la tubería 29 a la zona 11, para proporcionar un lodo activado que contiene los microorganismos deseados que se utilizan en las zonas 11, 12 y 13 para iniciar y promover los procesos biológicos en estas zonas.

En la figura 2, como en las figuras siguientes, los elementos similares llevan los mismos números de referencia que en la figura 1. En el modo de realización particular que se ilustra en la figura 2, la zona 11 está dividida por una pared 30 en compartimentos separados 11a y 11b. El compartimiento 11a tiene una capacidad relativamente pequeña en comparación con el



compartimiento 11b. La transferencia del líquido desde 11a hasta 11b puede hacerse formando un orificio 31 en la pared 30 debajo del nivel del líquido o por medio de cualquier otro dispositivo de conducción adecuado o cualquier dispositivo de mezclado controlado. Encima del nivel del líquido se ha previsto un orificio limitado 32 en la pared 30 para el paso del gas desde el compartimiento 11a hasta el compartimiento 11b. En lugar del orificio 32, la pared 30 puede no estar perforada encima del nivel del líquido y puede utilizarse una tubería de gas para asegurar la comunicación de la circulación gaseosa entre estos compartimientos. El gas consumido procedente del compartimiento 11b es descargado conjuntamente con el fluido en una cámara 35 abierta hacia la atmósfera. En la cámara 35, el gas disuelto que incluye oxígeno disuelto se separa del líquido que contiene una cantidad reducida de oxígeno disuelto y este líquido penetra a continuación en la cámara de tratamiento antioxidante cerrada 36. La cámara 36 está preferentemente dividida en una multiplicidad de subcámaras o compartimientos separados. Como lo indica la figura 2, se han previsto tres de estas subcámaras o compartimientos designadas por las referencias 36a, 36b, 36c, permitiendo la circulación del líquido en grado limitado, en el orden indicado. Se introduce nitrógeno u otro gas inerte en sentido ascendente a través del líquido contenido en cada uno de los compartimientos de la cámara 36 para asegurar el mezclado de los sólidos y mantener condiciones antioxidantes, evacuándose el gas de mezclado por la tubería 38. El gas de purga procedente del colector 37 se introduce en la cámara 35 por medio de la tubería derivada 34 para facilitar la separación del oxígeno procedente del fluido y para evacuarlo en la atmósfera abierta, así como para asegurar el mezclado de los sólidos con el líquido y para acelerar la obtención



de condiciones antioxidantes antes de la descarga del fluido en la cámara 36. Es importante que el cambio desde las condiciones oxidantes a las cuales se halla sometido finalmente el agua residual en la cámara 11, a las condiciones antioxidantes a las cuales se somete a continuación, se efectúe rápidamente para evitar el desarrollo y la presencia de un estado intermedio de oxígeno disuelto en la cámara 35 durante un tiempo suficiente para facilitar la proliferación de organismos filamentosos u otros organismos que presentan una elevada relación entre superficie y volumen.

A partir del último compartimiento de la cámara 36, el líquido es conducido por unos medios adecuados tales como los que se han descrito anteriormente para la transferencia del líquido hasta una zona de tratamiento oxidante abierta 40, en la cual se somete a aireación con aire u otro gas rico en oxígeno que se introduce de una manera bien conocida en esta técnica. El fluido tratado es descargado de la cámara 40 por la tubería 41 en el clarificador 26. En el modo de realización ilustrado en la figura 2, sin embargo, el lodo activado reciclado de la tubería 29 se divide de tal manera que solamente una parte del lodo reciclado vuelva a la zona de tratamiento aerobia inicial 11, reciclándose el resto a la cámara 35 a través de la tubería derivada 42.

En los modos de realización tales como el que se ilustra a título de ejemplo en la figura 2, la relación en los compartimientos 11a y 11b constituye la primera etapa de tratamiento oxidante, la reacción en las cámaras 35 y 36 constituye la etapa antioxidante intermedia, y la aireación en la cámara 40 constituye la etapa oxidante final. En cada uno de los modos de realización ilustrados en las figuras 1 y 2, la desnitrifica



ción se efectúa en condiciones de zonas antioxidantes que favorecen la transformación de los nitratos y de los nitritos en un gas nitrógeno inocuo. Dichas condiciones favorables incluyen la presencia simultánea de: (a) una fuente adecuada de carbono asimilable para proporcionar la síntesis celular y la energía necesaria, (b) los nitratos y/o nitritos disponibles, y (c) la biomasa de desnitrificación. En los modos de realización en los cuales solamente una corta etapa oxidante precede la zona antioxidante inicial, los requisitos de NO_x^- se obtienen mediante el reciclado del fluido mezclado procedente de una zona oxidante que contiene éste (como en el modo de realización ilustrado en la figura 1) conteniendo dicho fluido NO_x^- así como la biomasa activa. Por otra parte, con una fase oxidante suficientemente prolongada, como en la figura 2, y el consiguiente suministro adecuado de NO_x^- por medio de la circulación simultánea del fluido mezclado procedente de una etapa oxidante anterior, dicho reciclado interno de fluido mezclado hacia la zona antioxidante a partir de una fase oxidante situada río abajo no es necesario, pero es importante suministrar OBD y biomasa activa a la zona antioxidante, lo que se hace mediante el retorno a esta zona del lodo sedimentado activado procedente del clarificador.

Aunque en el modo de realización ilustrado la cámara 40 se representa como estando abierta hacia la atmósfera, puede utilizarse si se desea una cámara cubierta, con unos medios para introducir el gas que contiene oxígeno.

El modo de realización que se ilustra en la figura 3, utiliza igualmente una zona de tratamiento oxidante inicial, constituida por la cámara 50, una siguiente zona de tratamiento antioxidante constituida por la cámara cerrada 51 provista de un dispositivo de ventilación, y la cámara cerrada y ventilada



52; y una siguiente zona de tratamiento oxidante constituida por la cámara cerrada 53, efectuándose la comunicación de la circulación del líquido en todas estas cámaras en el orden indicado. La cámara 52 puede dividirse con tabiques u de otro modo en una multiplicidad de compartimiento o subcámaras que aseguran la comunicación escalonada de la circulación de líquido. En el modo de realización ilustrado, se representan tres compartimientos o subcámaras 52a, 52b, 52c. Igualmente, la cámara 53 puede subdividirse en una pluralidad de compartimientos o subcámaras. En el modo de realización descrito se ilustran 4 de estos compartimientos designados por 53a, 53b, 53c, 53d. Se introduce el gas rico en oxígeno en la cámara 50 por la tubería 16 y el gas que se acumula en la cámara de pleno encima del nivel del líquido en la cámara 50 penetra en la cámara 53 por la tubería 19. Como en el modo de realización de la figura 1, el líquido mezclado procedente de la zona de tratamiento oxidante, es decir la cámara 53, preferentemente a partir del compartimiento terminal de la misma, es reciclado a la zona de tratamiento antioxidante anterior, es decir las cámaras 51 y 52. Como se ilustra en la figura 3, el fluido procedente del compartimiento terminal 53d es reciclado a la cámara 51 por la tubería 24. El líquido restante procedente del compartimiento 53d penetra en una cámara antioxidante abierta 54 en la cual el fluido es esencialmente separado del oxígeno disuelto y a continuación fluye en una siguiente cámara abierta 55, en la cual el fluido está sometido a un tratamiento suplementario con aire u otro gas conteniendo oxígeno para oxidar las pequeñas cantidades de amoníaco residual que puedan estar presentes y para proporcionar oxígeno disuelto en el efluente. Mediante la introducción de oxígeno en la última cámara de tratamiento 55, el oxígeno disuelto del flui



do se ajusta al nivel alto deseado antes de su descarga en el clarificador 26.

Después del tratamiento oxidante final en la cámara 55, el fluido penetra en un segundo clarificador 26 para obtener la sedimentación de los sólidos de la suspensión acuosa. La suspensión acuosa activada y sedimentada es reciclada parcialmente hacia la cámara 50 por la tubería 29, mientras que otras porciones de la misma son recicladas a zonas antioxidantes constituidas por las cámaras 51 y 54 a través de las tuberías derivadas 59 y 60, respectivamente.

Se introduce nitrógeno u otro gas inerte en las cámaras 51 y 52 por medio de la tubería 61 y el gas consumido se escapa de éstas por las tuberías 62 y 62c. Cuando la cámara 52 está dividida en una multiplicidad de compartimientos, cada uno de ellos puede estar dotado de medios separados para la introducción de gas inerte a partir de un colector común, y de medios separados para descargar individualmente el gas procedente de cada uno de estos compartimientos; en variante, los compartimientos sucesivos pueden dotarse de orificios limitados formados en los tabiques o de otros medios de conducción de circulación de gas entre ellos, con lo cual el gas inerte puede ser introducido en un compartimiento inicial o terminal de la serie y puede escaparse del compartimiento situado en la extremidad opuesta de dicha serie. Como en el caso de las cámaras 52 y 53, la cámara 54 puede también estar tabicada con el objeto de subdividirla en una pluralidad de compartimientos sucesivos que comunican los unos con los otros.

En cualquiera de los modos de realización descritos aquí, lo mismo si se hace volver el fluido mezclado procedente de una zona oxidante situada río abajo hasta una zona an



5 tioxidante anterior (como en la figura 1) o si se hace volver una
porción de la suspensión acuosa reciclada procedente de un clari-
ficador secundario a una zona antioxidante, (como en la figura 2)
o si se utilizan al mismo tiempo la suspensión acuosa y el fluido
mezclado reciclados (como se ilustra en el modo de realización de
la figura 3) es importante que el nivel del oxígeno disuelto en
la zona o en la subzona oxidante inicial en la cual se efectúa
por primera vez el mezclado de la suspensión acuosa reciclada con
las aguas residuales entrantes, sea por lo menos, de 2 ppm: En las
10 siguientes zonas oxidantes, puede admitirse un nivel de oxígeno
disuelto más bajo siempre y cuando se obtengan condiciones de oxi-
dación satisfactorias. Para conseguir estas condiciones, el nivel
de oxígeno disuelto en las fases o subfases oxidantes más allá de
la sección hidráulica de contacto inicial, no debe disminuir por
debajo de un ppm aproximadamente y debe preferentemente mantenerse
15 se por lo menos en un valor algo superior a 1 ppm en cualquier zo-
na oxidante en la cual se necesita realizar una nitrificación sus-
tancial.

20 Para llevar a la práctica el modo de realización
de reciclado de fluido mixto que se ilustra en la figura 1, parti-
cularmente en el caso de aguas residuales, particularmente débiles,
el contenido de OBD del fluido mezclado sometido al tratamiento en
una fase antioxidante puede ser insuficiente para suministrar la
cantidad necesaria de carbono asimilable para asegurar las reac-
25 ciones biológicas con el grado deseado de reducción de NO_x^- . Un
procedimiento para completar el carbono disponible en la fase
antioxidante, consiste en reciclar una parte del lodo reciclado
activado que contiene OBD a esta fase. En variante, el contenido
de carbono asimilable puede ser completado añadiendo suspensión
30 acuosa primaria. Otra variante consiste en suministrar los agentes



reductores añadiendo a la fase antioxidante un compuesto orgánico, tal como metanol, acetato que se biodegrada fácilmente, o en variante , substratos asimilables de carbono soluble.

5 Se efectuaron una serie de operaciones experimentales en una unidad de laboratorio que tiene la configuración que se ilustra en la figura 4, con un total de 46,5 l incluyendo una zona oxidante inicial (A) de 1,5 l, seguida por una zona de tratamiento antioxidante (B) incluyendo en serie cinco compartimientos (numerados de 2 a 6) ,respectivamente de 3, 6, 6, 6 y 9 l de ca-
10 pacidad, y una segunda zona oxidante (C) con cuatro compartimientos (numerados de 7 a 10) en serie, con una capacidad de 3, 3, 4, 5 y 4,5 l. La capacidad del clarificador era de 17,5 l. La carga nueva introducida en la unidad estaba constituida por efluentes de aguas residuales procedentes del primer clarificador de una
15 instalación de aguas residuales municipal. En esta serie de operaciones marcadas A a F en la tabla 1 que sigue, una parte del fluido mezclado procedente del último compartimiento oxidante (10) de la serie, se recicló al primer compartimiento (2) de la fase antioxidante de la serie. No se hizo ningún intento en estas operaciones
20 experimentales para obtener la eliminación óptima del nitrógeno de las aguas residuales.

