



410505

416385

P.- 54.773

L-9318-SP
(Method)

F.c. 17-6-75

Int. Cl.². C02c

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCION por VEINTE años

A nombre de UNION CARBIDE CORPORATION

entidad norteamericana

establecida en 270 Park Avenue, Nueva York, N.Y. 10017,
Estados Unidos de América.

por: "UN METODO PERFECCIONADO PARA EL TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES" (Clase Internacional C07c)

6.7.73
H.M.C.

- 1 -



416385

Esta invención se refiere a un método para tratar agua residual y para efectuar dicho tratamiento por aireación con al menos 50% de oxígeno, en una instalación circular integral.

5 En zonas en que necesitan tratamiento pequeñas corrientes de agua residual, es deseable emplear instalaciones integrales, es decir, instalaciones en que todos los componentes están encerrados en una única pared exterior. El costo de material y de fabricación son más bajos para
10 una instalación de tratamiento de agua residual integral pequeña que para una instalación que comprende elementos separados físicamente. Además, las instalaciones integrales son compactas y necesitan para su instalación una zona territorial pequeña; tales instalaciones tienen tam-
15 bién un potencial para un diseño global mucho más simplificado comparado con una instalación no integrada.

No obstante el requisito de ser relativamente pequeña, la planta integral debe mantener el nivel deseado de tratamiento de agua residual, es decir, las características
20 geométricas de los segmentos constituyentes deben favorecer el buen funcionamiento. Por ejemplo, los segmentos de mezclado o aireación deben favorecer el que el esquema de circulación y la distribución del líquido contenido sean eficaces; el clarificador debe favorecer un agua
25 efluente de bajo contenido de BOD y la decantación de la

416385



la corriente derivada de lodo.

La técnica anterior ha hecho uso extenso de instalaciones circulares para corrientes de agua residual relativamente pequeñas dado que ofrecen varias ventajas sobre
5 otras configuraciones tales como rectangulares. El diseño circular a la vez que proporciona una razón de perímetro mínimo con respecto al área de la sección transversal, tiende a minimizar las necesidades de material para la fabricación de la instalación integral a la vez que favorece una disposición de componentes muy eficaz. Adicionalmente, los costos de construcción pueden ser menores en algunos casos para condiciones geométricas circulares que para otras formas, como por ejemplo en la fabricación de hormigón.
10

La técnica anterior ha empleado procedimientos de
15 tratamiento biológico en pequeñas instalaciones circulares, principalmente debido a su capacidad de aplicación a una extensa variedad de aguas residuales, y de necesidades del efluente, y a un costo de capital relativamente bajo. El procedimiento principal de tratamiento biológico en uso comercial se basa en lodo activado, en el que se
20 mezcla agua residual en una zona de aireación con un gas que contiene oxígeno y el lodo activado. Este último consta esencialmente de organismos aerobios que en presencia de oxígeno disuelto absorben y asimilan el contenido orgánico.
25

416385



nico oxidable bioquímicamente (BOD) del agua residual, convirtiendo la materia orgánica en formas que pueden separarse con facilidad del agua purificada en la zona de clarificación. Bajo condiciones normales los organismos se multiplican rápidamente en la zona de aireación y cuando el periodo necesario de conversión del BOD es completo, el líquido mezclado se deja sedimentar en una zona de clarificación y el efluente purificado se decanta obteniendo aguas de recepción. Se retira el lodo desde el fondo de la zona de clarificación recirculándose parte del mismo a la zona de aireación para mantener una acción biológica eficaz sobre el agua residual que entra.

Hasta épocas muy recientes el aire atmosférico ha sido la única fuente de oxígeno en instalaciones de lodo activado. Pero en los últimos años este sistema ha sido sumamente mejorado mediante el uso de gas oxígeno de alta pureza como oxidante en una serie de depósitos rectangulares cerrados, preferiblemente con movimiento de gas y líquido de depósito a depósito del modo descrito en las Patentes de EE.UU. Nos. 3.547.813 3.547.814 y 3.547.815, todas ellas a J.R. McWhirter. Los sistemas aireados con oxígeno de alta pureza ofrecen ventajas importantes sobre las instalaciones aireadas con aire, como por ejemplo niveles superiores de acción biológica sobre el agua residual que entra y por consiguiente depósitos de aireación más peque-

416385



nos.

La operación de clarificación viene influida en gran manera por el tipo de aireación empleado. Los clarificadores en el procedimiento de lodo activado tienen dos funciones:

5 Deben proporcionar un efluente con un nivel bajo de sólidos suspendidos y también deben decantar los sólidos que sedimenten y proporcionar un lodo de concentración suficiente para mantener una acción biológica eficaz en la zona de aireación. La eficacia del clarificador en el desempeño de estas dos funciones depende en gran parte de la naturaleza física de los sólidos en el líquido descargado de la zona de aireación y aquí, de nuevo, el procedimiento de aireación con oxígeno tiene ventajas claras sobre los sistemas de aireación con aire. Este último produce típicamente partículas sólidas frágiles, de pequeñas dimensiones, y relativamente sin flocular, que no sedimentan bien en el clarificador. Además, el lodo sedimentado posee un alto volumen específico, medido, por ejemplo, por el Índice de Volumen de Lodo (IVL) de modo que debido a las malas características de sedimentación y de capacidad de densificación, un clarificador que trata un lodo aireado con aire debe tener un tamaño relativamente mayor para asegurar un funcionamiento adecuado. Los sistemas de
10
15
20
25 aireación con oxígeno producen, en contraposición, lodo

416385



con características de sedimentación superiores, es decir, velocidades de sedimentación mayores, (IVL inferiores) y mejor capacidad de deshidratación.

