



338046

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud  
de

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 15 de Marzo de 1967, con el número 338.046

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de UNION TANK CAR COMPANY, entidad norteamericana,  
establecida en 111 West Jackson Boulevard, Chicago, Illi-  
nois, Estados Unidos de América, por:

"UN METODO DE TRATAR LIQUIDOS RESIDUALES"

=====

La presente invención se refiere a la sedimenta-  
ción de algas como masa autofloculante, y más especialmente  
a métodos y aparatos para tratar líquidos residuales con di-  
chas algas. El término de "algas" se utiliza aquí con la in-  
tención de incluir en él todas las plantas acuáticas micros-  
cópicas que realizan verdadera fotosíntesis.

En la actualidad se utilizan aguas naturales, ta-  
les como las de los ríos y lagos, para deshacerse de los re-  
siduos domésticos e industriales. En tiempos pretéritos, es-  
to planteaba pocos problemas, porque aquellas aguas tenían



capacidad para, mediante procesos naturales, absorber y des-  
componer los residuos arrojados a las mismas. La rápida ex-  
pansión de la población y la industrialización ha acrecenta-  
do el volumen de residuos que hay que eliminar, sobrepasan-  
do con mucho la cantidad o proporción que pueden manipular  
5 actualmente las aguas naturales. Las municipalidades y la  
industria viene enfrentándose con este problema, en parte,  
mediante el empleo de instalaciones de tratamiento de resi-  
duos que efectúan un tratamiento primario (sedimentación de  
10 sólidos) y un tratamiento secundario (digestión aeróbica y  
anaeróbica). Las instalaciones de tratamiento primarias y  
secundarias son adecuadas en general para oxidar las materias  
orgánicas de los residuos, convirtiéndolas en compuestos mi-  
nerales solubles que contienen carbono, nitrógeno y fósforo.  
15 Tales minerales en solución forman parte del efluente que  
sale de estas instalaciones de tratamiento, y son descarga-  
dos en las aguas naturales, donde quedan disponibles en for-  
ma de fertilizantes inorgánicos solubles, que estimulan el  
crecimiento de las plantas.

20 La disponibilidad de tales fertilizantes inorgá-  
nicos solubles, en las aguas naturales, se corresponde en  
general con el crecimiento de la población y de la industria,  
como sucede con el crecimiento de los residuos a tratar. De  
ello proviene una contaminación, debida al desarrollo de las  
25 plantas, que puede dar lugar a un perjuicio comparable al  
producido por el vertido de residuos sin trata. Por ejemplo,  
el excesivo desarrollo de algas, resultante de tales ferti-  
lizantes solubles inorgánicos en las aguas naturales, da lu-  
gar a un color y olor indeseables en el agua potable, a obs-  
30 trucción en los filtros de las instalaciones de tratamiento,



y a una descomposición en masas pútridas de protoplasma. Así, a menos que los minerales inorgánicos solubles, subproducto del tratamiento usual de los residuos, pueda eliminarse del efluente, el tratamiento de los residuos no es completo, y sigue existiendo el problema de la contaminación del agua, resultante de la eliminación de los residuos.

La extracción de estos minerales inorgánicos solubles (tratamiento terciario) se efectúa raras veces, porque en la técnica conocida no se han desarrollado sistemas económicos para el tratamiento de grandes volúmenes de residuos. Existe la propuesta de emplear las algas formando parte de sistemas de tratamiento terciario, ya que los compuestos minerales inorgánicos solubles subproducto de los tratamientos primarios y secundarios son alimentos naturales para las algas. Las algas utilizan la energía lumínica para convertir tales minerales en protoplasma algáceo y así separar-los del agua. De ese modo, manteniendo las algas en contacto con tales minerales en un ambiente que dé luz adecuada durante un tiempo suficiente, los minerales se separarán del líquido por formación de células de algas. Tal proceso es el que tiene lugar en las lagunas o balsas de tratamiento de aguas fecales, del tipo que se ha venido utilizando por muchos años. Ahora bien, estas lagunas vienen siendo casi totalmente ineficaces como instalaciones de tratamiento terciario, habiendo fracasado realmente, en esencia, todos los esfuerzos de la técnica ya conocida, o anterior a este invento, para emplear algas en tratamientos terciarios.

La razón de que el uso de las algas en tratamientos terciarios haya fracasado en tiempos pasados, reside en que las algas no podían separarse económicamente del efluente.



Así, las algas fluían al cuerpo de agua natural que recibía el efluente. Como los minerales inorgánicos solubles, que habían de ser separados por el tratamiento terciario, se convertían en parte del protoplasma algáceo, estos minerales  
 5 van al cuerpo de agua receptor, donde vuelven a convertirse en fertilizantes inorgánicos solubles, favoreciendo el desarrollo de formas de vida vegetal después de muertas las algas. La presente invención resuelve el problema de la separación de las algas respecto del efluente de una instalación  
 10 de tratamiento, por medios que resultan económicos para manipular grandes volúmenes de residuos.

Por todo ello, es objeto de la presente invención mejorar los procedimientos y aparatos de tratamiento de residuos mediante el uso de algas.

15 Otro objeto reside en procedimientos y aparatos de tratamiento de residuos, en los que las algas pueden sedimentarse en forma de masa autofloculante.

Otro objeto es crear procedimientos y aparatos de tratamiento de aguas residuales que emplean algas y en los  
 20 que las algas pueden separarse de la corriente de salida sin necesidad de emplear coagulantes químicos ni filtros.

Otro objeto de la invención es el de habilitar procedimientos y aparatos de tratamiento terciario de residuos, en los que las algas son el medio utilizado para separar los  
 25 compuestos minerales inorgánicos solubles que, de lo contrario, contaminarían las aguas naturales sirviendo de fertilizantes que favorecieran el desarrollo de plantas.

Otro objeto reside en procedimientos y aparatos en los que las algas son recuperables como subproducto  
 30 utilizable.