En las operaciones A y B no se añadió ninguna fuente de carbono externa al tratamiento de las aguas residuales. En las operaciones de E y F se añadió directamente a la fase antioxidante (cámara 2) material carbonáceo (acetato de sodio) , mientras que en las operaciones C y D se añadió material carbonáceo a la fase de contacto inicial (cámara 1). Puede verse en la tabla
25 1 que en todas las operaciones, se consiguió la eliminación del nitrógeno de amonio a razón del 99% o más indicando que se había producido la nitrificación eficaz. Igualmente, se consiguió la
30



eliminación del OBD en todas las operaciones a razón de 95% o más (basándose en los resultados de filtración) y se obtuvieron buenas propiedades de sedimentación de la suspensión acuosa. Comparando la eliminación total del nitrógeno en las operaciones A y B con la de las otras operaciones, puede verse que con una concentración bastante reducida del OBD en las aguas residuales entrantes, se dispone de una cantidad de carbono insuficiente después del tratamiento oxidante inicial (A) para satisfacer totalmente los requisitos del carbono para la desnitrificación en la siguiente fase antioxidante (B).

Examinando los datos de la tabla 1, deben hacerse las siguientes observaciones. Comparando las operaciones A y B puede verse que con la relación de reciclado interna duplicada, el nitrógeno de amoníaco en el efluente procedente del tratamiento antioxidante (compartimiento 6), era notablemente inferior en la operación B, aunque el contenido de nitrógeno de amoníaco del líquido entrante fuera superior en un 17%. Esto demuestra la eliminación potencialmente superior del nitrógeno con una relación de reciclado interno más elevada para este sistema esquemático de tres fases. Comparando los resultados obtenidos en las operaciones B y D con los de las operaciones A y B, la influencia del OBD más soluble en el líquido entrante se manifiesta lo mismo que las ventajas de una mayor relación de reciclado interno (comparar D C). En las operaciones E y F no se aumentó el contenido de OBD soluble en el líquido entrante, pero se añadió a la fase antioxidante OBD soluble bajo la forma de acetato de sodio, lo que permite obtener una mejor desnitrificación total. En este caso también, el efecto de la relación de reciclado interno más elevada está representado por el contenido notablemente inferior de nitrógeno de amoníaco (3,8 en comparación con 6,3 mg/l) en el



efluente de fluido mezclado procedente del tratamiento antioxidante (compartimiento 6).

El contenido de OBD soluble de las aguas residuales entrantes, que se trataron en las operaciones de la tabla 1 es bajo y el contenido de nitrógeno de amoníaco es bastante elevado para un líquido entrante que tiene este bajo contenido de OBD. Normalmente, con aguas residuales de dichas características puede ser preferible añadir carbono suplementario procedente de una fuente externa, directamente a la zona de tratamiento antioxidante, si se desea, para facilitar la eliminación óptima del nitrógeno. Por otra parte, según se representa en la operación D, es posible que no se necesite añadir carbono externo para conseguir un elevado nivel de superesión del nitrógeno total, si una fuente de suministro adecuada de OBD soluble está presente en el agua residual entrante.

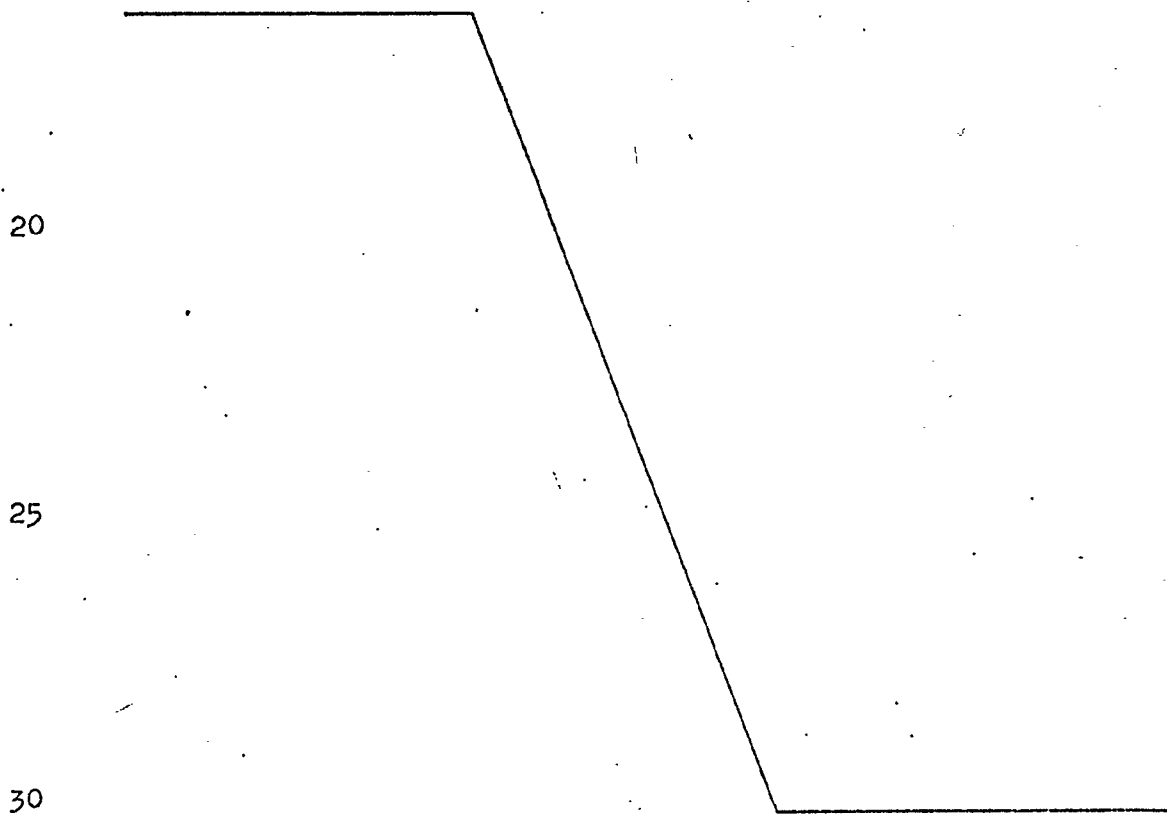


TABLA I

Operación	A	B	C	D	$\frac{D}{A}$	$\frac{D}{B}$	$\frac{D}{C}$
Días de funcionamiento	11	8	7	8	8	10	8
Tiempo de retención del influente (h)	8,46	8,56	8,64	8,66	8,66	8,62	8,40
Influente/reciclado del lodo del clarificador	0,32	0,31	0,31				
Influente/reciclado interno fluido mixto	2,03	3,96	2,01	0,30	0,32	0,32	0,29
TSS en el influente (1) (mg/l)	123	112	140	4,06	2,03	2,03	3,92
VSS en el influente (5) (mg/l)	76	76	92	136	120	120	135
OBD total en el influente (mg/l)	50	42	90	97	87	87	95
OBD soluble en el influente (mg/l)	21	15	61	102	61	61	67
MLVSS (2)	(mg/l) 4.247	4.268	4.462	64	24	24	31
SVI (3)	(ml/gTSS) 70	63	66	4.530	4.222	4.222	4.321
ZSV (4)	(pie/h) 4,3	6,5	4,4	64	59	59	57
NH ₃ -N en influente	(mg/l) 28,4	33,4	29,2	5,1	4,7	4,7	5,3
NO _x -N en influente	(mg/l) 0,1	0,1	0,1	27,6	29,9	29,9	28,3
NH ₃ -N en lodo reciclado	(mg/l) 0,8	2,4	2,4	0,1	0,1	0,1	0,1
NO _x -N en lodo reciclado	(mg/l) 2,4	6,1	0,2	1,8	0,8	0,8	2,3
NH ₃ -N Inf. fase A	(mg/l) 21,7	26,0	22,9	1,0	0,4	0,4	0,3
NO _x -Inf. fase A	(mg/l) 0,6	1,5	0,1	21,8	22,9	22,9	22,5
NH ₃ -N fase A	(mg/l) 15,8	20,3	20,1	0,3	0,1	0,1	0,1
NO _x -N fase A	(mg/l) 4,7	7,2	2,5	15,3	17,4	17,4	15,7
NH ₃ -N Inf. fase B	(mg/l) 6,7	6,5	9,0	2,5	2,5	2,5	2,4
NO _x -N Inf. fase B	(mg/l) 9,0	15,0	4,9	4,4	7,2	7,2	4,7
NH ₃ -N Efl. fase B	(mg/l) 5,3	4,8	8,2	3,5	5,6	5,6	4,0
NO _x -N Efl. fase B	(mg/l) 5,6	13,6	0,9	3,2	6,3	6,3	3,8
NH ₃ -N Efl. fase C	(mg/l) 0,8	2,0	1,9	1,1	0,5	0,5	1,0
NO _x -N Efl. fase C	(mg/l) 11,8	17,6	6,5	0,8	0,6	0,6	1,1
NH ₃ -N en el efluente	(mg/l) 0,1	0,1	0,1	3,8	7,6	7,6	4,6
NO _x -N en el efluente	(mg/l) 10,1	16,4	6,3	0,3	0,2	0,2	0,2
				4,9	7,3	7,3	4,4

TABLA I

<u>Operación</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	
Dias de funcionamiento	11	8	7	
Tiempo de retención del influente (h)	8,46	8,56	8,64	
5 Influyente/reciclado del lodo del clarificador	0,32	0,31	0,31	
Influente/reciclado interno fluido mixto	2,03	3,96	2,01	
TSS en el influente (1) (mg/l)	123	112	140	
VSS en el influente (5) (mg/l)	76	76	92	13
10 OBD total en el influente (mg/l)	50	42	90	9
OBD soluble en el influente (mg/l)	21	15	61	10
MLVSS (2) (mg/l)	4.247	4.268	4.462	6
SVI (3) (ml/gTSS)	70	63	66	4.53
ZSV (4) (pie/h)	4,3	6,5	4,4	6
15 NH ₃ -N en influente (mg/l)	28,4	33,4	29,2	
NO _x -N en influente (mg/l)	0,1	0,1	0,1	2
NH ₃ -N en lodo reciclado (mg/l)	0,8	2,4	2,4	
NO _x -N en lodo reciclado (mg/l)	2,4	6,1	0,2	
NH ₃ -N Inf. fase A (mg/l)	21,7	26,0	22,9	
20 NO _x -Inf. fase A (mg/l)	0,6	1,5	0,1	2
NH ₃ -N fase A (mg/l)	15,8	20,3	20,1	
NO _x -N fase A (mg/l)	4,7	7,2	2,5	1
NH ₃ -N Inf.fase B (mg/l)	6,7	6,5	9,0	
NO _x -N Inf.fase B (mg/l)	9,0	15,0	4,9	
25 NH ₃ -N Efl. fase B (mg/l)	5,3	4,8	8,2	
NO _x -N Efl. fase B (mg/l)	5,6	13,6	0,9	
NH ₃ -N Efl. fase C (mg/l)	0,8	2,0	1,9	
NO _x -N Efl. fase C (mg/l)	11,8	17,6	6,5	
NH ₃ -N en el efluente (mg/l)	0,1	0,1	0,1	
30 NO _x -N en el efluente (mg/l)	10,1	16,4	6,3	



<u>D</u>	<u>E[⌘]</u>	<u>F^{⌘⌘}</u>
8	10	8
8,66	8,62	8,40
0,30	0,32	0,29
4,06	2,03	3,92
136	120	135
97	87	95
102	61	67
64	24	31
4.530	4.222	4.321
64	59	57
5,1	4,7	5,3
27,6	29,9	28,3
0,1	0,1	0,1
1,8	0,8	2,3
1,0	0,4	0,3
21,8	22,9	22,5
0,3	0,1	0,1
15,3	17,4	15,7
2,5	2,5	2,4
4,4	7,2	4,7
3,5	5,6	4,0
3,2	6,3	3,8
1,1	0,5	1,0
0,8	0,6	1,1
3,8	7,6	4,6
0,3	0,2	0,2
4,9	7,3	4,4