Al dimensionar clarificadores las dos funciones de clarificación y coagulación deben ser consideradas por separado y escogerse una zona general que satisfaga ambos requisitos. Además, es necesario desarrollar un diseño de clarificador que esté libre de zonas de estancamiento o de corrientes en corto-circuito. Esto se efectúa proporcionando una forma geométrica sin esquinas acusadas o regiones inaccesibles para la corriente de líquido, y esquemas uniformes de corriente de líquidos dentro del clarificador. Aun cuando esta última característica se asegura principalmente distribuyendo el líquido que entra tan uniformemente como es posible sobre la totalidad del área de la sección transversal del clarificador, también es necesario proporcionar esquemas de corriente de líquido dentro del recipiente que permitan un tiempo de permanencia suficiente del líquido para que tenga lugar la sedimentación. Asimismo es deseable proporcionar un trayecto de la corriente de líquido en el clarificador que lleve la energía de entrada a un estado relativamente tranquilo, minimizando de este modo las velocidades de los líquidos en el interior de la masa líquida.

Para usar con eficacia la totalidad del área pro-

416385



porcionada en el clarificador, la longitud del trayecto de la corriente de líquido debe ser por lo menos igual, y en condiciones de caudal máximo preferiblemente idéntica, a la longitud del trayecto necesaria para la sedimentación. Si el trayecto de sedimentación es más corto que el trayecto real proporcionado para el recorrido del líquido, entonces la distribución de sólidos tendrá lugar solamente sobre parte del área del clarificador. Bajo estas circunstancias el clarificador ha sido diseñado en exceso y la instalación integral es mayor de lo necesario. Si el trayecto de sedimentación es más largo que el trayecto real proporcionado para el recorrido del líquido, entonces puede tener lugar una pérdida importante de sólidos en el efluente del clarificador. Desgraciadamente, las instalaciones circulares integrales de aireación con aire de la técnica anterior con zonas de clarificación arqueadas, necesitan que la zona se extienda en torno a la periferia total de la pared exterior, es decir 360°, para que el trayecto de la corriente de líquido sea por lo menos igual a la longitud del trayecto de sedimentación. Es decir, el acortamiento del arco del clarificador a menos de la circunferencia total hace que la longitud del trayecto de sedimentación exceda la longitud real del trayecto de la corriente de líquido y reduce sustancialmente la separación de sólidos y líquido en el clari-

416385



ficador. Esto significa que unicamente la parte central de una instalación circular integral aireada con aire se encuentra disponible como zona de aireación y la instalación debe ser dimensionada sobre la base del volumen necesario de zona de aireación. El resultado de esta limitación grave es una instalación relativamente grande para tratar un caudal dado de agua residual.

Un objeto de esta invención es proporcionar un método mejorado y un aparato para el tratamiento biológico de agua residual en una instalación circular integral.

Otro objeto de esta invención es proporcionar un sistema del tipo de lodo activado que emplea una aireación con oxígeno de alta pureza para caudales de agua residual relativamente bajos en una instalación circular integral, que es sustancialmente más compacta que las instalaciones de configuración rectangular.

SUMARIO

Esta invención se refiere a un método y a un aparato para tratamiento de agua residual mediante aireación con al menos 50% de oxígeno en una instalación circular integral.

Se ha descubierto inesperadamente que en una instalación circular integral de un sistema de tratamiento de agua residual por aireación con oxígeno con una zona de clarificación periférica, la longitud del arco del cla-

416385



rificador puede acortarse hasta ser tan pequeña como 90°
sin hacer que la longitud del trayecto de sedimentación
exceda la longitud real del trayecto de la corriente lí-
quida. Esto significa que la porción periférica restante
5 de la instalación puede ser empleada para otros fines,
como por ejemplo, aireación, digestión del lodo activado,
y cloración del efluente del clarificador. Para conseguir
el tratamiento de agua residual deseado con gas oxígeno
de modo que se utilice eficazmente el oxígeno relativamen-
10 te caro (en comparación con el aire), se reduzca el conte-
nido de BOD del efluente hasta un nivel aceptable y se ob-
tenga lodo activado que tenga las características de se-
dimentación superiores antes mencionadas, es necesario en
la práctica de esta invención emplear por lo menos dos
15 zonas de aireación con oxígeno separadas haciéndose pasar
el gas agotado en oxígeno desde la primera zona a la se-
gunda zona de aireación y haciéndose pasar también el pri-
mer líquido oxigenado a la segunda zona de aireación. Se
proporciona por lo menos una zona de aireación en una por-
20 ción arqueada de la instalación, cuya porción es utiliza-
ble debido a la porción arqueada única del clarificador
acortada. Como se emplea más adelante en esta Memoria la
expresión "porción arqueada" se refiere a una parte ence-
rrada de la instalación circular integral de tratamiento
25 de agua residual unida en el exterior por una pared exte-

416385



rior circular, de un depósito, en el interior por la pared interior circular y en los extremos por paredes terminales que se extienden radialmente sirviendo la longitud de la circunferencia de las paredes exterior e interior
5 concéntricas para definir longitudes de arco de menos de 360°.

La longitud de arco de la zona del clarificador de esta instalación puede ser tan bajo como 90° y puede proporcionar todavía una longitud del trayecto real de la corriente líquida por lo menos tan largo como la longitud
10 del trayecto de sedimentación. Desde un punto de vista teórico, debe ser posible (si se desea) emplear una zona de clarificador que se extienda totalmente 360° en la instalación circular integral de tratamiento de agua residual
15 de esta invención ya que a esta longitud del arco la longitud del trayecto de sedimentación en condiciones ideales es todavía menor que la longitud real del trayecto de la corriente proporcionado. Sin embargo, para tal longitud de arco en una instalación de diámetro fijo, la distancia de la pared interior a la exterior en el clarificador es mínima ya que el diámetro de la pared interior
20 debe aumentarse para que proporcione el volumen total requerido para dos zonas de aireación por lo menos. Con tales distancias estrechas de la porción de clarificador los
25 efectos hidráulicos asociados con turbulencias a la entra-

416385



da y salida, del clarificador se hacen importantes en aumento y afectan de modo adverso al funcionamiento del clarificador. Por esta razón la porción arqueada del clarificador no debe exceder de 330° para obtener distancias entre la pared interior y exterior adecuadamente largas y condiciones hidráulicas satisfactorias en la pared interior donde se introduce líquido oxigenado y la pared exterior donde se descarga el efluente clarificado.