**338046**



Otro objeto reside en procedimientos y aparatos de tratamiento de residuos, en los que las algas suministran el oxígeno necesitado por las bacterias que descomponen los residuos orgánicos por digestión aeróbica.

5 Otro objeto reside en procedimientos y aparatos de tratamiento de residuos, en los que las algas y las bacterias se mezclan de modo que cada uno suministra las sustancias químicas que el otro necesita, lo que da lugar a que se efectúen simultáneamente el tratamiento terciario y el secundario.

10

Otros objetos y ventajas del presente invento se irán desprendiendo de la Memoria descriptiva, del dibujo adjunto y de las reivindicaciones, señalándose en estas últimas el ámbito de la invención.

15

Dicho en breves términos, conforme a uno de los aspectos de la invención, el residuo líquido es tratado poniéndolo en contacto con algas sedimentadas por autofloculación.

En el adjunto dibujo:

20

- la figura 1 es un diagrama teórico de representación de un diseño de crecimiento de algas;

- la figura 2 es una vista esquemática en planta, con partes desprendidas, de una forma de realización del presente invento; y

25

- la figura 3 es una vista el alzado lateral del aparato de la figura 2.

30

Poniendo en práctica el presente invento, las algas utilizadas en el tratamiento de residuos pueden sedimentarse formando una masa autofloculante que se separa por sí sola del efluente de una instalación de tratamiento. Esto se



logra manteniendo en la instalación de tratamiento las dos condiciones siguientes:

Primeramente, la concentración media del total de materia sólida en la instalación debe estar por encima de 1000 miligramos por litro (1000 mg/l), peso en seco, siendo 5 algas el 50% o más de dicha materia sólida. En segundo lugar, la cantidad de minerales inorgánicos solubles consumible por las algas del sistema debe ser menor que la mínima necesaria para ocasionar el crecimiento o desarrollo logarítmico de algas para la concentración media específica de materia sólida 10 existente en la instalación en un momento dado; la mínima cantidad de minerales necesaria para ocasionar el desarrollo logarítmico puede describirse asimismo en función de la relación o cociente de dichos minerales respecto a la masa de 15 algas existente en la instalación. Estas condiciones se explicarán con detalle en los párrafos que siguen.

En las aguas naturales en que existan algas, y en las balsas de tratamiento de aguas fecales o residuales, la concentración media de algas no basta para permitir que las 20 algas se sedimenten en forma de masa autofloculante. Por ejemplo, en las balsas de alcantarillado, la concentración media de algas se estima comprendida entre los límites de 0 y 300 mg/l, siendo la más común la de 100 mg/l, aproximadamente; estos valores para la concentración de materia sólida se dan 25 a base de peso en seco de sólidos insolubles, de los cuales más del 50% son algas. Conforme a esta invención se ha descubierto que, cuando en una instalación de tratamiento de residuos se dan las demás condiciones aquí indicadas como necesarias, y cuando la proporción de materia sólida está 30 por encima de 1000 mg/l, a base de peso en seco, y más del

338046



50% de dicha materia sólida son algas, las algas pueden flo-  
cularse, convirtiéndose en una masa de autosedimentación.  
Cuando la concentración está por debajo de los 1000 mg/l, las  
algas permanecen dispersas y salen con el efluente, presen-  
tándose el mismo problema que con las disposiciones de la  
técnica ya conocida. Existe, según se ha descubierto, un lí-  
mite superior de unos 8000 mg/l de peso total de sólidos.  
Cuando la concentración de sólidos sea superior a los 8000  
mg/l aproximadamente, las algas no se sedimentarán a un nivel  
lo bastante bajo como para poder retirar de la instalación  
un efluente claro o transparente. El peso en seco de materia  
sólida en suspensión ha de determinarse por el método de fil-  
tro con membrana descrito en la página 1321 del número de  
noviembre de 1956 de la revista ("Sewage and Industrial Was-  
tes" ("Residuos fecales e industriales"). La presencia de  
más de un 50% de algas en el residuo ha de determinarse por  
examen microscópico directo de la mezcla de algas y residuos;  
las masas de sólido observadas han de comprender por lo menos  
un 50% de algas verdes.

Las algas emplean compuestos minerales inorgánicos  
solubles, en el agua, para formar o acumular protoplasma cuan-  
do hay presente bastante energía luminosa. Los minerales me-  
tabolizados son el carbono, que suele aparecer como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  
o  $\text{CO}_3^{=}$ ; el nitrógeno, que aparece como  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  o  $\text{NO}_3$ ;  
y el fósforo, que suele estar disponible en la forma  $\text{PO}_4$ .  
También emplean oxígeno las algas, pero aquél se cree obte-  
nido por descomposición de moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$ . La expresión  
"minerales inorgánicos metabolizables por las algas" se uti-  
liza aquí queriendo dar a entender las sustancias químicas,  
arriba expuestas, en tanto dichas sustancias puedan ser trans-

338046



5 formadas por fotosíntesis en protoplasma algáceo. Las perso-  
nas versadas en la materia se darán cuenta de que tales sus-  
tancias químicas pueden necesitarse en cantidades variables  
por las diferentes especies de algas, y que es necesario tam-  
bién que haya ciertos elementos traza, aun cuando la función  
precisa de éstos en la reacción de fotosíntesis de las algas  
no se conozca de modo definido. Entre estos elementos traza  
se incluyen el Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, V, B, Co, Ca, Na; también  
parecen necesitar algunas especies de algas ciertas vitami-  
10 nas, tales como la B<sub>12</sub>.