TABLA I (continuación)

Operación	A	B	C	D	$\frac{E}{E_{max}}$	$\frac{F}{F_{max}}$
OBD total en el efluente	6,8	7,7	10,3	10,1	9,1	10,9
OBD soluble en el efluente	2,7	1,6	1,9	1,6	3,0	1,7
% de OBD retirado T-F (%)	86,5	81,6	88,5	90,0	85,2	83,6
% de OBD retirado T-S (%)	94,6	96,2	97,9	98,4	95,2	97,4
% NH ₃ -N retirado (%)	99,7	99,6	99,6	98,9	99,3	99,3
% Σ N retirado (%)	64,2	50,5	78,2	81,3	75,0	83,8
Temperatura Zona A (°C)	22,2	22,4	22,5	22,2	20,2	21,7
F/N oxidante y OBD _{5U} /sVSS/día	0,10	0,8	0,16	0,18	0,11	0,12
CC	0,25	0,27	0,33	0,35	0,28	0,24
Ps/Ma Zona A	2,62	1,75	5,35	5,07	2,67	3,87

* Fuente de OBD soluble añadida a la operación B - 12,6 mg/l de

BOD basado en circulación total

** Fuente de OBD soluble añadida a la operación B - 7,5 mg/l de BOD

basado en circulación total

(1) TSS = Total de sólidos en suspensión

(2) MLVSS = Sólidos volátiles en suspensión en el fluido mixto

(3) SVI = Índice volumétrico del lodo (mm de agua asociados con

1 gramo de lodo)

(4) ZSV = Velocidad de sedimentación en la zona

(5) Sólidos volátiles en suspensión

TABLA I (continuación)

<u>Operación</u>	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	
OBD total en el efluente	6,8	7,7	10,3	1
OBD soluble en el efluente	2,7	1,6	1,9	
5 % de OBD retirado T-T (%)	86,5	81,6	88,5	9
% de OBD retirado T-S (%)	94,6	96,2	97,9	9
% NH ₃ -N retirado (%)	99,7	99,6	99,6	9
% Σ N retirado (%)	64,2	50,5	78,2	8
Temperatura Zona A (°C)	22,2	22,4	22,5	2
10 F/M oxidante y OBD _{5U} /gVSS/día	0,10	0,8	0,16	
α	0,25	0,27	0,33	
Fs/Ma Zona A	2,62	1,75	5,35	
≠ Fuente de OBD soluble añadida a la operación B - 12,6 mg/l de BOD basado en circulación total				
15	≠≠ Fuente de OBD soluble añadida a la operación B - 7,5 mg/l de BOD basado en circulación total			
(1) TSS = Total de sólidos en suspensión				
(2) MLVSS = Sólidos volátiles en suspensión en el fluido mixto				
(3) SVI = Índice volumétrico del lodo (mm de agua asociados con				
20	1 gramo de lodo)			
(4) ZSV = Velocidad de sedimentación en la zona				
(5) Sólidos volátiles en suspensión				



<u>D</u>	<u>E</u> [≠]	<u>F</u> ^{≠≠}
10,1	9,1	10,9
1,6	3,0	1,7
90,0	85,2	83,6
98,4	95,2	97,4
98,9	99,3	99,3
81,3	75,0	83,8
22,2	20,2	21,7
0,18	0,11	0,12
0,35	0,28	0,24
5,07	2,67	3,87



Se efectuaron una serie de operaciones de acuerdo con la variante de realización ilustrada en la figura 2, en la cual se obtuvo el suministro de biomasa añadida a la zona de desnitrificación mediante la introducción de una parte de lodo reciclado procedente del clarificador en la zona de tratamiento antioxidante. La configuración de la unidad de laboratorio utilizada se ilustra en la figura 5.

La unidad de laboratorio utilizada incluye una primera fase de tratamiento oxidante (A) una segunda fase antioxidante (B) y una fase oxidante final (C). Cada una de las fases (A) y (B) han sido subdivididas en compartimiento, incluyendo la fase (A) cinco compartimientos (numerados 1 a 5) y la fase (B) incluye cinco compartimientos (numerados de 6 a 10). Las capacidades relativas de las varias fases y compartimientos se indican en la tabla 3 que sigue. La carga que se introduce en la unidad es el efluente del clarificador primario procedente de una instalación de aguas residuales municipales.

Los datos representativos de un cierto número de operaciones realizadas en las condiciones de funcionamiento indicadas, se ilustran en la tabla 2 que sigue. Estas operaciones han sido realizadas principalmente para obtener información respecto a la posibilidad de utilización práctica del procedimiento general que utiliza lodo reciclado a partir del clarificador secundario para suministrar biomasa a la fase de tratamiento antioxidante y para determinar el efecto de ciertas variables del proceso. Como se representa en la tabla, se obtuvo en todas las operaciones una excelente supresión del nitrógeno de amoníaco, lo que indica que se obtuvo una nitrificación casi completa en la fase de tratamiento oxidante (A). También se obtuvo una buena supresión del OED del orden del 90% o más en todas las operaciones salvo la opera-



L. En esta operación, como se observará, se ha añadido una cantidad bastante importante de lodo residual primario a la fase antioxidante y la muy corta fase siguiente de limpieza oxidante fue in suficiente para obtener una eliminación más completa del OBD. Estas operaciones demostraron además que para obtener un elevado grado de desnitrificación, es necesario que esté presente un suministro adecuado de una fuente reductora en la fase o en las fases de tratamiento antioxidante. Este agente reductor puede obtenerse a partir de una fuente interna tal como la respiración de oxígeno endógena o a partir del contenido de OBD del influente de aguas residuales o puede ser añadido OBD procedente del lodo del clarificador primario y/o secundario. Cuando la relación entre OBD soluble y $\text{NH}_3\text{-N}$ del influente de aguas residuales es relativamente reducido, por ejemplo del orden de 2 o menos, puede ser necesario suministrar carbono directamente a la zona antioxidante a partir de una fuente externa bajo la forma de un compuesto orgánico soluble, tal y como el metano, el acetato de sodio o cualquier elemento parecido.

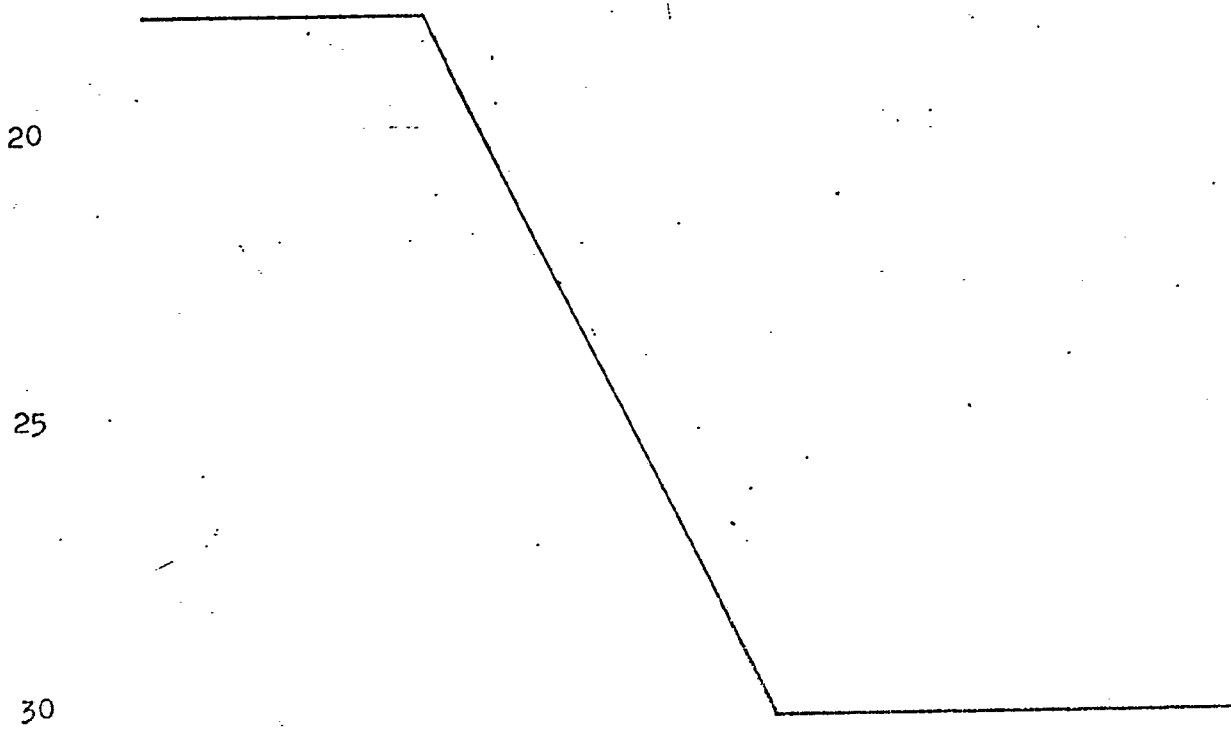


TABLA 2

Operación	G	H	I	J	K	L	M
Días de funcionamiento	9	8	6	15	12	7	10
Tiempo de retención del influente (h)	7,70	7,98	8,58	6,64	6,68	6,64	7,97
Influyente/reciclado 1 del lodo del clarificador	0,31	0,31	0,30	0,30	0,31	0,29	0,40
Influyente/reciclado 2 del lodo del clarificador	0,31	0,30	0,59	0,61	0,62	0,60	0,00
TSS en el influente (1), (mg/l)	59	60	84	117	143	131	106
VSS en el influente (5) (mg/l)	44	49	61	88	95	87	75
OBD total en el influente (mg/l)	35	61	44	70	62	46	51
OBD soluble en el influente (mg/l)	16	31	24	35	27	19	19
MLVSS fase A (2) (mg/l)	3.250	3.529	3.161	3.498	4.030	3.967	7.408
SVI (3) (ml/gTSS)	60	58	56	42	40	37	32
ZSV (4) (pie/h)	5,8	7,2	8,3	11,0	10,4	10,2	5,5
MLVSS fases B y C (mg/l)	4.983	5.293	5.706	7.171	7.764	7.854	7.366
NH ₃ -N en influente (mg/l)	36,5	38,8	37,5	26,0	28,9	31,8	35,9
NO _x -N en influente (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
NH ₃ -N en lodo reciclado (mg/l)	1,0	0,9	3,4	0,9	1,9	2,0	1,6
NO _x -N en lodo reciclado (mg/l)	10,4	2,0	2,1	0,5	5,0	0,2	5,6
NH ₃ -N en influente Fase A (mg/l)	28,2	29,8	29,6	20,3	22,6	25,0	26,0
NO _x -N en influente Fase A (mg/l)	2,5	0,5	2,1	0,2	1,2	0,1	1,7
NH ₃ -N en fase A (mg/l)	24,1	25,9	27,2	15,3	20,3	25,7	20,7
NO _x -N en fase A (mg/l)	6,6	8,6	6,4	2,5	4,5	2,4	6,6
NH ₃ -N en efluente Fase A (mg/l)	1,0	0,6	3,2	0,6	2,8	5,0	0,5
NO _x -N en efluente Fase A (mg/l)	28,1	30,3	31,4	18,3	24,0	19,3	28,9
NH ₃ -N en influente Fase B (mg/l)	1,0	0,7	3,5	0,6	2,5	4,1	0,5
NO _x -N en influente Fase B (mg/l)	24,8	26,0	24,3	12,6	17,8	13,2	28,9
NH ₃ -N en efluente Fase B (mg/l)	1,1	1,3	3,8	0,5	4,1	8,4	1,2
NO _x -N en efluente Fase B (mg/l)	18,9	18,6	14,9	5,4	1,6	1,9	21,0
NH ₃ -N en efluente (mg/l)	0,3	0,3	0,2	0,8	0,3	1,8	0,2
NO _x -N en efluente (mg/l)	18,3	18,1	13,7	0,6	11,1	2,0	21,6