En la instalación circular integral de tratamiento de agua residual de esta invención el líquido oxigenado procedente de la zona final de aireación se dirige a medios para distribuir el mismo uniformemente en la primera porción arqueada del volumen intermedio existente entre el segmento de pared interior de la misma. Es decir, el líquido oxigenado circula radialmente hacia fuera desde la pared interior a la pared exterior y la longitud real del trayecto de la corriente de líquido es, por consiguiente, la distancia radial existente entre las paredes. La zona de aireación final está preferiblemente en el interior de la pared circular interior ya que esta colocación acomoda con la máxima facilidad la corriente radial necesaria en la porción arqueada del clarificador. Esto es, puede(n) disponerse abertura(s) restringida(s) en la pared interior para conseguir la corriente deseada de líquido oxigenado desde la zona de aireación final

416385



hasta la primera porción arqueada del clarificador del volumen intermedio.

Una tercera división radial puede extenderse a través del volumen intermedio entre las paredes interior y exterior y unida en bordes opuestos a las citadas paredes dentro de la segunda porción arqueada para formar otra porción arqueada dentro del volumen intermedio. La segunda zona de aireación puede situarse entonces dentro de la segunda porción arqueada y separada de la primera zona de aireación por la tercera división radial.

La instalación circular integral para el tratamiento de agua residual de esta invención ofrece ventajas sustanciales sobre las instalaciones circulares aireadas con aire que se emplean en la actualidad. A título de ejemplo y sobre la base de un caudal de agua residual de 3.780 m^3 por día, la presente instalación solamente necesita el 47 por ciento de la zona territorial requerida por la instalación aireada con aire. La instalación presente también es sustancialmente más compacta que una instalación de tipo rectangular que emplea también aireación con oxígeno como se describe, por ejemplo, en la Patente de EE.UU. nº 3.547.815 a McWhirter anteriormente citada. De nuevo, basado en un caudal de agua residual de $3780 \text{ m}^3/\text{día}$, esta instalación circular necesitaría un área de la pared exterior de solamente el 31 por ciento del área de la pared

4 16385



exterior requerida por una instalación rectangular basada en condiciones de proceso idénticas, lo que corresponde a una longitud de pared de 26,5 m para la instalación circular y de 85 m para la instalación rectangular.

5 Más específicamente, el aparato para tratamiento de agua residual de esta invención comprende una pared exterior circular de un depósito, una pared interior circular concéntrica con dicha pared exterior y separada de ella, que forma un volumen interior y un volumen interme-
10 dio entre las paredes interior y exterior de tal modo que la proporción del radio de la pared interior (R_1) con respecto al radio de la pared exterior (R_2) está comprendida entre 0,25 y 0,70. Una primera división radial se extiende a través del volumen intermedio entre las paredes
15 interior y exterior y unida en bordes opuestos a las citadas paredes, y una segunda división radial se extiende también a través del volumen intermedio entre las paredes interior y exterior y unida en bordes opuestos a las citadas paredes. La segunda división está separada de la pri-
20 mera división radial de modo que forma una primera porción arqueada del volumen intermedio unida por segmentos de las paredes interior y exterior, que comprenden entre 90° y 330° de sus circunferencias respectivas. Una segunda porción arqueada comprende el resto del volumen intermedio.

25 Se proporcionan primeros medios de mezcla y re-

416385



circulación dentro de la pared exterior en una primera parte distinta de la primera porción arqueada y una cubierta encierra esta parte, situada sobre los primeros medios de mezclado y recirculación, formando una primera zona de aireación. Primeros medios de paso introducen gas oxígeno en la primera zona de aireación, y segundos medios de paso introducen agua residual de alimentación y lodo activado en la primera zona de aireación.

Se proporcionan segundos medios de mezclado y recirculación dentro de la pared exterior en una segunda parte distinta de la primera porción arqueada, y una segunda cubierta encierra la segunda parte situada sobre los segundos medios de mezclado y recirculación, formando una segunda zona de aireación.

Primeros medios de transferencia entre zonas de gas están separados de los primeros medios de paso de gas oxígeno para descargar gas agotado en oxígeno desde la primera zona de aireación e introducir así el mismo en la segunda zona de aireación en calidad de gas que contiene oxígeno. Se proporcionan primeros medios de transferencia entre zonas de líquido para descargar un primer líquido oxigenado desde la primera zona de aireación e introducir el mismo en la segunda zona de aireación para mezclarle en ella con el gas que contiene oxígeno. Medios de descarga de gases están separados de los primeros medios de trans-

416385

-3



ferencia entre zonas de gas para descargar gas agotado
adicionalmente en oxígeno desde la segunda zona de airea-
ción. Se proporcionan medios de paso de líquido para des-
cargar un segundo líquido oxigenado de la segunda zona de
5 aireación y medios para distribuir uniformemente líquido
oxigenado en la primera porción arqueada del volumen in-
termedio en torno a los segmentos de pared interior para
circulación radial a través de dicha primera porción ar-
queada. Se emplean medios de vertido en torno a la parte
10 superior del segmento de la pared exterior de la primera
porción arqueada para descargar agua clarificada y se in-
cluyen medios para recoger y separar lodo activado desde
la parte de fondo de la primera porción arqueada y devol-
ver por lo menos parte del lodo a los segundos medios de
15 paso a la primera zona de aireación.