En las aguas naturales y en las balsas de tratamien-  
to de aguas fecales, en las que se empleen algas, existe una  
superabundancia de tales minerales inorgánicos metabolizables  
por las algas. Por consiguiente, la población algácea no se  
15 desarrolla hasta el punto de que empiecen a morir células de  
algas por insuficiencia de alimento para sostener dicha po-  
blación de algas. Esta superabundancia de minerales inorgá-  
nicos metabolizables por las algas es causa principal de la  
incapacidad de éstas para en los sistemas ya conocidos, sedi-  
mentar en forma de masa autofloculante. Esta condición pue-  
de explicarse haciendo referencia a la figura 1, que quiere  
significar una representación de la marcha del crecimiento  
o desarrollo de las algas en un medio alimenticio estático,  
y muestra la masa de células de algas durante un extenso pe-  
20 ríodo o intervalo de tiempo. En la primera fase de desarro-  
llo, o fase de crecimiento logarítmico, existe un exceso de  
minerales inorgánicos metabolizables por las algas, en el  
agua en que se encuentran las algas. Mientras esta condición  
exista, la velocidad de acumulación de la masa resultante  
25 de la fotosíntesis de los minerales inorgánicos por las algas,  
30

338046



vendrá limitada tan sólo por la aptitud o capacidad de las algas para fotosintetizar los minerales. El sistema posee una cantidad máxima de energía durante la fase de desarrollo logarítmico, y las células algáceas individuales están en la condición más vigorosa y saludable que pueda presentarse, suponiendo favorables otras condiciones tales como la temperatura y las disponibilidades de luz. La segunda fase de desarrollo, o sea la de declinación, tiene lugar cuando la concentración de minerales inorgánicos metabolizables por las algas es insuficiente para satisfacer a la población o masa de algas existente en el sistema. Tras de alcanzar la masa de algas una determinada relación de concentración respecto a los minerales inorgánicos metabolizables por algas, la velocidad de desarrollo o crecimiento se va haciendo cada vez menor, declinando asimismo la energía disponible en el sistema. Esto debilita a muchas células de algas, y acrecienta asimismo el número de células muertas o moribundas en el sistema. La fase tercera, o endógena, tiene lugar cuando la concentración de alimentos es tan baja que las células de algas metabolizan su propio protoplasma, para subsistir. Durante la fase endógena, las células de algas liberan parte de los minerales inorgánicos que previamente habían metabolizado, tomándolos del líquido residual.

El presente invento ha descubierto que, cuando la cantidad de minerales inorgánicos metabolizables por algas en un sistema dado cualquiera es lo bastante alto para dar lugar a que las algas estén en la parte de desarrollo logarítmico de la curva ilustrada en la figura 1, las células de algas presentan las características generales de los coloides, por el hecho de estar muy dispersas. Cuando esta condición

338046



ocurre, es imposible sedimentar las algas por autofloculación, creyéndose esto debido a que las células algáceas individuales tienen energía suficiente para desprenderse unas de otras venciendo las fuerzas de Van der Waals, que tienden a mantenerlas juntas tras las colisiones habidas entre tales células. Ha descubierto además el presente inventor, que mediante el control de la cantidad de minerales inorgánicos metabolizables por las algas en el sistema, de tal manera que esta cantidad sea lo bastante baja para mantener las algas en la fase de desarrollo declinante, se producirá la sedimentación por autofloculación cuando existan también las otras condiciones aquí indicadas como necesarias. La razón para que esta sedimentación ocurra se cree debida a que, poniendo en práctica el presente invento, el camino medio libre a recorrer por las algas disminuye de tal modo que el número de colisiones entre células de algas individuales aumenta grandemente, al propio tiempo que disminuye mucho la aptitud de las células para separarse unas de otras; esto se considera semejante a lo que ocurre cuando se sedimentan bacterias durante una operación de tratamiento secundario activada con lodos.

La cantidad de minerales inorgánicos metabolizables por las algas en una instalación de tratamiento se mantiene a la concentración necesaria controlando el gasto o volumen de residuo que se hace pasar por la instalación, o bien el gasto o volumen de algas retirado de la instalación, o bien una combinación cualquiera de estas variables. El gasto de líquido residual a través de una instalación, o el tiempo de retención de los residuos, pueden ser variables de control, por determinar cuánto tiempo tienen las algas para metabolizar



minerales inorgánicos en el residuo. Ahora bien, a veces no es controlable el gasto entrante de líquido residual, por lo que la instalación de tratamiento ha de ser capaz de manipular una carga cualquiera comprendida dentro de sus límites de proyecto. En este caso, el único factor controlable, determinante de la relación o concentración relativa de algas respecto a minerales inorgánicos, es la masa de algas contenida en la instalación. Por consiguiente, la relación entre algas y minerales inorgánicos metabolizables por ellas se mantiene de tal modo que impida el desarrollo logarítmico de las algas, por el recurso de no retirar algas de la instalación cuando en ella esté entrando demasiado mineral inorgánico. Si en la instalación entra insuficiente mineral inorgánico, y ello hace que las algas pasen a la fase endógena, puede ser necesario suplir los minerales en el líquido residual entrante, mediante la adición de fertilizantes de algas que contengan nitrógeno y fósforo, o introduciendo en la instalación CO<sub>2</sub> por burbujeo, para suministrar carbono.

Conforme a esta invención, se prefiere que el lote inicial de algas empleado como semilla en una instalación contenga una mezcla de las especies comunes indígenas, o propias del área. Para muchos climas templados sería satisfactoria una mezcla que contuviera las especies *Chlorella*, *Euglena* y *Scenedesmus*. No obstante, también se encontrarían las especies *Pandorina*, *Volvox*, *Chlorogonium* y *Chlamydomonas* en muchas instalaciones, trabajando conforme a este invento.