TABLA 2

	<u>Operación</u>	<u>G</u>	
	Días de funcionamiento	9	
	Tiempo de retención del influente (h)	7,70	
5	Influente/reciclado 1 del lodo del clarificador	0,31	
	Influente/reciclado 2 del lodo del clarificador	0,31	
	TSS en el influente (1), (mg/l)	59	
	VSS en el influente (5) (mg/l)	44	
	OBD total en el influente (mg/l)	35	
10	OBD soluble en el influente (mg/l)	16	
	MLVSS fase A (2) (mg/l)	3.250	3.
	SVI (3) (ml/gTSS)	60	
	ZSV (4) pie/h	5,8	
	MLVSS fases B y C (mg/l)	4.983	5.
15	NH ₃ -N en influente (mg/l)	36,5	
	NO _x -N en influente (mg/l)	0,1	
	NH ₃ -N en lodo reciclado (mg/l)	1,0	
	NO _x -N en lodo reciclado (mg/l)	10,4	
	NH ₃ -N en influente Fase A (mg/l)	28,2	
20	NO _x -N en influente Fase A (mg/l)	2,5	
	NH ₃ -N en fase A (mg/l)	24,1	
	NO _x -N en fase A (mg/l)	6,6	
	NH ₃ -N en efluente Fase A (mg/l)	1,0	
	NO _x -N en efluente Fase A (mg/l)	28,1	
25	NH ₃ -N en influente Fase B (mg/l)	1,0	
	NO _x -N en influente Fase B (mg/l)	24,8	
	NH ₃ -N en efluente Fase B (mg/l)	1,1	
	NO _x -N en efluente Fase B (mg/l)	18,9	
	NH ₃ -N en efluente (mg/l)	0,3	
30	NO _x -N en efluente (mg/l)	18,3	



<u>H</u>	<u>I</u>	<u>J</u> [≠]	<u>K</u>	<u>L</u> ^{≠≠}	<u>XXX</u> [≠]
8	6	15	12	7	10
7,98	8,58	6,64	6,68	6,64	7,97
0,31	0,30	0,30	0,31	0,29	0,40
0,30	0,59	0,61	0,62	0,60	0,00
60	84	117	143	131	106
49	61	88	95	87	75
61	44	70	62	46	51
31	24	35	27	19	19
3.529	3.161	3.498	4.030	3.967	7.408
58	56	42	40	37	32
7,2	8,3	11,0	10,4	10,2	5,5
5.293	5.706	7.171	7.764	7.854	7.366
38,8	37,5	26,0	28,9	31,8	35,9
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,9	3,4	0,9	1,9	2,0	1,6
2,0	2,1	0,5	5,0	0,2	5,6
29,8	29,6	20,3	22,6	25,0	26,0
0,5	2,1	0,2	1,2	0,1	1,7
25,9	27,2	15,3	20,3	25,7	20,7
8,6	6,4	2,5	4,5	2,4	6,6
0,6	3,2	0,6	2,8	5,0	0,5
30,3	31,4	18,3	24,0	19,3	28,9
0,7	3,5	0,6	2,5	4,1	0,5
26,0	24,3	12,6	17,8	13,2	28,9
1,3	3,8	0,5	4,1	8,4	1,2
18,6	14,9	5,4	1,6	1,9	21,0
0,3	0,2	0,8	0,3	1,8	0,2
18,1	13,7	0,6	11,1	2,0	21,6

TABLA 2 (continuación)

TABLA 2 (continuación)

Operación	F	H	I	J ^u	K	L ^u	M ^u
OBD total efluente (mg/l)	13,7	16,7	11,1	13,3	10,4	22,0	12,9
OBD soluble efluente (mg/l)	2,8	4,9	4,4	5,1	3,4	7,2	1,6
% OBD retirado T-T (%)	60,9	72,6	74,8	81,0	83,2	52,8	74,7
% OBD retirado T-S (%)	92,0	92,0	90,0	92,7	94,5	84,6	96,9
% NH ₃ -N retirado (%)	99,2	99,2	99,6	98,7	98,9	94,2	99,5
% Σ N retirado (%)	49,2	65,5	63,1	96,9	60,0	88,0	39,5
Compartimiento nº 1 (°C)	20,8	20,1	21,9	21,4	20,8	21,2	23,3
F/M oxidante y OBD _{5U} /gVSS/día	0,11	0,19	0,15	0,15	0,11	0,09	0,04
α	0,45	0,46	0,38	0,26	0,21	0,21	0,14
PS/da compartimiento nº 1	1,83	3,16	3,40	4,33	3,57	2,58	1,64

* Fuente de OBD soluble añadida a la operación B - 32 mg/l de BOD basado en circulación total.

15 ** Lodo residual primario añadido a la operación B - 16mg/l TSS, 16 mg/l COD_u; 2 mg/l OBD_u basado en circulación total.

*** Lodo residual primario añadido a la operación B - 12 mg/l TSS, 13 mg/l COD_u; 3 mg/l OBD_u basado en circulación total

(1) TSS = Total de sólidos en suspensión

(2) MLVSS = Sólidos volátiles en suspensión en efluído mixto

(3) SVI = Índice volumétrico del lodo (mm de agua asociados con 1 gramo de lodo)

(4) ZSV = Velocidad de sedimentación en la zona

(5) Sólidos volátiles en suspensión

TABLA 2 (continuación)

	<u>Operación</u>		<u>G</u>
	OBD total efluente	(mg/l)	13,7
	OBD soluble efluente	(mg/l)	2,8
5	% OBD retirado T-T	(%)	60,9
	% OBD retirado T-S	(%)	92,0
	% NH ₃ -N retirado	(%)	99,2
	% Σ N retirado	(%)	49,2
	Compartimiento nº 1	(°C)	20,8
10	F/M oxidante y OBD _{5U} /gVSS/día		0,11
	α		0,45
	FS/ha compartimiento nº 1		1,83
	* Fuente de OBD soluble añadida a la operación B - 32 mg/l de BOD basado en circulación total.		
15	** Lodo residual primario añadido a la operación B - 16mg/l TSS, 16 mg/l COD _u ; 2 mg/l OBD _u basado en circulación total.		
	*** Lodo residual primario añadido a la operación B - 12 mg/l TSS, 13 mg/l COD _u ; 3 mg/l OBD _u basado en circulación total		
	(1) TSS = Total de sólidos en suspensión		
20	(2) MLVSS = Sólidos volátiles en suspensión en el fluido mixto		
	(3) SVI = Índice volumétrico del lodo (mm de agua asociados con 1 gramo de lodo)		
	(4) ZSV = Velocidad de sedimentación en la zona		
	(5) Sólidos volátiles en suspensión		

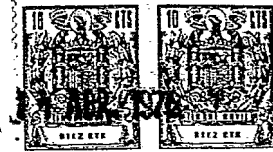


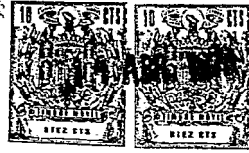
TABLA 2 (continuación)

<u>H</u>	<u>I</u>	<u>J</u> ^{xx}	<u>K</u>	<u>L</u> ^{xxx}	<u>M</u> ^{xxx}
16,7	11,1	13,3	10,4	22,0	12,9
4,9	4,4	5,1	3,4	7,2	1,6
72,6	74,8	81,0	83,2	52,8	74,7
92,0	90,0	92,7	94,5	84,6	96,9
99,2	99,6	98,7	98,9	94,2	99,5
65,5	63,1	96,9	60,0	88,0	39,5
20,1	21,9	21,4	20,8	21,2	23,3
0,19	0,15	0,15	0,11	0,09	0,04
0,46	0,38	0,26	0,21	0,21	0,14
3,16	3,40	4,33	3,57	2,58	1,64



En las operaciones indicadas en la tabla 2, las capacidades relativas de las fases y subfases se indican en la tabla 3 siguiente:

Operación	TABLA 3					Total			Zona C (litros)				
	(litros)					Zona B			(litros)				
	1	2	3	4	5	Zona B			6	7	8	9	10
G, H	1,8	3,6	3,6	3,6	5,4	42			3	9	9	9	12
I	1,6	3,2	3,2	3,2	4,8	24			2,4	4,8	4,8	4,8	7,2
J, K, L, II	2,4	4,8	4,8	4,8	7,2								



Total	(litros)					Zona C (litros)
<u>Zona B</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	
42.	3	9	9	9	12	0,6
45	3	9	9	9	15	0,6
24	2,4	4,8	4,8	4,8	7,2	0,6



Comparando las operaciones G y H, se observará que con el influente de fuerza más elevada (OBD total y OBD soluble) se ha producido una mejor extracción de nitrógeno total y que el contenido de NO_x - nitrógeno del lodo reciclado se ha reducido considerablemente, (2,0 en comparación con 10,4 mg/l). Sin embargo, la operación I presenta resultados comparables a los de la operación H aunque se haya utilizado en este último caso un influente de aguas residuales más débil. Por tanto, se observará que el efecto perjudicial del influente de fuerza reducida puede ser compensado mediante el incremento de la cantidad de lodo reciclado con relación al influente admitido en la fase antioxidante. Aumentando el contenido de OBD, por ejemplo mediante adición de acetato soluble directamente a la fase antioxidante, el tiempo de retención del influente en la fase antioxidante puede ser reducido, como se ve claramente en la operación J, obteniéndose sin embargo una excelente eliminación general del nitrógeno total. En el tiempo de permanencia general más pequeño en la fase antioxidante, operación K, no puede obtenerse el elevado grado deseado de desnitrificación, a no ser que se disponga en esta fase de una fuente suficiente de OBD carbonáceo. En la operación L, en la cual se ha añadido a la fase antioxidante lodo residual primario que contiene amoníaco, la supresión del nitrógeno total no es tan buena como la que se obtiene en la operación K. Por otra parte, sin adición de lodo activado reciclado a la zona antioxidante, operación M, se obtiene una supresión de nitrógeno extremadamente mediocre a pesar de la adición de lodo residual primario a esta zona. Se recomienda la utilización de lodo residual primario como fuente de carbono, solamente si la relación OBD/NH_3 es igual o superior a la del agua residual.

30

En todas las operaciones G a M, que se efectúan se-



cuencialmente en el tiempo, se mantuvieron buenas propiedades de sedimentación e incluso éstas se mejoraron de la manera indicada debido a los valores más bajos de SVI, (índice volumétrico del lodo).

5 El diseño de una instalación comercial práctica que utiliza los sistemas 1 ó 4, o incluso el sistema de la figura 3, acarrear preferentemente la utilización de por lo menos cuatro fases de tratamiento consecutivas en el orden oxidante-antioxidante, oxidante-antioxidante. Una fase final oxidante opcional, que necesita solamente ser de capacidad relativamente reducida, puede emplearse para asegurar la presencia de oxígeno disuelto en el fluido mezclado que penetra en el clarificador.