Esta invención incluye también un método mejorado
para tratamiento de agua residual. En una instalación cir-
cular aireada con aire la longitud del arco del clarifica-
dor no puede reducirse por debajo de 360° con objeto de
20 evitar que la longitud del trayecto de sedimentación exce-
da mucho de la longitud real del trayecto del líquido. En
tales plantas, si se descargara líquido oxigenado desde
un clarificador central para obtener una corriente radial
hacia fuera, dirigida a la pared exterior, el área de dis-
25 tribución sería muy grande (debido a la pared totalmente



416385

extendida 360°) y la velocidad radial del líquido sería muy baja. Sin embargo, debido a que la velocidad de sedimentación del lodo activado aireado con aire es intrínsecamente baja, necesita disminuirse la velocidad radial de líquido a un valor mucho más bajo que su valor de entrada con objeto de conseguir una sedimentación buena. Dentro de las restricciones geométricas de la instalación compacta global, ésto no es posible para el sistema de aire. Solamente es posible un grado pequeño de expansión líquida, de modo que la velocidad radial no es reducida sustancialmente.

En el método de esta invención, el volumen de aireación, además de ser significativamente más pequeño que en el sistema de aire, se divide en dos zonas por lo menos. Esto significa que la zona de aireación final circular central tiene pequeño tamaño y proporciona una zona de distribución localizada, pequeña, para la introducción de líquido oxigenado en la zona de clarificación arqueada. La zona de distribución localizada favorece las velocidades de líquido radiales altas en el arco de entrada interior de diámetro más pequeño, pero, debido al trayecto largo de la corriente de líquido radial (real) proporcionado y la característica superior de velocidad de sedimentación del lodo oxigenado, se realiza una expansión suficiente del líquido para conseguir una buena sedimentación.

416385



El trayecto de sedimentación está contenido de este modo por el trayecto de la corriente radial real proporcionado, debido a la expansión radial beneficiosa del líquido en el clarificador.

5 Más específicamente, el método de tratamiento de agua residual de esta invención es por aireación con gas de al menos 50% de oxígeno en presencia de lodo activado devuelto para oxidación biológica en dos zonas de aireación cubiertas, por lo menos, en donde el gas de alimentación de oxígeno, el agua residual y el lodo activado se
10 mezclan y se hace recircular simultáneamente un líquido en una primera zona de aireación, se introducen, cada uno separadamente, gas agotado parcialmente en oxígeno y líquido parcialmente oxigenado procedentes de la primera zona de aireación, en una segunda zona de aireación para
15 efectuar continuamente en ella el mezclado y la recirculación de líquido, y el líquido oxigenado adicionalmente procedente de la zona de aireación final se separa en agua efluente y lodo activado en una zona de clarificación
20 una parte por lo menos del lodo a la primera zona de aireación como dicho lodo recirculado. La mejora comprende:
(a) mezclar dichos gas de alimentación de oxígeno, agua residual y lodo activado recirculado, en una primera zona de aireación arqueada; (b) mezclar gas parcialmente agotado en oxígeno y líquido parcialmente oxigenado en una
25

416385



zona de aireación final circular; (c) hacer circular el líquido oxigenado adicionalmente en forma radial a través de una zona de clarificación arqueada de longitud de arco comprendida entre 90° y 330°, desde un arco de entrada interior de diámetro más pequeño hasta un arco concéntrico exterior de descarga de efluente líquido, de diámetro mayor, a velocidades radiales y caudales volumétricos tales que V_E/V_I está comprendido entre 0,1 y 0,5, en donde

10

$$\frac{V_E}{V_I} = \left(\frac{Q}{Q + R} \right) \left(\frac{R_1}{R_2} \right); \text{ y}$$

V_E = velocidad radial del líquido en dicho arco concéntrico exterior de descarga de efluente líquido de diámetro mayor,

15 V_I = velocidad radial de líquido en dicho arco interior de entrada de diámetro más pequeño,

Q = caudal volumétrico del efluente líquido de dicha zona de clarificación,

20 R = caudal volumétrico del recirculado de lodo activado,

R_1 = radio de dicho arco interior de entrada de diámetro más pequeño, y

R_2 = radio de dicho arco concéntrico exterior de descarga de efluente líquido de diámetro mayor.

25

416385



BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

En los dibujos, la Fig. 1 es un diagrama de proceso esquemático de un sistema de tratamiento de agua residual en el que puede ser practicada la presente invención.

5 La Fig. 2 es una vista en perspectiva caballera de una instalación circular integral para el tratamiento de agua residual que incorpora la invención.

La Fig. 3 es una vista en planta de una instalación similar a la instalación de la Fig. 2 que muestra una primera zona de aireación arqueada, una segunda zona de aireación central, una zona de digestión aerobia arqueada y un clarificador arqueado 190°.

La Fig. 4 es una vista en planta esquemática de la instalación de la Fig. 3 que muestra las corrientes de líquidos.

La Fig. 5 es una vista en alzado de la instalación de la Fig. 3 tomada en corte transversal a lo largo de la línea A-A.

La Fig. 6 es otra vista en alzado de la instalación de la Fig. 3 tomada en corte transversal a lo largo de la línea B-B.

La Fig. 7 es, todavía, otra vista en alzado de la instalación de la Fig. 3 tomada en corte transversal a lo largo de la línea C-C.

25 La fig. 8 es una vista en planta esquemática de

4 1 6 3 8 5



una instalación circular integral alternativa para el tratamiento de agua residual semejante a la Fig. 4 pero con un clarificador de 295^o y que muestra las corrientes de líquidos.

5 La Fig. 9 es una vista en planta esquemática de, todavía, otra instalación circular integral alternativa para el tratamiento de agua residual con tres zonas de aireación arqueadas, una cuarta zona de aireación central y un clarificador arqueado 99^o, y que muestra las corrientes de líquidos.

10

La Fig. 10 es una vista en planta de una instalación circular integral adicional para el tratamiento de agua residual, que muestra dos zonas de aireación arqueadas, una zona de cloración arqueada, una zona de digestión aerobia central, y un clarificador de 222^o.

15

La Fig. 11 es una vista en alzado de la instalación de la Fig. 10 tomada en corte transversal a lo largo de la línea A-A.

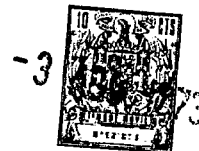
La Fig. 12 es otra vista en alzado de la instalación de la Fig. 10 tomada en corte transversal a lo largo de la línea B-B.