Para poner en práctica la presente invención, el pH de la mezcla de algas y residuos ha de estar comprendido entre 6 y 10,5. Se suelen obtener resultados óptimos cuando el pH está comprendido entre 7 y 9. A menudo habrá un aumento



gradual del pH, en una instalación de tratamiento que funcio-  
ne adecuadamente, porque la fotosíntesis de las algas da como  
subproducto iones OH. La temperatura de la mezcla de algas  
y residuos debe mantenerse por encima del punto de congelación  
5 del líquido. El límite superior de temperatura dependerá de  
las especies particulares de algas necesarias para poner en  
práctica el procedimiento; la temperatura nunca debe dejarse  
subir por encima del punto térmico de destrucción o muerte  
de estas especies. Igualmente, la intensidad de la luz debe  
10 mantenerse a un nivel suficiente para permitir que las espe-  
cies particulares de algas utilizadas en una instalación dada  
cualquiera realicen su reacción de fotosíntesis, pero nunca  
debe dejarse que sobrepase del nivel para el cual se inhibe  
el desarrollo de las algas. Las personas versadas en la mate-  
15 ria se darán cuenta de que, si bien la exposición precedente  
enuncia las condiciones necesarias para trabajar conforme a  
este invento, los resultados óptimos para una instalación cual-  
quiera específica de tratamiento de líquidos residuales ha  
de obtenerse por medios empíricos, a fin de determinar el me-  
20 jor margen de trabajo para las variables tales como la tempe-  
ratura, el pH, la intensidad de la luz y la concentración de  
materia sólida.

Un conocimiento adicional de la presente invención  
puede obtenerse haciendo referencia al aparato ilustrado en  
25 las figuras 2 y 3, que puede utilizarse para dar a los resi-  
duos sea un tratamiento terciario, sea un tratamiento tanto  
secundario como terciario. El funcionamiento del aparato se  
explicará primero con referencia a sólo el tratamiento tercia-  
rio.

30 Una instalación de tratamiento de residuos incluye

338046



un depósito 10 dotado de fondo 11, costados o paredes laterales verticales 12, y testeros o paredes extremos 13. El depósito 10 recibe el líquido residual 15 que sale de una instalación de tratamiento secundario, por medio de un tubo de llegada 16 de fluido entrante; el líquido 15, por ejemplo, puede ser el efluente de una instalación de tratamiento aeróbico para aguas fecales domésticas y, por tanto, contendrá en solución todos los minerales inorgánicos metabolizables por las algas en solución. Puede usarse una válvula 17 para regular el volumen o gasto de líquido entrante en el depósito 10. Un deflector o tabique vertical 18, situado en el centro del depósito 10, divide el depósito en un par de canales 19 y 20 de circulación de líquido, y pueden usarse unos deflectores curvos de extremidad 21 situados en los ángulos del depósito 10 para favorecer la circulación del líquido en el sentido general circular indicado por las flechas 22.

Hay una rueda 25 de paletas dotada de una pluralidad de paletas 26 que se extienden radialmente a partir de un cubo 27, apoyado a rotación en unos cojinetes 28. La rueda 25 está movida por un motor eléctrico 29 que actúa por medio de un dispositivo usual cualquiera de acoplamiento, tal como un tren de ruedas dentadas y cadena de transmisión. La rotación de la rueda 25 hace que el contenido del depósito 10 circule con relativa rapidez por los canales 19 y 20. Debajo de la rueda 25 de paletas puede disponerse un deflector inferior o de fondo 31, causante de un movimiento de subida y bajada del líquido, que dé lugar a una acción como de oleaje o rodadura del contenido del depósito 10, lográndose así mejor una mezcla homogénea de los sólidos contenidos en el líquido residual. De ese modo, los sólidos transportados por

338046



el líquido tienen un movimiento circular en general, visto en sentido horizontal, y un movimiento de subida y bajada en general, visto en sentido vertical; las algas que se trasladan de esta manera pueden lograr un máximo de exposición a la luz para un tamaño dado del depósito. Asimismo, el movimiento de subida y bajada de las algas puede hacer que éstas se expongan alternativamente a la luz y a la oscuridad, lo que también contribuye a un uso eficaz de la energía luminosa. Así, pues, el depósito 10 define una primera zona en la que las algas y el líquido residual se agitan, dando una mezcla de líquido y sólidos homogénea en general. La agitación de la mezcla de algas y residuos produce colisiones entre células algáceas y, por tanto, el camino medio libre recorrido por las algas es relativamente corto.

Unas lámparas fluorescentes 32 cruzan el depósito 10, dando a las algas energía luminosa cuando no se dispone de luz solar natural. Tales lámparas pueden estar controladas por un circuito usual cualquiera que incluye una célula fotoeléctrica, de tal modo que se apaguen cuando la luz natural exceda de 2152 lux. Así, se prevén medios para asegurar a las algas el suministro de energía lumínica suficiente para metabolizar los minerales contenidos en el residuos.

Unos medios de conducto 33 conectan el depósito 10 a una cuba de sedimentación 34, que define una segunda zona de líquido, estática o tranquila. La afluencia a los medios de conducto 33 viene gobernada por una válvula 35, pudiendo usarse un ramal de conducto 36, bajo el control de una válvula 37, para impedir que la corriente de circulación procedente del depósito 10 llegue a la cuba 34. La cuba 34 incluye un depósito exterior 38, cónico e invertido; un deflector

338046



interno 39 en forma de cono truncado; y una represa cilíndrica 40. El conducto 33 está conectado en tangencial al depósito 38, en un lugar vertical comprendido entre los extremos del deflector 39, Esto da lugar a una circulación circular en general del líquido residual entrante, en torno a la superficie interior del depósito 38; y produce una zona estática, carente en esencia de agitación, dentro del deflector 39; un tabique o deflector transversal 23 reduce asimismo la agitación del líquido. Esto permite a las algas y otras materias sólidas, transportadas a la cuba de sedimentación 34, sedimentarse por autofloculación. Tales materias sólidas pueden ser llevadas de nuevo al depósito 10 por diferencias de presión hidráulica, a través de unos medios de conducto de retorno 46 gobernados por una válvula 41; o bien pueden ser retiradas de la instalación dichas materias sólidas, por medio de un ramal de conducto 42 controlado por una válvula 43. El efluente rebosa por la represa 40 y sale por unos medios de conducto de descarga o salida 44. gobernados por una válvula 45.