15 Una demostración de laboratorio de un sistema de este tipo utilizando efluente del clarificador primario procedente de una instalación de tratamiento de aguas residuales, se describe en la tabla 4 y se representa en la figura 6. Las aguas residuales municipales e industriales fuertemente mezcladas contienen generalmente 20 mg/l de $\text{NH}_3\text{-N}$ soluble y 40 mg/l de nitrógeno Kjeldahl total (TKN). Aunque la demanda de oxígeno carbonáceo del agua residual sea elevada, alcanzando el OBD_5 total 250 mg/l y alcanzando el OBD_5 filtrado 200 mg/l, una eliminación simple del OBD da lugar a la formación de $\text{NH}_3\text{-N}$ soluble similar al del influente, lo que exige una nitrificación y por tanto una desnitrificación para un tratamiento adecuado. Las operaciones N y O reflejan las condiciones de arranque del proceso después de la consecución de la nitrificación total, como se refleja por una supresión de $\text{NH}_3\text{-N}$ superior al 99%. Los valores del NO_x^- efluente han sido reducidos diametralmente durante estos periodos de arranque, y al acercarse los niveles de MLVSS a 3.500 mg/l y al aumentar la fuerza del influente de sustrato, según se refleja en las siguientes operaciones P



y Q, la reducción de NO_x^- era esencialmente completa y la supresión de L total, basada en el influente filtrado y en los valores de efluente filtrado, llegó a ser superior a 97%. Con relación al TKN influente, los rendimientos de eliminación serían todavía superiores, facilitando un control adecuado de los sólidos en suspensión en el efluente

5
10
15
20
25
30

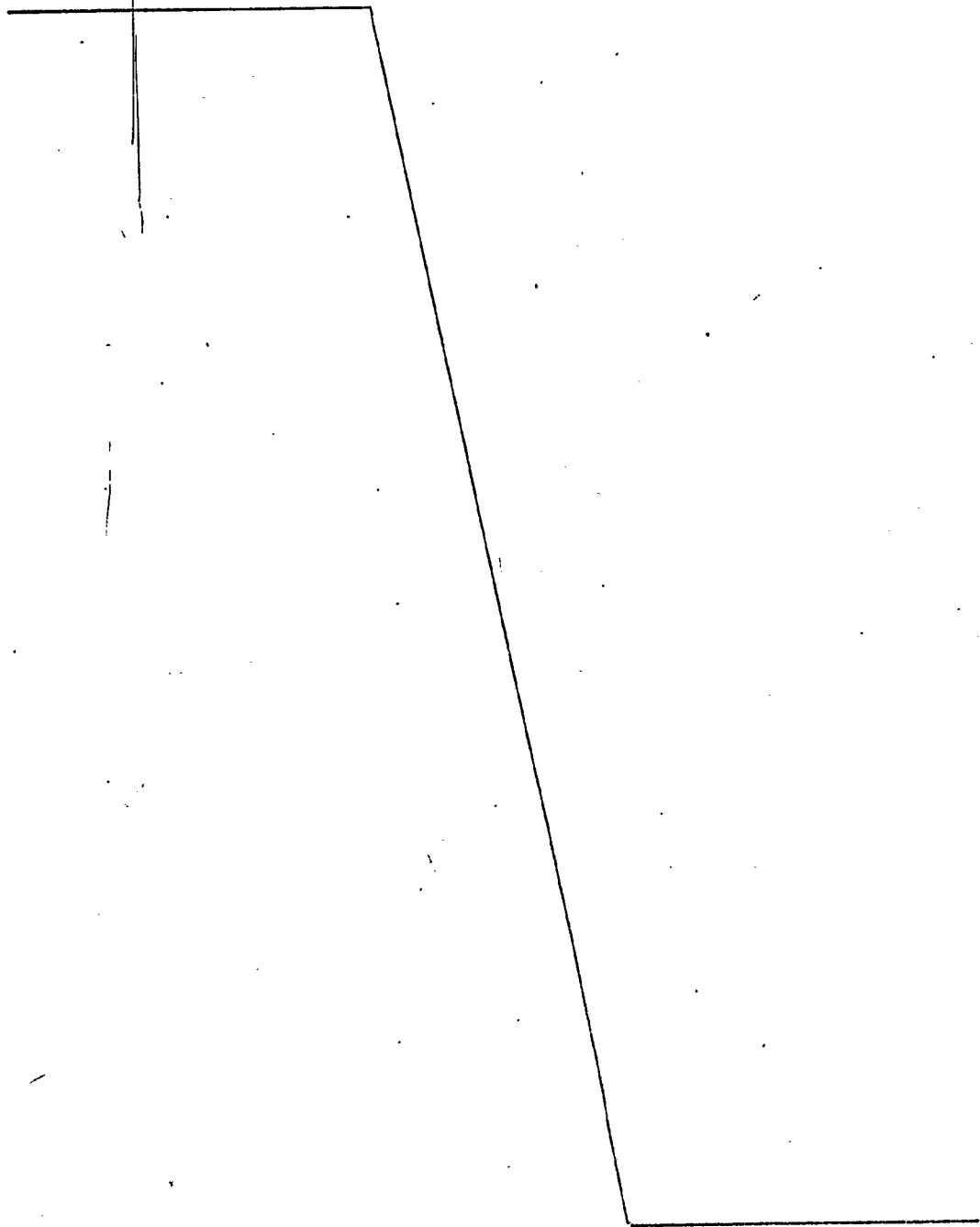
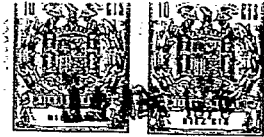


TABLA A

Operación	N	O	P	Q
Días de funcionamiento	5	7	7	7
Tiempo de retención del influente	6,78	6,90	6,84	6,96
Influyente/reciclado de lodo del clarificador	0,26	0,25	0,26	0,25
Influyente/reciclado interno de fluido mixto	1,98	1,97	2,01	2,04
Influyente TSS (mg/L)	137	121	164	157
Influyente VSS (mg/L)	120	106	136	128
Influyente OBD total (mg/L)	147	127	244	228
Influyente OBD soluble (mg/L)	78	87	187	177
MLVSS (mg/L)	3.070	2.677	3.654	3.206
SVI (ml/gTSS)	98	92	98	83
ZSV (pie/h)	2,6	5,4	2,9	5,1
NH ₃ -N influente (mg/L)	20,6	21,2	18,2	19,9
NO _x -N influente (mg/L)	0,1	0,2	0,1	0,1
NH ₃ -N lodo reciclado (mg/L)	0,8	0,4	1,6	1,5
NO _x -N lodo reciclado (mg/L)	0,2	0,2	0,1	0,1
NH ₃ -N influente fase A (mg/L)	16,5	17,0	14,8	16,2
NO _x -N influente fase A (mg/L)	0,1	0,2	0,1	0,1
NH ₃ -N efluente fase A (mg/L)	12,8	10,0	8,3	10,5
NO _x -N efluente fase A (mg/L)	2,3	2,1	1,7	1,4
NH ₃ -N influente fase B (mg/L)	5,4	4,0	3,5	4,3
NH _x -N influente fase B (mg/L)	5,4	6,2	2,6	2,5
NH ₃ -N efluente fase B (mg/L)	4,3	3,8	4,8	4,3
NO _x -N efluente fase B (mg/L)	3,8	5,0	0,2	0,5
NH ₃ -N influente fase C (mg/L)	0,7	0,3	0,6	0,5
NO _x -N efluente fase C (mg/L)	7,4	8,8	3,1	3,2
NH ₃ -N influente fase D (mg/L)	0,3	0,5	0,7	0,7
NO _x -N efluente fase D (mg/L)	4,2	5,6	0,1	0,3
NH ₃ -N efluente (mg/L)	0,1	0,1	0,3	0,2

TABLA 4

<u>Operación</u>		<u>N</u>	<u>O</u>
	Días de funcionamiento	5	5
	Tiempo de retención del influente (h)	6,78	6,90
5	Influente/reciclado de lodo del clarificador	0,26	0,25
	Influente/reciclado interno de fluido mixto	1,98	1,97
	Influente TSS (mg/l)	137	121
	Influente VSS (mg/l)	120	106
	Influente OBD total (mg/l)	147	127
10	Influente OBD soluble (mg/l)	78	87
	MLVSS (mg/l)	3.070	2.677
	SVI (ml/gTSS)	98	92
	ZSV (pie/h)	2,6	5,4
	NH ₃ -N influente (mg/l)	20,6	21,2
15	NO _x -N influente (mg/l)	0,1	0,2
	NH ₃ -N lodo reciclado (mg/l)	0,8	0,4
	NO _x -N lodo reciclado (mg/l)	0,2	0,2
	NH ₃ -N influente fase A (mg/l)	16,5	17,0
	NO _x -N influente fase A (mg/l)	0,1	0,2
20	NH ₃ -N efluente fase A (mg/l)	12,8	10,0
	NO _x -N efluente fase A (mg/l)	2,3	2,1
	NH ₃ -N influente fase B (mg/l)	5,4	4,0
	NH _x -N influente fase B (mg/l)	5,4	6,2
	NH ₃ -N efluente fase B (mg/l)	4,3	3,8
25	NO _x -N efluente fase B (mg/l)	3,8	5,0
	NH ₃ -N efluente fase C (mg/l)	0,7	0,3
	NO _x -N efluente fase C (mg/l)	7,4	8,8
	NH ₃ -N efluente fase D (mg/l)	0,3	0,5
	NO _x -N efluente fase D (mg/l)	4,2	5,6
30	NH ₃ -N efluente (mg/l)	0,1	0,1



<u>O</u>	<u>P</u>	<u>Q</u>
5	7	7
6,90	6,84	6,96
0,25	0,26	0,25
1,97	2,01	2,04
121	164	157
106	136	128
127	244	228
87	187	177
.677	3.654	3.206
92	98	83
5,4	2,9	5,1
21,2	18,2	19,9
0,2	0,1	0,1
0,4	1,6	1,5
0,2	0,1	0,1
17,0	14,8	16,2
0,2	0,1	0,1
10,0	8,3	10,5
2,1	1,7	1,4
4,0	3,5	4,3
6,2	2,6	2,5
3,8	4,8	4,3
5,0	0,2	0,5
0,3	0,6	0,5
8,8	3,1	3,2
0,5	0,7	0,7
5,6	0,1	0,3
0,1	0,3	0,2

TABLA 4 (continuación)

Operación	N	Q	P	Q
NO _x -N efluente (mg/l)	4,1	5,8	0,1	0,4
Efluente OBD total (mg/l)	17,5	14,3	11,2	10,0
Efluente OBD soluble (mg/l)	5,7	6,5	3,6	3,8
% de OBD eliminado T-T (%)	88,1	88,7	95,4	95,6
% de OBD eliminado T-S (%)	96,1	96,2	98,5	98,4
% NH ₃ -N eliminado (%)	99,4	99,5	98,4	99,0
% ΣN eliminado (%)	79,4	72,4	97,7	97,0
Temperatura compartimiento nº 1 (°C)	21,2	20,4	21,9	21,5
F/M oxidación εOBD ₅₀ /εVSS/día	0,35	0,34	0,49	0,51
OC	0,50	0,64	0,77	0,88
Ps/Ma compartimiento nº 1	8,59	8,41	11,11	10,29

15 Configuración de las fases: Fase oxidante 1,6; 1,6 l;
 Fase antioxidante 2,4; 2,4; 2,4; 2,4; 4,8
 Fase oxidante: 2; 6; 6; 6 l;
 Fase antioxidante: 1,8; 3,6; 3,6; 5,
 Fase oxidante: 1,2 l.

TABLA 4 (continuación)

		<u>N</u>	<u>O</u>
	<u>Operación</u>		
	NO _x -N efluente (mg/l)	4,1	5,8
	Efluente OBD total (mg/l)	17,5	14,3
5	Efluente OBD soluble (mg/l)	5,7	8,5
	% de OBD eliminado T-T (%)	88,1	88,7
	% de OBD eliminado T-S (%)	96,1	96,2
	% NH ₃ -N eliminado (%)	99,4	99,5
10	% ΣN eliminado (%)	79,4	72,4
	Temperatura compartimiento nº 1 (°C)	21,2	20,4
	F/M oxidación gOBD _{5U} /gVSS/día	0,35	0,1
	α	0,50	0,1
	Fs/Ma compartimiento nº 1	8,59	8,
15	Configuración de las fases: Fase oxidante 1,6; 1,6 l; Fase antioxidante 2,4; 2,4; 2,4; 4,8 Fase oxidante: 2; 6; 6; 6 l; Fase antioxidante: 1,8; 3,6; 3,6; 5, Fase oxidante: 1,2 l.		



<u>Q</u>	<u>P</u>	<u>Q</u>
5,8	0,1	0,4
14,3	11,2	10,0
8,5	3,6	3,8
88,7	95,4	95,6
96,2	98,5	98,4
99,5	98,4	99,0
72,4	97,7	97,0
20,4	21,9	21,5
0,34	0,49	0,51
0,64	0,77	0,88
8,41	11,11	10,29



Durante las operaciones P y Q el desplazamiento del fosfato soluble desde el influente hasta el efluente ha sido superior al 40%, sin que se produzca la reconstitución de fosfato en condiciones antioxidantes prolongadas en la capa de lodo del clarificador. La ausencia de absorción de fosfato reversible en el sistema de supresión de OBD, más nitrificación, más desnitrificación, conduce a métodos químicos de eliminación de fosfato menos costoso, o en razón de unas condiciones adecuadas de utilización de cada influente, puede hacer innecesario el post-tratamiento de eliminación de fosfato, según las normas federales, estatales y locales aplicables a los efluentes.