20

La Fig. 13 es, todavía, otra vista en alzado de la instalación de la Fig. 10 tomada en corte transversal a lo largo de la línea C-C.

25 La Fig. 14 es una gráfica que muestra el funciona-

416385



miento del clarificador de una instalación circular aireada con aire para el tratamiento de agua residual de 250 mg/ l de BOD en una zona de aireación con una concentración total de sólidos suspendidos (MLSS) de 2200 mg/l.

5 La Fig. 15 es una gráfica que muestra el funcionamiento del clarificador en una instalación circular aireada con oxígeno que trata agua residual de 250 mg/l de BOD con una concentración total de sólidos suspendidos (MLSS) de 5000 mg/l.

10 La Fig. 16 es una gráfica que muestra el funcionamiento del clarificador de una instalación circular aireada con aire para el tratamiento de agua residual de 686 mg/l de BOD en una zona de aireación con una concentración total de sólidos suspendidos (MLSS) de 2200 mg/l.

15 La Fig. 17 es una gráfica que muestra el funcionamiento del clarificador en una instalación circular aireada con oxígeno para el tratamiento de agua residual de 686 mg/l de BOD con una concentración total de sólidos suspendidos (MLSS) de 6500 mg/l.

20 DESCRIPCION DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

Haciendo referencia más específicamente a los dibujos, la Fig. 1 es un diagrama de proceso esquemático, de un sistema de tratamiento de agua residual en el que puede ponerse en práctica la invención, e incluye una pared exterior circular de un depósito 20 y una pared interior

25

416385



circular 21 concéntrica con la pared exterior 20 y separada de ella, que forma un volumen interior 22 y un volumen intermedio 23 entre las paredes interior y exterior. La proporción del radio de la pared interior R_1 con respecto al radio de la pared exterior R_2 está comprendido entre 0,25 y 0,70. Se introduce agua residual a través del conducto 24 a la primera zona de aireación 25, se introduce también en esta zona a través del conducto 26 lodo de retorno y se introduce en la misma zona gas de 50% en volumen por lo menos de oxígeno a través del conducto 27 habiendo en éste la válvula de regulación 28.

Como se ilustra, la primera zona de aireación 25 es una porción arqueada de la instalación y encerrada por la cubierta superior 29. Se proporcionan primeros medios de mezclado y recirculación en la primera zona de aireación y comprenden el impulsor giratorio 30 situado en la superficie del líquido, un propulsor sub-superficial 31 situado por debajo del impulsor, el eje común 32 que une el impulsor y el propulsor y que se extiende a través de la cubierta 29, y medios de accionamiento por motor 33 conectados al eje 32 para la rotación del mismo. El propulsor 31 desempeña la función de mezclar sub-superficialmente de modo continuo los líquidos, mientras que el impulsor 30 lanza láminas de líquido hacia fuera contra el gas y efectúa la función de recirculación continua (de

416385



líquido). Si el depósito exterior 20 es de poco espesor, el impulsor superficial 30 puede desempeñar ambas funciones y el propulsor sub-superficial 31 puede ser innecesario. Pueden emplearse otros medios mecánicos de mezcla-
5 do y recirculación, por ejemplo un sistema que incluye un propulsor sub-superficial, un rociador de gas, y una bomba de recirculación de gas unida al espacio gaseoso por encima del líquido y por debajo de la cubierta. Como se discute e ilustra en la Patente de EE.UU. 3.547.815
10 a J.R. McWhirter, el rociador de gas puede estar situado en el extremo de fondo de un eje giratorio vertical hueco, con el propulsor también montado sobre el eje por encima del rociador. La bomba de recirculación de gas puede montarse sobre la cubierta con su lado de entrada uni-
15 do al espacio gaseoso mediante un conducto a través de la cubierta. El lado de descarga de la bomba está unido al extremo superior del eje giratorio para la recirculación de gas oxígeno al rociador y desde allí al líquido.

El lodo se recircula a la primera zona de aireación
20 25 a la velocidad necesaria para mantener la concentración total de sólidos (MLSS) por ejemplo 6000 mg/l, y la concentración de sólidos suspendidos (MLVSS) por ejemplo 4500 mg/l. Son intervalos extensos adecuados para estos parámetros 4000 - 8000 mg/l de MLSS y 3000-6000 mg/l de
25 MLVSS. La proporción de alimentación a masa biológica pue-

416385



de estar comprendida entre 0,5 y 1,5 g de BOD₅/día x g de MLVSS, por ejemplo 0,68 aproximadamente. La concentración de lodo recirculado (MLSS) está comprendida entre 15.000 - 50.000 mg/l. El gas oxígeno se introduce en cantidad suficiente para mantener una concentración de oxígeno disuelto (OD) en el líquido mezclado de 4-8 mg/l y, por ejemplo, de 6 mg/l. La válvula de regulación de oxígeno 28 puede ser ajustada automáticamente en respuesta a la presión de vapor de oxígeno detectada en el espacio gaseoso superior, comprobada por el detector 34 y los medios de transmisión 35.

Los líquidos en la primera zona de aireación se mezclan durante el periodo deseado, por ejemplo un tiempo de permanencia de líquido de 45 minutos, y el primer líquido oxigenado que resulta se descarga a través de la abertura 36 en la pared interior 21, a la segunda zona de aireación 37. Simultáneamente, se hace pasar gas agotado en oxígeno desde la primera zona de aireación 25 a través de primeros medios de transferencia entre zonas de gas 38, a la segunda zona 37 y los líquidos se mezclan de nuevo en esta zona mediante segundos medios de mezclado y recirculación que comprenden el propulsor 39, el impulsor 40, el eje 41 y el motor 42. La segunda zona de aireación 37 está encerrada por la cubierta 43, y los parámetros de operación pueden ser sustancialmente los



416385

mismos anteriormente discutidos en relación con la primera zona de aireación 25. Después del tiempo de permanencia deseado del líquido, por ejemplo 45 minutos, el segundo líquido oxigenado se descarga de la segunda zona 37 a través de medios de paso de líquido 44 y a la zona de clarificación 45 unida por la pared interior 21, la pared exterior 20 y la primera y segunda divisiones radiales (no ilustradas en la Fig. 1). Se descarga gas agotado adicionalmente en oxígeno desde la segunda zona de aireación 37 a través de medios de descarga de gas, 46. Podrá apreciarse que los medios de descarga de gas desde cada una de las primera y segunda zonas de aireación 25 y 37 están separados de los medios de entrada de gas a estas zonas respectivas para evitar el gradiente de cortocircuitación.