El depósito 10 puede "sembrarse" de algas, y llevarse a la necesaria concentración de materia sólida, de la siguiente manera: En el depósito 10 se hace entrar líquido residual 15 en cantidad suficiente para llegar al nivel indicado en la figura 3, estando cerradas las válvulas 35 y 41. El nivel del líquido ha de ser tal que la luz penetre hasta casi el fondo del depósito 10, cuando la concentración media de materia sólida esté en el valor óptimo, para una instalación dada. Entonces se coloca en el depósito 10 un lote de semillas de algas que contenga especies comunes. A continuación, se pondrán en acción la rueda de paletas 25 y las luces fluorescentes 32, permitiéndose a las algas metabolizar los



minerales inorgánicos del líquido 15. La concentración inicial de algas en el líquido 15 podría ser de sólo 100 mg/l. Después de haber metabolizado las algas la mayor parte de los minerales inorgánicos contenidos en la primera cantidad de líquido 15, en lo que podrían invertirse hasta cuatro días, se detiene la rueda de paletas 25, y se deja a las algas sedimentarse lo mejor que puedan. A continuación, se retiraría del depósito 10 la mayor cantidad posible de líquido transparente, abriendo para ello las válvulas 35 y 37. Luego, se introduciría en el depósito 10 una nueva dosis de líquido residual 15, hasta llevar el líquido al nivel precedente. Esta operación de tratamiento por lotes, o discontinua, se prolongaría hasta que la concentración de algas fuera lo bastante alta para que las algas pudieran sedimentarse por autofloculación. Ello ocurriría al llegar las algas a una concentración superior a 1000 mg/l, como se ha explicado en los párrafos precedentes. Entonces, se abrirían las válvulas 17, 35, 41 y 45, para permitir el paso continuo de líquido por la instalación.

La relación entre los minerales inorgánicos metabolizables por algas y la masa algácea del sistema puede mantenerse de tal modo que impida el desarrollo logarítmico de las algas, mediante el control del gasto o caudal de circulación a través de la instalación, y de la cantidad de algas retirada por el conducto 42. Cuando la cantidad de minerales inorgánicos metabolizables por algas sea demasiado grande, y se produzca el desarrollo logarítmico de las algas, podrían cerrarse las válvulas 17 y 45. Esto daría lugar a que el líquido y las algas del depósito 10 se estuvieran mezclando continuamente por efecto de la rotación de la rueda 25 de pale-

338046



tas, hasta haber consumido las algas una cantidad de minerales suficiente para llegar a la fase de desarrollo en declinación; esta condición se notaría en que las algas empezarían a sedimentarse por autofloculación en la cuba 34. A continuación, podría abrirse la válvula 45, y aumentarse gradualmente el paso o circulación por la instalación de tratamiento mediante apertura gradual de la válvula 17, hasta que las algas de la cuba 34 dejaran de sedimentarse por autofloculación; esto indicaría que la cantidad de minerales inorgánicos metabolizables por algas, presente en aquel momento, es tan grande que da lugar al desarrollo logarítmico, de manera que sería preciso reducir el gasto o caudal de paso por la instalación. Así llegaría a determinarse el gasto inicial adecuado de circulación a través de la instalación. Como las células algáceas prosiguen metabolizando a base de los minerales inorgánicos que circulan por el sistema, la masa de algas puede llegar a una concentración superior a unos 8000 mg/l, lo que daría lugar a una descarga de las algas por el conducto 44, con el efluente. Cuando esto esté a punto de ocurrir, pueden sacarse algas de la instalación, por el conducto 42 y abriendo la válvula 43, para disponer de ellas según convenga. Las algas retiradas serían ricas en minerales, y podrían convertirse en subproducto útil mezclándolas con la tierra de labor como fertilizante o abono; o bien, tras un sucesivo tratamiento, podrían convertirse en alimento para personas o animales. Por consiguiente, puede ser conveniente extraer o retirar algas continuamente, como subproducto útil manteniéndose la concentración de materia sólida al nivel más bajo compatible con un funcionamiento eficaz de la instalación. También es posible tener como único objetivo del presente invento la produc-



ción de algas para alimentos u otros usos, y en este caso se utilizaría, en lugar de líquido residual, una solución sintética de minerales en concentraciones específicas que diera una producción óptima de algas. Hay otra situación, en que puede ser deseable retirar algas, y es la que ocurriría si el contenido de minerales del líquido de llegada 15 disminuyera hasta el punto de que las algas de la instalación entrarán en la fase endógena. Esto acarrearía la muerte de un excesivo número de células algáceas, y podrían producirse condiciones anaeróbicas en el depósito 10 o en la cuba 34. Ello podría evitarse manteniendo el equilibrio adecuado entre la masa de algas y los minerales inorgánicos, mediante el recurso de retirar células de algas por el conducto 42. Como alternativa, se podrían mantener las algas en equilibrio con el suministro de minerales, añadiendo fertilizantes minerales, o haciendo entrar CO<sub>2</sub> en burbujas en el depósito 10.

La instalación ilustrada en las figuras 2 y 3 se ha descrito en lo que anteceden en cuanto a la realización de un tratamiento terciario del efluente procedente de una operación de digestión aeróbica de aguas fecales domésticas, ya que sólo se retiran los minerales insolubles. Ahora bien, pueden usarse esencialmente los mismos aparatos y procedimientos para efectuar la digestión aeróbica, o tratamiento secundario, simultáneamente con el tratamiento terciario ya descrito. Esto podría efectuarse introduciendo las aguas de alcantarillado domésticas, en bruto, en el depósito 10, por medio de un conducto 16, y haciendo funcionar el aparato casi exactamente como se ha descrito más arriba con referencia al tratamiento terciario. La única nueva consideración importante sería la de que podría ser necesario el uso de un lote de se-



millas de algas mayor (por ejemplo, de 1000 mg/l), para impedir que se produjeran condiciones anaeróbicas al entrar en la instalación las aguas de alcantarillado domésticas.