Una forma preferida de configuración para una instalación de cinco fases se ilustra en la figura 7. Como puede verse, la disposición en planta de la instalación incluye un depósito sustancialmente rectangular 100, divididos por unas paredes longitudinales 101, 102, 103, 104 que forman cinco pasillos designados por las referencias 105, 106, 107, 108, 109. Salvo la porción terminal del pasillo 109, el depósito 100 está provisto de un techo o de una cubierta no perforada. En el pasillo 105, está dispuesta una pared transversal 110. La pared 110 divide el pasillo 105 en una fase oxidante (I) constituida por los compartimientos de gas 111 y 112 y la primera parte de una fase antioxidante (II). Los compartimientos de gas 111 y 112 de la fase I están separados por un deflector de gas 113 que permite la circulación sustancialmente no limitada del líquido entre estos compartimientos. Cada uno de los compartimientos de gas 111 y 112 está provisto de un aireado superficial 115 dispuesto en la superficie del líquido para efectuar una mezcla íntima del gas conteniendo oxígeno procedente de la zona situada encima del nivel del líquido con la masa de líquido situada por debajo. El líquido que se introduce en la unidad,



constituido por agua residual que ha de ser tratada y por lodo ac-
tivado reciclado, se introduce inicialmente en el compartimiento
de gas 111 por unos medios adecuados 116 y 117, y se introduce i-
gualmente el gas que contiene oxígeno en este compartimiento de
5 gas por unos medios adecuados 118, de una manera bien conocida en
esta técnica.

La pared 110 está provista de uno o varios conductos
o de orificios formados en ella para facilitar el paso limitado
del líquido desde la fase I hasta la fase II. La fase II incluye
10 el resto del pasillo 105 más allá de la pared 110 hasta la extre-
midad de este pasillo y una parte de la circulación inversa a
través del pasillo 106 hasta la pared 120 que separa la fase anti-
oxidante II de la fase oxidante III en este pasillo. Más allá de
la pared 110 y dentro del pasillo 105 se ha previsto un deflector
15 de gas transversal 121 para formar un compartimiento o subzona
122 separada del resto del pasillo 105 designado por 124.

El compartimiento 122 está provisto para introducir
en él y para mezcla el gas nitrógeno de unos medios que pueden te-
ner la forma de una turbina sumergida 123 equipada de un burbujea-
20 dor de gas situado alrededor de ella. El compartimiento 122 sirve
como dispositivo de transición para efectuar un cambio rápido des-
de las condiciones oxidantes en la fase I hasta las condiciones
antioxidantes en la fase II. El nitrógeno que se introduce en el
compartimiento 122 efectúa la separación del oxígeno disuelto del
25 líquido mezclado, descargándose el nitrógeno y el gas separado des-
de la cámara 122 por un orificio de evacuación adecuado formado
en ella. De este modo, mientras que el deflector de gas 121 permi-
te la libre circulación del líquido fuera del compartimiento fuera
del compartimiento 122 en el resto de la fase II, el deflector no
30 está perforado encima del nivel del líquido e impide la circula-



ción hacia la porción 124. El compartimiento 112 está igualmente provisto de un orificio de evacuación 139 para la descarga de los gases no disueltos a partir de la zona situada encima del nivel de líquido.

5 La pared 101, en su porción extrema final en la dirección opuesta respecto al orificio de entrada en la cámara 111, está recortada o provista de orificios adecuados no limitadores de la circulación que permiten el libre paso del líquido desde el pasillo 105 hasta el pasillo 106. La totalidad de la fase II, en
10 el trayecto situado entre el deflector 121 y la pared 120 está provista de impulsores de mezclado 125 separados longitudinalmente que se representan aquí en número de 8 , y que sirven para mantener los sólidos en suspensión.

 La pared 120 separa la fase antioxidante II de la siguiente fase oxidante III y está provista de conductos u orificios adecuados para permitir la circulación limitada del líquido desde
15 II hasta III y no está perforada encima del nivel del líquido. El gas nitrógeno no disuelto en la fase II puede ser evacuado separadamente de tal manera que se impida la circulación del oxígeno desde la atmósfera o a partir de las fases de gas de las fases oxidantes I o III. Cuando se han establecido condiciones antioxidantes
20 en el interior de la fase II mediante la separación del oxígeno disuelto contenido en el líquido en el compartimiento de transición 122, generalmente no será necesario añadir más nitrógeno en esta fase, ya que se impide la entrada de oxígeno libre y debido
25 a la formación de nitrógeno in situ mediante degradación biológica de los nitritos y de los nitratos en la fase II.

 Se admite gas que contiene oxígeno en la fase III en un punto adyacente a la pared 120. Si se introduce inicialmente
30 una cantidad sobrante de oxígeno en el compartimiento 111, el gas



que sale del compartimiento 112 presenta un contenido de oxígeno superior al 21% y puede ser utilizado en la fase III con o sin gas de complemento suplementario que contiene oxígeno, según condiciones impuestas en gran parte por las características del agua residual inicial. La fase III se extiende en la parte restante del pasillo 106, más allá de la pared 120, en la totalidad del pasillo 108 hasta la pared 127 situada en el pasillo 108. Las paredes 102 y 103, en sus porciones extremas terminales opuestas, están cortadas o están provistas de orificios adecuados no limitadores de la circulación para permitir la libre circulación de líquido desde el pasillo 106 hasta el pasillo 107 y desde el pasillo 107 hasta el pasillo 108, respectivamente. En toda la operación de la fase III se han previsto unos aireadores superficiales 128 longitudinalmente separados para obtener un contacto íntimo del gas oxígeno con el líquido. En el modo de realización que se ilustra, se emplean en la fase III 9 aireadores superficiales. En la extremidad final de la fase III en un punto adyacente a la pared 127, se han previsto unos medios para evacuar los gases acumulados y no disueltos procedentes de esta fase, mientras que el líquido pasa a través de los conductos de circulación limitada formados en la pared 127 hasta la siguiente fase antioxidante (IV).

El oxígeno no disuelto y los demás gases no disueltos que se han acumulado salen de la fase III por medio de un orificio de evacuación adecuado (140) situado en la extremidad terminal de esta fase, es decir en un punto adyacente a la pared 127. No se permite a la totalidad del líquido mezclado fluir desde la fase III hasta la fase IV. Una porción de este líquido es extraída por la tubería 132 y es reciclada en el compartimiento 122 de la fase II, introduciendo así nitritos y nitratos en esta fase, así como los varios microorganismos que existen en el líquido



do mezclado que se descarga de la fase III.

5 . La fase IV se extiende a lo largo del resto del pasillo 108 más allá de la pared 127 y en el pasillo 109 hasta la pared 130 estando recortada o dotada de orificios adecuados la porción terminal de la pared 104 para permitir la libre circulación del líquido desde el pasillo 108 hasta el pasillo 109. Separado de la pared 127 en la fase IV se halla un deflector de gas 131 similar al deflector de gas 121 en el pasillo 205, para formar un compartimiento de transición 133, que sirve para realizar un rápido cambio desde las condiciones oxidantes de la fase III hasta las condiciones antioxidantes de la fase IV. A este respecto, se introduce nitrógeno en el compartimiento 133 por medio de un burbujeador asociado con la turbina sumergida 137. De este modo, el oxígeno disuelto es rápidamente separado del líquido en el compartimiento 133 y es evacuado del mismo por un dispositivo 141 adyacente al deflector de gas 131 de modo que el oxígeno libre que penetra en el líquido mixto de la fase antioxidante IV más allá del deflector 131, sea pequeña o nula. La fase IV en toda la extensión entre el deflector 131 y la pared 130 está provista de impulsos de mezclado separados longitudinalmente que pueden ser similares a los impulsos 125.

10

15

20

A partir de la fase IV el líquido mixto pasa con circulación limitada a través de un orificio adecuado formado en la pared 130 hasta la fase V. La fase V está abierta hacia la atmósfera y el aire situado encima del nivel del líquido se incorpora al líquido debido al funcionamiento del aireador superficial 135. A partir de la fase V, el líquido mixto penetra en un clarificador (no representado) a partir del cual una parte del lodo activado que se ha sedimentado, es reciclado hasta la fase I por la tubería 117.

25

30



En el ejemplo que sigue, se supone que se utilizan una configuración y una disposición del tipo ilustrado en la figura 7 para el tratamiento de aguas residuales municipales en una instalación prevista para una capacidad de circulación media de 37.850.000 l/día (10.000.000 de galones/día). Preferentemente, este agua residual antes de ser introducida en el sistema de la figura 7, habrá sido sometida a una forma de separación de sólidos gruesos que puede estar constituida típicamente por una clarificación primaria. Para tratar el volumen diario de agua residual, cada uno de los cinco pasillos paralelos del depósito 100 puede presentar adecuadamente una relación longitud/ancho de 6:1. Por ejemplo, las dimensiones generales de cada uno de los cinco canales del depósito 100 podían ser de 60,65 x 9,53 metros (189 x 31,5 pies) con una profundidad de 4,57 metros (15 pies), lo que facilitaría el espacio adecuado para un volumen de 12.594.000 l, que corresponde al cambio de influente tres veces por día o a un tiempo de permanencia del influente de 8 horas.

La fase I puede incluir 25% de la longitud del pasillo 105 y el resto de este pasillo a partir de la pared 110 río abajo formará parte de la fase II. La fase II continuará alrededor de la pared 102 en el pasillo 106, y puede incluir el 66,7% del pasillo 106 hasta la pared 120. La longitud restante del 33,3% del pasillo 106, más allá de la pared 120, formará parte de la fase III. La fase III se extenderá alrededor de la pared 102, ocupará toda la longitud del pasillo 107 y pasará alrededor de la pared 103 en el pasillo 108 hasta la pared 127; tomando así el 75% del pasillo 108. Los restantes 25% del pasillo 108 más allá de la pared 127 formará parte de la fase IV y esta fase se extenderá hasta la pared 130 en el pasillo 109 alrededor de la pared 104. En el pasillo 109, la fase antioxidante IV puede



1976

5 extenderse sobre el 83,3% de la longitud de este pasillo, formando parte los restantes 16,7% más allá de la pared 130, la pequeña fase final aerobia V. Por tanto, con la proporción descrita, existirá una relación de 1:1 entre las fases oxidantes/aerobias y de tratamiento oxidante.

10 En la operación preferida, la circulación de gas que contiene oxígeno desde el compartimiento 111 hasta el compartimiento 112 se efectuará a través de un orificio o conducto limitado en el deflector 113, el cual no estará perforado encima del nivel del líquido. Como se ha indicado ya, el gas que sale del compartimiento 112 puede ser conducido al orificio de entrada de la fase III con o sin gas de complemento conteniendo oxígeno. De la misma manera, es preferible introducir la circulación simultánea de gas conteniendo oxígeno, en la fase III. Esto puede ser obtenido fácilmente situando un deflector no perforado encima del nivel del líquido de modo que se extienda a una cierta distancia hacia abajo en el líquido, entre los sucesivos aireadores superficiales, y formando unos orificios limitados para el paso del gas en estos deflectores encima del nivel del líquido. Aunque se ha indicado que la fase V está abierta hacia la atmósfera, se observará que el invento no se limita de ninguna manera a este modo de realización. Si se desea, la fase V puede también estar cubierta y pueden preverse unos medios para introducir aire u otro gas conteniendo oxígeno en esta fase.

25 Con aguas residuales municipales típicas que tienen un contenido medio de OBD de aproximadamente 160 ppm, del cual el 40% es soluble, el lodo activado puede ser reciclado a partir del clarificador secundario en una cantidad que constituye del 20 al 50% del influente de aguas residuales nuevas, para facilitar un MLVSS del orden de aproximadamente 3.000-5.000 mg/l. El reciclado

30



interno del líquido mezclado desde la fase III hasta la fase II (por medio de la tubería 132) puede presentar una relación de 1:1 a 5:1 respecto al influente de agua residual que penetra en la fase II, y preferentemente una relación incluida en la gama de 1:1 a 3:1.