El líquido oxigenado que entra en la zona de clarificación 45 circula radialmente a través de esta zona hacia la pared exterior 20 y los sólidos sedimentan desde el líquido durante este trayecto radial. Medios de vertido 47 se extienden en torno al segmento final de la pared exterior del clarificador 45 para descargar agua clarificada desde éste a través del conducto 48. Como se emplea en esta Memoria, los medios de vertido 47 incluyen medios cualesquiera para recoger y separar agua clarificada, como por ejemplo el conducto abierto ilustrado, o un conducto perforado sumergido. Están provistos medios para re-

416385



coger y separar lodo activado desde la parte de fondo del clarificador 45 y devolver por lo menos parte del mismo a la primera zona de aireación 25, a través de los medios antes mencionados, 26. Los medios antes mencionados pueden
5 incluir cabezas de recogida de lodo 49, situadas cada una de ellas cerca del fondo de la zona del clarificador 45, y conductos verticales 50 cada uno de ellos con un extremo inferior unido a una cabeza de recogida de lodo y un extremo superior unido a un colector superior 51. Un puente
10 te 52 se extiende a través y por encima de la zona del clarificador y soporta el montaje de conducto vertical-cabeza de recogida. Se proporcionan medios de accionamiento mecánico (que no se ilustran) para mover el puente en una línea arqueada, repetidamente, en torno al clarifica-
15 dor entre las dos divisiones radiales. Medios de bomba (que no se ilustran) están unidos al colector superior 51 para hacer salir el lodo desde allí.

En la realización de la Fig. 2, la primera zona de aireación 25 es una parte de la segunda porción arqueada
20 que comprende el resto del volumen intermedio distinto de la primera porción arqueada del clarificador 45. Esta primera zona de aireación 25 tiene cubierta 29 y motor 33 soportado por la cubierta para accionar los primeros medios mecánicos de mezclado y recirculación de líquido. La segun-
25 da zona de aireación 37 está situada dentro de la pared

416385



interior 21 y encerrada por la cubierta 43 que soporta el motor 42 para accionar los segundos medios de mezclado y recirculación de líquido. La primera porción arqueada del clarificador 45 está sin cubrir y se ilustra el montaje
5 de puente 52 para soportar el montaje de conducto vertical-cabeza de recogida de lodo. Una parte de digestión aerobia arqueada 53 une la primera zona de aireación 25 y está separada de la porción del clarificador mediante la primera división radial 54. La primera zona de aireación
10 ción 25 está separada del clarificador 45 mediante la segunda división radial 56 y las dos porciones arqueadas cubiertas (primera zona de aireación 25 y zona de digestión aerobia 53) están separadas una de otra mediante la
15 tercera división radial 57 que se extiende hasta el suelo de la instalación entre las paredes interior y exterior 20 y 21. En la zona de digestión aerobia 53 están dispuestos medios de mezclado y recirculación de líquido, y accionados por el motor 58 situado sobre la cubierta 55.

La Fig. 3 es una vista en planta de una realización
20 de esta invención similar a la instalación de la Fig. 2 que muestra la primera zona de aireación arqueada 25, la segunda zona de aireación central 37, la zona de digestión aerobia arqueada 53 y la zona del clarificador 45 arqueada 190^a. También está incluida la zona de cloración arqueada
25 da 61. Se introduce agua residual de alimentación en la

416385



primera zona de aireación 25 a través del conducto de entrada 24, la compuerta 62 y la parrilla de barrotes 63. Se introduce gas de alimentación de oxígeno a través del conducto superior 27, y lodo recirculado procedente del clarificador 45 mediante el vertedor circular superior 51 que se extiende en torno a la periferia exterior de la pared interior 21, entre la primera división radial 54 y la segunda división radial 56. Se mantiene una ligera presión positiva de gas bajo la cubierta de la primera zona de aireación para evitar el mezclado posterior de gas entre las zonas de aireación de unión 25 y 37. La primera y segunda zonas de aireación están provistas de las válvulas de seguridad 64 y 65 respectivamente. El sistema mecánico de mezclado y recirculación de líquido anteriormente descrito favorece la transferencia de oxígeno al líquido mixto, en la primera zona de aireación 25, la masa biológica asimila y metaboliza el BOD conduciendo a la producción de CO_2 , agua y microorganismos adicionales. Se consume oxígeno y la pureza del gas en el espacio situado por encima del líquido mixto disminuye. El líquido parcialmente oxigenado y el gas agotado en oxígeno se transfieren a la segunda zona de aireación central 37 para el mezclado y recirculación adicionales de líquidos. Gas agotado adicionalmente en oxígeno se descarga desde la segunda zona de aireación 37 a través del conducto 46 y el lí-

416385



quido oxigenado circula radialmente hacia fuera a través del clarificador 45. El puente de recogida de lodo y el colector superior 52, se mueven en una línea arqueada entre la primera y segunda divisiones radiales 54 y 56, con
5 el insuflador de extracción con aire, 66, unido al colector 51 como la succión necesaria para retirar lodo desde el piso del clarificador y descargar el mismo al canal 51. El lodo no recirculado se hace pasar mediante el canal 51 a la zona de digestión aerobia 53, provista asimismo
10 de medios mecánicos de mezclado y recirculación de líquido semejantes a los medios correspondientes usados en la primera y segunda zonas de aireación. Los medios de mezclado y recirculación y el motor de accionamiento 58 antes citados, pueden estar soportados sobre puentes 59
15 que se mueven continuamente en una línea arqueada entre la segunda división radial 54 y la tercera división radial 57. Puede suministrarse gas oxígeno a la zona de digestión aerobia procedente de una fuente externa o, por lo menos en parte, procedente de la descarga de la segunda zona de
20 aireación. El agua clarificada circula sobre el aliviadero de efluente 67 al canal 68 que se extiende en torno al perímetro interior de la zona del clarificador 45. Este efluente circula a la zona de cloración 61 para su desinfección y después se descarga a través del conducto de
25 efluente 69.