5 Es digno de notarse que la digestión aeróbica ocurrirá sin necesidad de las bombas de aire y los difusores que se necesitan para las instalaciones de tratamiento aeróbico de la técnica anterior al presente invento. La razón de no necesitarse estos costosos dispositivos está en que uno de los subproductos de la reacción metabólica de las algas es el oxígeno molecular, en forma utilizable por las bacterias que llevan a cabo la digestión aeróbica. Aun cuando en algunas de las instalaciones anteriores a este invento se ha producido la digestión aeróbica en cierto grado, por la presencia de algas que dan el oxígeno utilizado por las bacterias, 10 el tratamiento terciario no podía realizarse simultáneamente, por salir demasiadas algas con el efluente. Así, el tratamiento terciario puede ponerse en práctica, al propio tiempo que se reduce el coste del equipo de digestión aeróbica, siguiendo las enseñanzas del presente invento.

20 De los ejemplos que siguen se desprenderán claramente algunas de las ventajas derivadas de la presente invención.

#### Ejemplo I

Se utilizó un aparato, a escala de laboratorio, de construcción semejante a la ilustrada en las figuras 2 y 3. El aparato empleado era un depósito rectangular de tratamiento, de 15,2 cm de ancho por 50,8 cm de longitud; en el depósito se mantuvo una profundidad de líquido de 5,08 cm, y un deflector horizontal cruzaba el depósito, a 2,54 cm del fondo, para favorecer la mezcla. Se utilizó una rueda de paletas, 30



de 15,2 cm de diámetro, con seis paraletas girando a unas 60 rpm, para hacer circular el contenido del depósito, en un sentido por encima del deflector y en el sentido contrario por debajo de éste. Se conectó al depósito de tratamiento, para recibir líquido de éste, una cubeta de sedimentación de forma parecida a un prisma triangular rectángulo invertido, con su lado más largo de 25,4 cm. El efluente salía por una abertura practicada en la parte alta de la cubeta de sedimentación. El sedimento obtenido era retirado del fondo de la cubeta de sedimentación y, o bien devuelto al depósito de tratamiento, o recogido para su análisis; para retirar el sedimento se empleó una disposición de pequeña bomba elevadora de aire. Una lámpara de incandescencia de 200 W suministraba luz, colocada a unos diez centímetros por encima de la superficie del líquido del depósito de tratamiento.

El líquido de llegada eran las aguas fecales domésticas en bruto, obtenidas de la planta de tratamiento de aguas fecales de Lawrence, Kansas, EE.UU. Este líquido residual se hizo pasar por el aparato con un gasto constante, que dió lugar a un tiempo de retención de 5 horas. El aparato se "sembró" con aproximadamente 0,5 gramos de un cultivo mixto de algas que incluía las especies *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Euglena*. El aparato se hizo funcionar en general como se ha descrito con referencia a las figuras 2 y 3, a una temperatura ambiente de unos 21°C y a la presión atmosférica.

Se realizaron ensayos durante un período de aproximadamente 30 días, para determinar la materia sólida contenida en el líquido del depósito de tratamiento y en el efluente del aparato, y para determinar la reducción de fosfatos y de nitrógeno. Los resultados se presentan en la tabla I siguiente:



TABLA I

	<u>Día</u>	<u>Peso en seco de sólidos en el depósito de tratamiento (mg/l)</u>	<u>Peso en seco de sólidos en efluente (mg/l)</u>	<u>Reducción de nitrógeno inorgánico (%)</u>	<u>Reducción de fosfatos (%)</u>
5	8	2000	15	45	52
	13	1300	60	85	52
	15	1900	35	65	30
	21	3550	20	65	46
	23	1850	40	15	46

10 El peso en seco de la materia sólida en suspensión en el depósito de tratamiento y en el efluente fue determinado por el método de filtro de membranas descrito en la página 1321 del número de noviembre de 1956 de la revista "Sewage and Industrial Wastes". El contenido de nitrógeno fue determinado por los métodos descritos en las páginas 296, 302 y 303 de la 11ª edición de la publicación "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water" /("Métodos normales para el examen de aguas, y de aguas residuales") editada por la Asociación americana para la salud pública, 1960; y por

15 el método de micro-Kjeldahl. Los fosfatos fueron determinados por los métodos descritos en la página 199 de la citada publicación de "Standard Methods", y la demanda bioquímica de oxígeno ("BOD") en cinco días, y el pH, fueron respectivamente

20 determinados por los métodos descritos en las páginas 318 y 277 de la misma publicación "Standard Methods" arriba citada.

25 Durante el período en que se realizaron los indicados ensayos, el pH fluctuó entre 7 y 8, registrándose reducciones de la BOD en cinco días comprendidas aproximadamente

30 entre 75% y 95%. En la cubeta de sedimentación se produjo la

338046



sedimentación de las algas por autofloculación.

Ejemplo II

El aparato, el procedimiento de ensayo y las condiciones de este ejemplo fueron iguales a los indicados para el ejemplo I, salvo en que la luz fue suministrada por tres bombillas de 200 W, y los ensayos se efectuaron a lo largo de un período de unos 40 días.

TABLA II

	Día	Peso en seco de sólidos en el depósito de tratamiento (mg/l)	Peso en seco de sólidos en efluente (mg/l)	Reducción de nitrógeno inorgánico (%)	Reducción de fosfatos (%)
10	1	2800	10	75	50
	8	3100	25	65	90
	15	2200	40	60	
15	17	2100	45	50	
	18	2100	35	50	
	19	2200	35	65	
	20	2000	35	90	
	22	1800	30	85	40
20	25	3100	30	85	
	27	3100	10	80	
	29	2850	10	85	10
	35	1700	15	95	

En la cubeta de sedimentación se produjo, por autofloculación, la sedimentación de las aguas.