En el modo de realización ilustrado, se representa la fase I subdividida en dos compartimientos de tamaño sustancialmente igual. Naturalmente, se entiende que la subdivisión de esta primera fase de oxidación, podría incluir tres o más compartimientos de tamaño igual o desigual. En la modificación de la zona I que se ilustra con dos compartimientos iguales, con un tiempo de permanencia del líquido de 8 horas en la unidad 100 basándose en la circulación del influente, el tiempo de residencia del líquido en la fase I que ocupa el 5% de la capacidad volumétrica de la instalación, sería de 0,4 horas y el tiempo de reincidencia en el primer compartimiento 111 de esta fase sería ligeramente superior a 0,2 horas, teniendo en cuenta los límites hidráulicos de la superficie debidos a la influencia del impulso 115 en el compartimiento 111 más allá del deflector 113. Si el MLVSS del líquido mezclado en la fase I tiene una actividad α , de por ejemplo 0,6, el valor de la relación F_s/M_a en esta fase sería el siguiente:

$$\frac{F_s}{M_a} = \frac{64 \times 1,5 \times 3 \times 20}{3.000 \times 0,6} = 3,20$$

La relación F_s/M_a en la zona de contacto inicial que incluye el compartimiento 111 y una parte del compartimiento 112, sería casi el doble del valor calculado de 3,20, asegurando así el desarrollo de una biomasa densa y no filamentosa con propiedades de sedimentación adecuadas.

En las condiciones óptimas de funcionamiento de la instalación, en las cuales el aire criogénicamente rectificado



1976

permite obtener oxígeno de alta pureza de coste económico y nitrógeno exento de oxígeno, pueden utilizarse eficazmente ambos gases. Para acelerar la transición entre las condiciones oxidantes y antioxidantes, es posible hacer pasar gas nitrógeno a través del líquido para reducir el oxígeno disuelto utilizando aparatos de tipo normalizado, tales como difusores o turbinas sumergidas, y además es posible barrer la superficie de separación líquido/gas con nitrógeno para impedir una transferencia interfacial de oxígeno hasta el líquido reduciendo el contenido de oxígeno de la fase gaseosa.

Dicha aceleración de las condiciones antioxidantes favorecen un funcionamiento estable de dos maneras. Se evitan periodos prolongados en los cuales el contenido de oxígeno es bajo, por ejemplo, inferior a 1 mg/l de oxígeno disuelto, impidiendo que se formen así unas condiciones de relación elevada entre superficie y volumen favorables para los aerobios microfilos, tales como el *Sphaerotilus natans* y el *Leptothrix ochracea*, cuya presencia puede dar lugar a un abultamiento del lodo. También es benéfica la presencia de verdaderas condiciones antioxidantes, las cuales no solamente permiten los mayores grados de desnitrificación, sino que además crean un ambiente perjudicial para el *Sphaerotilus*, el *Leptothrix*, así como para otros organismos indeseables.

Durante el funcionamiento de diversas variantes del proceso propuesto, en las cuales se han mantenido estrictamente las condiciones oxidantes y antioxidantes, se ha confirmado la estabilidad de las características de sedimentación del lodo. Se obtienen corrientemente excelentes propiedades del lodo tales como valores de SVI inferiores a 100 ml/g, valores de TSS y de ZSV superiores a 60,9-152 cm/hora (2-5 pies/hora) para valores



de MLVSS superiores a 3.000 mg/l, cuando se mantiene la carga orgánica inicial de la zona oxidante a un valor elevado de F_s/M_a . F_s se refiere a 1,5 veces el valor de OBD_5 filtrado determinado de acuerdo con los métodos standard en una muestra de influente filtrada a través de un papel filtrante de fibras de vidrio utilizado para eliminar y medir los sólidos en suspensión. M_a se refiere a la "masa activa" determinada por la normalización del grado de absorción específica máxima de oxígeno (MSOUR) de acuerdo con una norma ($1n \text{ MSOUR} = 33,92 - \frac{8640}{T(OK)}$) para obtener el coeficiente de actividad alfa (α), y multiplicando a continuación por veces el MLVSS inicial de la zona oxidante, según se determina por los métodos standard para obtener M_a . El grado de absorción específica máxima de oxígeno se determina supervisando el grado de admisión de oxígeno disuelto del líquido mixto en contacto con el substrato influente sobrante en presencia de una cantidad de oxígeno disuelto no limitada y dividiendo el grado de admisión de oxígeno así obtenido en mgO_2 consumido por litro y por hora por el MLVSS expresado en gramos por litro. Por tanto, las unidades de MSOHR son $mg/gm/hora$.

Unas observaciones realizadas en las relaciones OBD/NH_3 tanto elevadas como bajas, han permitido sin embargo simplificar la determinación del MSOUR sin eliminar la demanda de oxígeno de nitrificación. Esta simplificación es justificable en una base macroscópica dentro de la gama de aplicación racional del proceso, es decir en una gama de la relación OBD_5 soluble/ NH_3-N incluida entre 0,9 a 30 aproximadamente. El valor de 1,9 constituye la extremidad inferior de la gama elegida, porque 1,91 veces 1,5, es decir la corrección aproximada para llegar finalmente de OBD a OBD_5 es igual a 2,86, es decir el grado estequiométrico mínimo del OBD para la desnitrificación. El valor de 30



ha sido elegido como límite superior, de modo que $\text{NH}_3\text{-N}$ no pueda constituir un sustrato limitativo del crecimiento de los organismos en la supresión general del material OBD. Ya que tanto la biomasa altamente activa y el desarrollo de las propiedades favorables del lodo macroscópico en condiciones elevadas de F_s/M_a son fundamentales en el invento que se describe aquí, es natural incluir la respiración a partir de todos los organismos floculantes, y las bacterias nitrificantes son organismos floculantes que contribuyen a las propiedades de la biomasa.

En la técnica anterior se indica un valor mínimo de 4 para la relación de F_s/M_a , para promover la proliferación selectiva de una biomasa activa densa y para impedir el desarrollo de lodo abultado. En el sistema según el invento, se ha comprobado que los organismos filamentosos son reprimidos en condiciones antioxidantes estrictas, lo que permite obtener valores más reducidos de la relación F_s/M_a en el compartimiento oxidante inicial. Por tanto, los valores de F_s/M_a en la zona oxidante inicial pueden presentar con seguridad un valor del orden de dos, y cuando el contenido de sólidos inertes en suspensión en el influente es elevado, (por ejemplo superior a 40 mg/l) los valores de F_s/M_a pueden no ser superiores a 1,5 sin perjudicar el sistema. Igualmente, debido a la posibilidad de utilizar una relación F_s/M_a más baja, el oxígeno disuelto de la zona de contacto inicial puede no ser superior a 1 ppm (valor mínimo para una nitrificación satisfactoria) pero se mantiene preferentemente igual por lo menos a 0,1 veces la relación F_s/M_a o superior a 2 ppm, utilizándose el valor más elevado de los dos.

En resumen, la presente patente de invención que se solicita deberá recaer en las siguientes:

REIVINDICACIONES

1. - Método de purificación de aguas residuales por medio de un sistema de lodo activado, en la cual el agua residual está sometida durante su circulación continua a través de las sucesivas zonas de tratamiento a unos tratamientos secuenciales para realizar, además de reducir la cantidad del contenido de material OBD, la eliminación de los contaminantes nitrogenados, caracterizado porque incluye las operaciones que consisten en:

10 (a) mezclar inicialmente el agua residual influente que contiene OBD y el material nitrogenado con lodo activado capaz de eliminar el OBD, nitrificar y desnitrificar y con un gas conteniendo oxígeno libre en condiciones oxidantes para obtener un líquido mezclado,

15 (b) hacer pasar el líquido mezclado desde la fase (a), sin separación intermedia de los sólidos de la misma, a otra fase de tratamiento en condiciones antioxidantes en presencia de nitritos/nitratos y en presencia de microorganismos eficaces para degradar los nitritos y los nitratos presentes durante este tratamiento del líquido mezclado transformándolos en un gas nitrógeno inocuo;

20 (c) someter el líquido mezclado que sale de la fase (b) a un tratamiento suplementario en una siguiente zona de oxidación en condiciones oxidantes con un gas que contiene oxígeno;

25 (d) introducir directamente el líquido mezclado procedente de la zona terminal en una zona de sedimentación para efectuar la separación de los sólidos sedimentados respecto al líquido que flota en la superficie;

30 (e) hacer volver una parte de los sólidos sedimen-

3

tados bajo la forma de lodo activado a la fase (a);

(f) hacer volver una parte de los microorganismos que han sido sometidos al tratamiento oxidante en condiciones oxidantes a la fase (b);

5 (g) mientras se mantiene por lo menos en la primera fase oxidante del tratamiento de dicho líquido mezclado un nivel de oxígeno disuelto igual por lo menos a 1 ppm y se mantiene en una sección hidráulica de contacto inicial del agua residual influente con lodo activado en condiciones oxidantes; una
10 relación F_s/M_a igual por lo menos a 1,5 en la cual F_s es igual a 1,5 veces el peso del contenido de OBD_5 soluble del agua residual influente introducida diariamente en la fase (a), y

15 M_a es el peso del MLVSS en el líquido mezclado de la fase (a) multiplicado por un coeficiente de actividad α , representando α la relación del grado de absorción de oxígeno de los sólidos volátiles en suspensión en condiciones de oxidación con respecto a un grado de absorción específico máximo de oxígeno MSOUR a la misma temperatura, determinándose MSOUR por la ecuación:

20
$$\ln \text{MSOUR} = 33,92 - \frac{8640}{T(^{\circ}\text{K})}$$

2. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque una parte del líquido mezclado procedente de la fase (c), que contiene nitritos y nitratos conjuntamente con los microorganismos presentes en ella, se conduce nuevamente a la fase
25 (b).

3. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque una parte de los sólidos sedimentados procedentes de la fase (d) se conducen nuevamente a la fase (b).

4. - Método según una cualquiera de las anteriores
30 reivindicaciones, caracterizado porque se añade a la primera fa-

se de tratamiento antioxidante una fuente suplementaria de carbono disponible.

5 5. - Método según la reivindicación 4, caracterizado porque la fuente suplementaria de carbono es lodo primario sedimentado o un compuesto de carbono orgánico asimilable suministrado desde el exterior.

10 6. - Método según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque se utiliza gas nitrógeno para acelerar la creación de las condiciones antioxidantes mediante su disolución por lo menos en la primera fase antioxidante.

7. - Método según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque se añaden en este orden fases antioxidantes y fases oxidantes suplementarias.

15 8. - Método según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque se utilizan por lo menos cuatro fases de tratamiento y la fase de tratamiento terminal (d) es una fase antioxidante.

20 9. - Método según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque la relación F_s/M_a en dicha sección hidráulica de contacto inicial es por lo menos de 2,0 y el nivel de oxígeno disuelto en ella es por lo menos de 2 ppm.

25 10. - Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita:
METODO DE PURIFICACION DE AGUAS RESIDUALES.

30



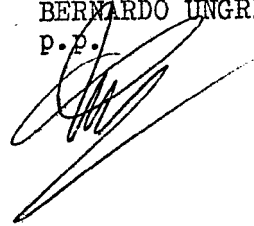
3

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de cincuenta páginas mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

Madrid 14 de abril de 1976

BERNARDO UNGRIA

P.P.