La digestión de sólidos se lleva a cabo en la zona 53 devolviéndose líquido sobrenadante, si se desea, a la primera zona de aireación 25, a través del depósito amortiguador 70. Se descarga lodo residual desde la zona de digestión 53 a través del conducto 71.

La Fig. 4 muestra las corrientes de líquido en la instalación circular integral de tratamiento de agua residual anteriormente descrita. En breve, el agua circula sucesivamente a través de la primera zona de aireación 25, segunda zona de aireación 37 a la zona de clarificación 45 donde se separa el líquido oxigenado en lodo activado y agua clarificada. Esta última se encamina a la zona de cloración 61 (si se emplea) y se descarga al agua de recepción. Una parte del lodo activado se recircula a la primera zona de aireación 25 y el resto se transfiere a la zona de digestión aerobia 53 para su aireación ulterior. El líquido que sobrenada puede devolverse a la primera zona de aireación 25 a través del depósito amortiguador 70. El gas oxígeno que entra en la primera zona de aireación 25, se consume parcialmente en ella, se descarga gas agotado en oxígeno a través de los medios 38 a la segunda zona de aireación 37 y el gas agotado adicionalmente en oxígeno se descarga a través de los medios 46.

La Fig. 5 es una vista en alzado de la instalación de la Fig. 3 tomada en corte transversal a lo largo de la

416385



línea A-A que muestra el montaje de recogida y separación
del lodo activado con mayor detalle. Más particularmente
una serie de cabezas de recogida de lodo 49 a-d están se-
paradas transversalmente a través de la primera porción
5 arqueada del clarificador 45 y situadas cerca del piso
72, estando soportadas respectivamente por los ejes hue-
cos 50 a-d para la circulación desde allí al vertedor de
lodo superior 51. El insuflador de extracción con aire 66
montado sobre la cubierta de la segunda zona de aireación
10 43 está unido a través de los conductos 73 y 74 a cada uno
de los conductos verticales 75 a-d unidos al extremo infe-
rior de los ejes 50 a-d respectivamente, y proporciona la
succión necesaria para sacar lodo en sentido ascendente
desde allí. El motor 76 mueve el montaje de puente y cabe-
15 zas de recogida de lodo, 52, en torno a la línea arqueada
del clarificador. El lodo oxigenado circula desde la segun-
da zona de aireación 37 a la zona del clarificador 45 a
través de medios de paso de líquido 44 asociados a la pa-
red interior 21. La última comprende proyecciones vertica-
20 les 77 que se extienden desde el piso 72 y separadas so-
bre cada uno de los lados de la pared interior 21 que se
extienden en sentido descendente hasta una posición cer-
cana pero separada del piso 72, con una abertura estrecha
entre ellas.

25 La Fig. 6 es una vista en alzado de la instalación

4 1 6 3 8 5



de la Fig. 3 tomada en corte transversal a lo largo de la línea B-B que muestra la porción de la pared interior que separa la primera zona de aireación arqueada 25 y la segunda zona de aireación central 37. La abertura circular 38 en la parte superior de la pared interior 21 permite la circulación restringida de gas agotado en oxígeno desde la primera a la segunda zona de aireación, mientras que la abertura ranurada 36 en la parte inferior de la pared interior permite la circulación restringida del primer líquido oxigenado desde la primera a la segunda zona. Se proporcionan ranuras horizontales 78 al nivel del líquido para el paso de espuma desde la primera a la segunda zona.

La Fig. 7 es una vista en alzado de la instalación de la Fig. 3 tomada en corte transversal a lo largo de la línea C-C que muestra la segunda división radial 56 que separa la primera porción arqueada del clarificador 45 y la zona de cloración 61. En esta realización particular el nivel de líquido en la zona del clarificador (indicado por la línea discontinua horizontal superior) está por encima del nivel de líquido en la zona de cloración 61 (indicado por la línea horizontal discontinua inferior). El agua clarificada circula sobre el aliviadero de salida 67 al vertedor 68 en torno al perímetro del clarificador 45 y dentro de la pared exterior 20, y a la zona de cloración 61. El vertedor de lodo 51 se muestra situado con-

416385

13



tra el lado exterior de la pared interior 21. El segundo líquido oxigenado procedente de la segunda zona de aireación 37 circula en torno a las proyecciones verticales 77 desde el piso del clarificador 77 y bajo la pared interior 21 al clarificador 45 para el flujo hacia fuera radial a través de él, como se ha indicado anteriormente.

La Fig. 8 es una vista en planta esquemática de una instalación circular integral alternativa para el tratamiento de agua residual que difiere de las realizaciones antes descritas en que la primera zona de aireación 25 comprende la totalidad de la segunda porción arqueada y la primera porción arqueada del clarificador 45 comprende el resto del volumen intermedio entre la pared exterior 20 y la pared interior 21. En esta disposición no hay otras zonas de tratamiento del agua residual que las de aireación y clarificación, y la longitud del arco del clarificador puede ser del orden de 295° . La proporción del área de la sección transversal del clarificador al volumen de aireación puede ser de 0,192 aproximadamente, y la proporción del radio de la pared interior R_1 al radio de la pared exterior R_2 puede ser de 0,382 aproximadamente.