Aun cuando las formas de ejecución del invento aquí ilustradas y descritas constituyen unas formas de realización preferidas, no se tiene la intención de ilustrar aquí todas las formas equivalentes o ramificaciones de las mismas; por ejemplo, el depósito que define la zona primera, o de agita-



ción, podría tener la forma de un canalón anular poco profundo. Los términos utilizados son descriptivos y no limitativos, pudiendo efectuarse diversos cambios sin salirse de la invención aquí expuesta; y en las reivindicaciones finales se tien-  
5 de a cubrir y abarcar todos aquellos cambios que caigan dentro del auténtico espíritu y del ámbito de la invención.

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, con fecha 16 de Marzo de 1966, bajo el número 534.772 se acoge a los beneficios del  
10 artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

#### N O T A

Los puntos de Invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de la presente solicitud de Patente de Invención en España por Veinte años, son los siguientes:

15 1º.- Un método de tratar líquidos residuales, que comprende el recurso de mezclar dicho residuo líquido con algas, en presencia de luz, de tal modo que las algas separen de dicho residuo, por fotosíntesis, los minerales inorgánicos solubles, y de sedimentar las algas en forma de masa autofloculante.  
20

2º.- Un método según la reivindicación 1, que comprende además las etapas de: mantener la concentración media de materia sólida en la mezcla de algas y residuos por encima de 1000 mg/l en peso, en seco, siendo algas por lo menos  
25 el 50% de dicha materia sólida; y mantener la cantidad de minerales inorgánicos metabolizables por las algas, en dicha

**338046**



mezcla, por bajo de la cantidad mínima necesaria para producir el desarrollo logarítmico de las algas en dicha mezcla.

5 3º.- Un método según la reivindicación 2, en el que dicha concentración media de materia sólida está por debajo de unos 8000 mg/l.

10 4º.- Un método según en la reivindicación 1, que comprende además la ejecución de las siguientes etapas, antes de sedimentar las algas: hacer que la mezcla de algas y residuos fluya en una trayectoria circular en general, en sentido horizontal; y simultáneamente hacer que la mezcla de algas y residuos se mueva en general subiendo y bajando, en sentido vertical; de tal modo que dicha mezcla de algas y residuos se agite hasta adquirir una condición homogénea en general.

15 5º.- Un método según la reivindicación 1, que comprende además las etapas de: mantener la concentración media de materia sólida en la mezcla de algas y residuos por encima de 1000 mg/l en peso, en seco, siendo algas por lo menos el 50% de dicha materia sólida agitar dicha mezcla en una primera zona, hasta hacer dicha mezcla homogénea en general; mantener la cantidad de minerales inorgánicos metabolizables por las algas, en dicha mezcla, por bajo de la cantidad mínima necesaria para producir el desarrollo logarítmico de las algas en dicha mezcla; y trasladar una parte de dicha mezcla de algas y residuos, homogénea, en general, a una segunda zona, estática.

20

25

30 6º.- Un método según la reivindicación 1, que comprende además las etapas de: confinar una cantidad de la mezcla de algas y residuos; favorecer el desarrollo de las algas en dicha cantidad confinada, hasta que la concentración media de materia sólida sea superior a 1000 mg/l en peso, en seco,

338046



siendo algas el 50% o más de dicha materia sólida; seguir introduciendo líquido residual en dicha cantidad confinada, o retirando algas de la misma, de tal modo que se mantenga la relación de minerales inorgánicos metabolizables por algas, respecto a las algas contenidas en dicha cantidad confinada, por debajo de la proporción mínima necesaria para originar el desarrollo logarítmico de las algas a dicha concentración media de materia sólida.

7º.- Un método según la reivindicación 6, en el cual de dicha cantidad confinada se retiran algas tan sólo cuando la concentración de minerales inorgánicos metabolizables por algas sea insuficiente para originar el desarrollo logarítmico de algas para dicha concentración media de materia sólida.

8º.- Un método de separar algas por sedimentación, de una mezcla de algas con una solución líquida que contenga minerales inorgánicos metabolizables por algas, existiendo energía lumínica suficiente para permitir que las algas metabolicen dichos minerales, método que comprende las etapas de: mantener la concentración media de materia sólida en dicha mezcla, por encima de 1000 mg/l en peso, en seco, siendo algas por lo menos el 50% de dicha materia sólida; y mantener la cantidad de dichos minerales inorgánicos metabolizables por algas, en dicha mezcla, por debajo de la cantidad mínima necesaria para producir el desarrollo logarítmico de las algas en dicha mezcla; de tal modo que dichas algas puedan sedimentarse en forma de masa autofloculante.

9º.- Un método según la reivindicación 8, que comprende además las etapas de: agitar dichas algas y dicha solución líquida, en una primera zona, de tal modo que dicha mezcla se haga esencialmente homogénea; y trasladar una parte



de dicha mezcla esencialmente homogénea a una segunda zona, estática, de tal modo que dichas algas se sedimenten por autofloculación en dicha segunda zona.

5           10<sup>a</sup>.- Un método según la reivindicación 8, en el que dicha concentración media de materia sólida está por debajo de unos 8000 mg/l.

10           11<sup>a</sup>.- Un aparato para tratar residuos líquidos poniéndolos en contacto con algas, caracterizado por el perfeccionamiento que da lugar a la sedimentación de algas en forma de mesa autofloculante, y que comprende: medios para confinar una cantidad de dichos residuos; medios para mezclar algas con dicha cantidad confinada, de tal modo que se obtenga una mezcla de algas y residuos homogénea en general; medios para dar a dicha mezcla luz suficiente para hacer que las algas  
15           separen de dichos residuos, por fotosíntesis, minerales inorgánicos solubles; medios para mantener la concentración media de materia sólida de dicha cantidad confinada por encima de 1000 mg/l de peso seco, siendo algas por lo menos el 50% de dicha materia sólida; y medios para mantener la cantidad de  
20           minerales inorgánicos metabolizables por algas, en dicha cantidad confinada, por debajo de la proporción mínima necesaria para producir el desarrollo logarítmico de las algas en dicha cantidad confinada.