5

10

15

20

25

30



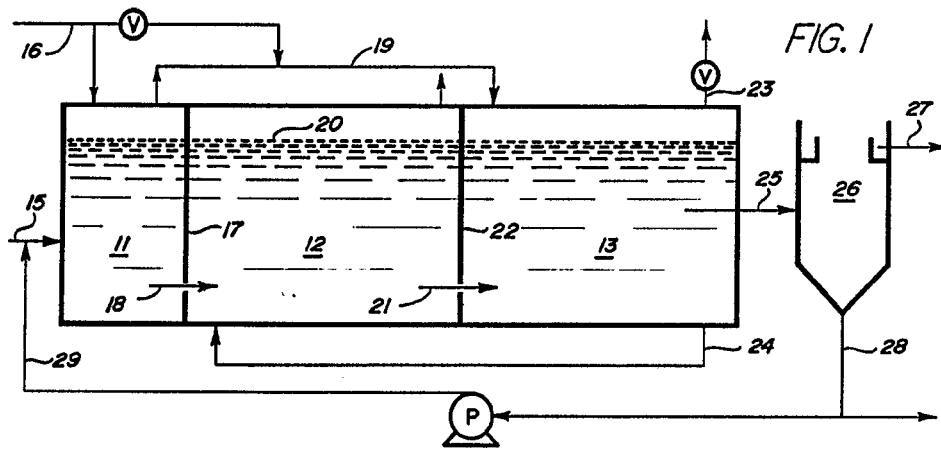


FIG. 1

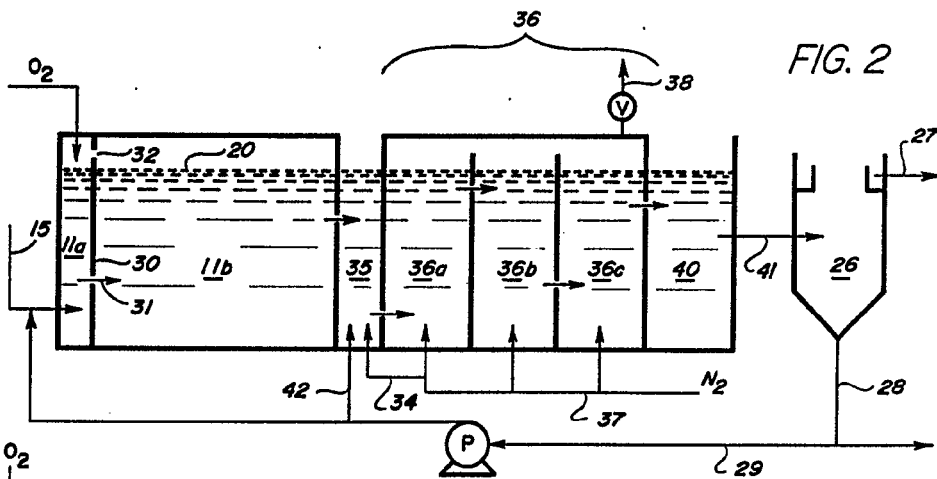


FIG. 2

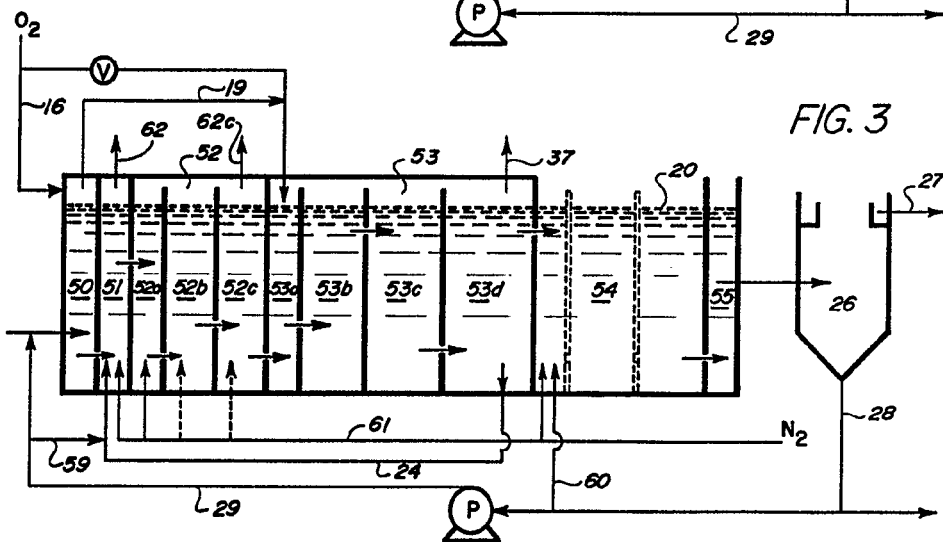
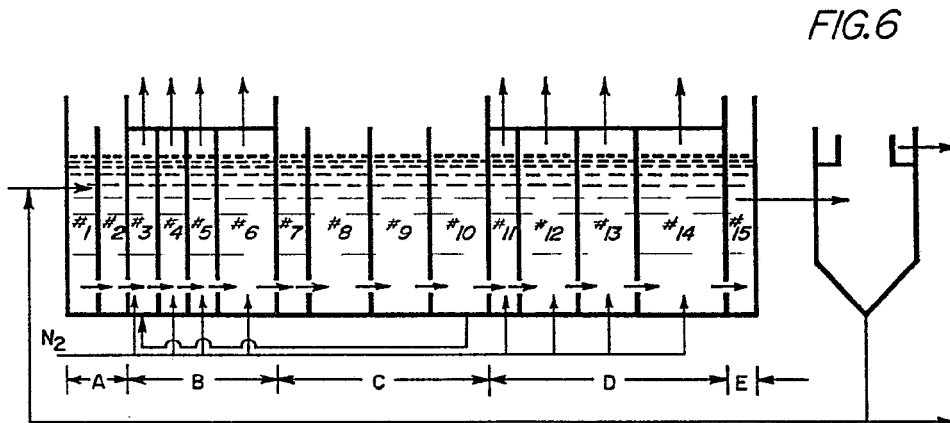
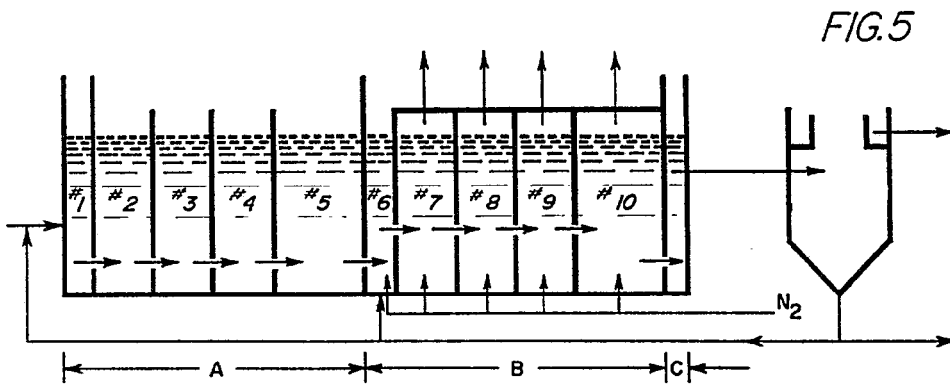
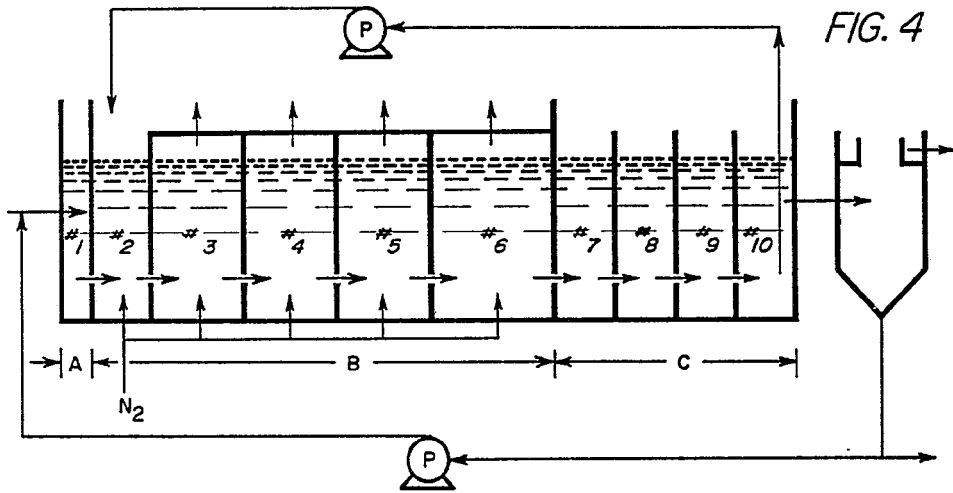


FIG. 3

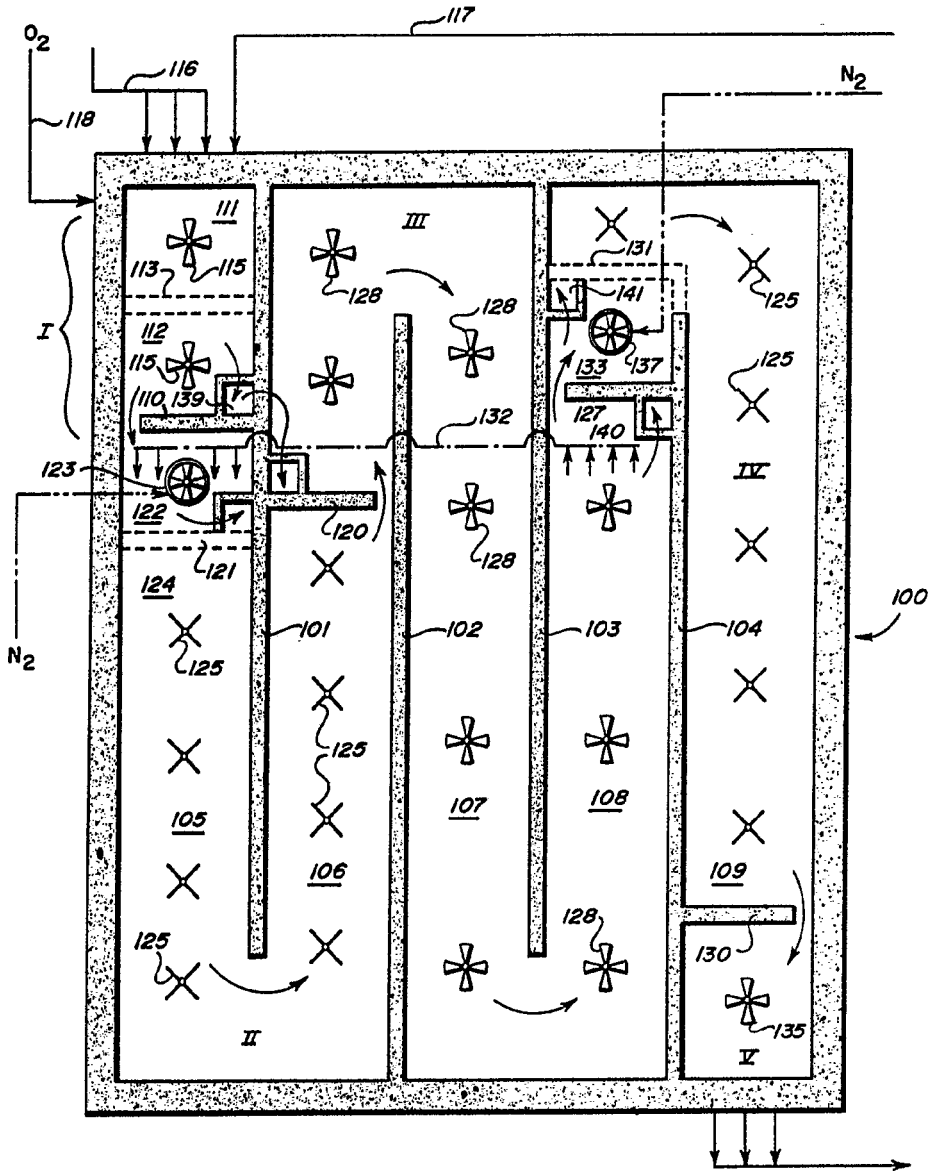
ESCALA VARIABLE
 Madrid, 14 abril 1.976
 BERNARDO UNGRIA
 P.D.



ESCALA VARIABLE
Madrid, 14 abril 1.976
BERNARDO UNGRYA
D.P.



FIG. 7



ESCALA VARIABLE
Madrid, 14 abril 1.976
BERNARDO UÑERÍA
p.p.