25           12<sup>a</sup>.- Un aparato según la reivindicación 11, en el que dicha concentración media de materia sólida está por debajo de unos 8000 mg/l.

30           13<sup>a</sup>.- Un aparato según la reivindicación 11, que comprende además: medios que definen una cuba de sedimentación, en la que dicha mezcla puede mantenerse en condición estática; y medios para hacer fluir parte de dicha mezcla hasta dicha



cuba de sedimentación, de tal modo que dichas algas se sedimenten por autofloculación en dicha cuba de sedimentación.

5 14º.- Un aparato según la reivindicación 13, que comprende además medios para devolver a dichos medios de confinamiento las algas sedimentadas en dicha cuba de sedimentación.

10 15º.- Un aparato según la reivindicación 11, en el que dichos medios para confinar residuos comprenden un depósito abierto por arriba, construido y dispuesto de manera que hagan fluir a dicha mezcla de algas y residuos en una trayectoria circular en general, en sentido horizontal, y medios para hacer que dicha mezcla de algas y residuos se mueva subiendo y bajando en general, en sentido vertical.

15 16º.- Un método de tratar líquidos residuales. Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y para los fines que se han especificado.

20 Esta Memoria consta de veintisiete hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

P.A.

1 ABR. 1967

Alberio de Elizaburu  
For Euzkadi

PSO/.

338046

338046

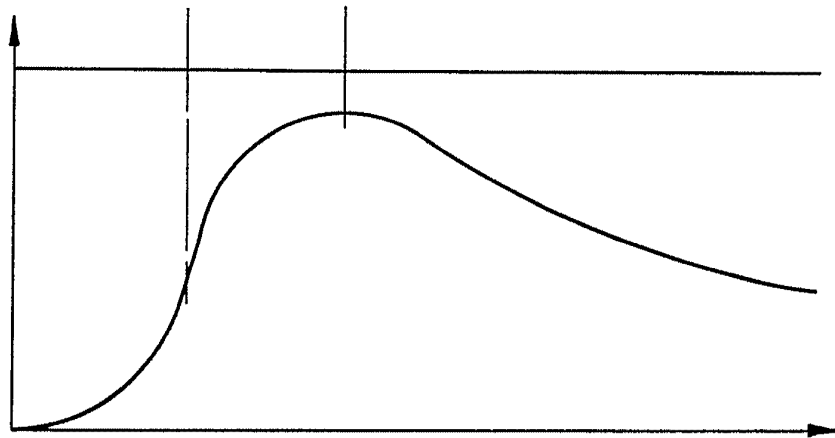


Fig. 1.

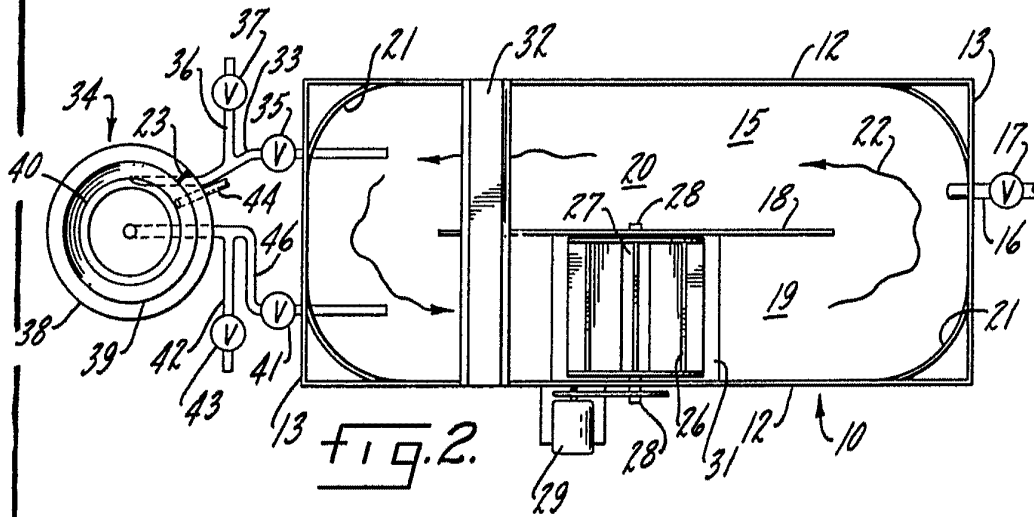


Fig. 2.

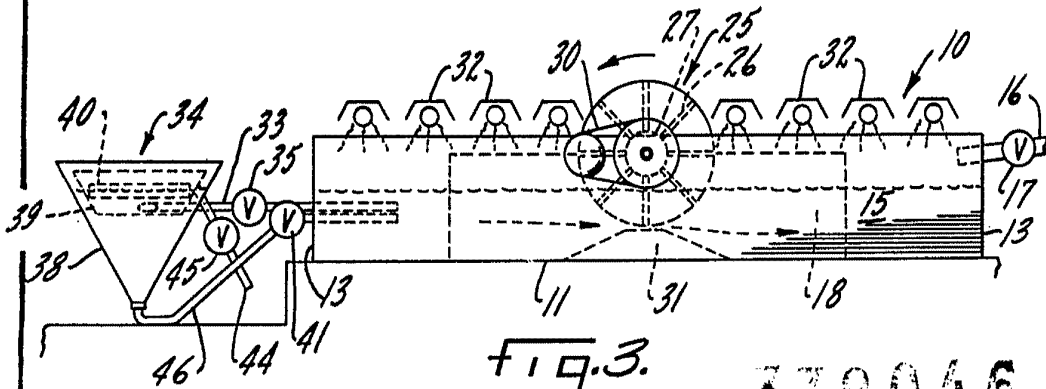


Fig. 3.

338046

*Allen*