La Fig. 9 es una vista en planta esquemática de, todavía, otra instalación circular integral alternativa para el tratamiento de agua residual especialmente adecuada para el tratamiento de aguas residuales de contenido



de BOD sumamente elevado. Se proporcionan cuatro zonas de aireación y se disponen preferiblemente para la circulación escalonada en el mismo sentido, de gas que contiene oxígeno y agua residual a través de los cuatro pasos.

5 Más particularmente se incluyen tres zonas de aireación arqueadas, una cuarta zona de aireación central, un clarificador arqueado 99° y una zona de digestión aerobia. Como se ilustra en la Fig. 9 la primera zona de aireación arqueada 25 está separada de la zona del clarificador arqueado 45 mediante la primera división radial 54 y de la

10 segunda zona de aireación arqueada 37 mediante la tercera división radial 57. La segunda zona de aireación arqueada 37 y la tercera zona de aireación arqueada 78 están separadas por la cuarta división radial 79. La tercera zona de aireación arqueada 78 y la zona de digestión aerobia arqueada 53 están separadas por la quinta división radial 80, y el extremo opuesto de la zona de digestión 53 separado de la zona del clarificador arqueado 45 por la

15 segunda división radial 56. La cuarta zona de aireación 81 está situada en la porción central de la instalación dentro de la pared interior 21. Con excepción de la porción del clarificador arqueado 45 la instalación total está encerrada por una cubierta. Las conexiones interiores de líquido entre las diversas zonas pueden ser idénticas

20 a las anteriormente discutidas e ilustradas en las Figuras

25

416385



6 y 7. A título de ilustración, la proporción del área de la sección transversal del clarificador respecto al volumen de aireación puede ser de 0,0316 aproximadamente y la proporción del radio de la pared interior R_1 respecto al
5 radio de la pared exterior R_2 es de 0,467 aproximadamente.

La Fig. 10 es una vista en planta de una realización adicional en donde la zona de digestión aerobia 53 está colocada en la parte central de la instalación dentro de la pared interior 21. La primera zona de aireación
10 25 está dentro de la segunda porción arqueada y separada en un lado de la segunda zona de aireación arqueada 37 por la tercera división radial 85, y de la zona de cloración radial 61 por el otro lado por la cuarta división radial 86. La segunda zona de aireación arqueada 37 está
15 separada de la primera porción arqueada del clarificador 45 por la primera división radial 54. Líquido oxigenado procedente de la segunda zona de aireación 37 entra en el lavadero 87 que se extiende en torno a la periferia exterior de la pared interior 21 dentro de la porción del clarificador arqueado 45 y rebosa uniforme y continuamente
20 al clarificador para la circulación radial a su través. El agua efluente clarificada circula a través del vertedor 68 a la zona de cloración 61, separada de la zona del clarificador por la segunda división radial 56. Los sólidos sedimentados en el clarificador 45 se desplazan hacia
25



canales en los extremos finales del clarificador mediante un montaje de rasqueta montado sobre el puente 52. Este último viaja por medio de carriles sobre las paredes interior y exterior en torno la porción arqueada del clarificador y es accionado por medios de accionamiento alternativos 76 terminados en cada extremo por dispositivos de inmovilización del puente 88 de modo que la rasqueta es activa en ambas direcciones. Los canales están inclinados hacia la pared interior 21 y una parte del lodo recogido se devuelve a través de los conductos 89 que tienen bombas 90 colocadas en ellos, a la primera zona de aireación arqueada 25. El resto del lodo se dirige a la zona de digestión aerobia central 53 y el lodo residual se descarga desde ésta a través del conducto 71 que pasa a través de la segunda zona de aireación 37.

La Fig. 11 es una vista en alzado de la instalación de la Fig. 10 tomada en corte transversal a lo largo de la línea A-A y que muestra el montaje de rasqueta de lodo-puente. La rasqueta 91 se extiende transversalmente entre la pared exterior 20 y la pared interior 21, alineada horizontalmente ligeramente por encima del piso de la instalación 72 y está soportada desde el puente 52 por los brazos 92. El puente 52 se mueve en torno a la porción arqueada del clarificador sobre los rodillos 93.

La Fig. 12 es otra vista en alzado de la instala-

416385

13



ción de la Fig. 10 tomada en corte transversal a lo largo de la línea B-B que muestra el montaje de devolución de lodo. Los sólidos sedimentados se acumulan en el canal de lodo 95 en el extremo inferior de la primera división radial 54 y se retiran en sentido ascendente a través de una sección vertical del conducto 89 mediante la bomba de devolución de lodo 90. La porción que no se recircula se dirige hacia el conducto ramificado 96 al digestor aerobio 53 para su aireación adicional en él. La línea discontinua horizontal indica el nivel de líquido en la segunda zona de aireación 37.

La Fig. 13 es todavía otra vista en alzado de la instalación de la Fig. 10 tomada en corte transversal a lo largo de la línea C-C que muestra el sistema de mezclado y recirculación de líquidos de la segunda zona de aireación y la descarga del lodo residual. El conducto 71 se extiende desde la zona de digestión aerobia central 53 a través de la pared interior 21 y radialmente a través del piso 72 desde la segunda zona de aireación arqueada 37, que sale a través de la pared exterior 20.

Las Figuras 14-17 comparan las longitudes reales de los trayectos de la corriente de líquido y de los trayectos de sedimentación para clarificadores de instalaciones circulares aireadas con aire para el tratamiento de agua residual y de instalaciones circulares aireadas con

416385



oxígeno según esta invención. La longitud del trayecto de sedimentación ha sido determinada sobre la suposición de una distribución uniforme de líquido aireado sobre una sección transversal vertical de área, adyacente a la pared interior del clarificador, y una distribución radial uniforme de las velocidades de líquido en las gráficas de las Figuras 14-17. La Curva A representa la longitud del trayecto de sedimentación y la Curva B representa la longitud real del trayecto de la corriente de líquido.

La Fig. 14 muestra el funcionamiento del clarificador de una instalación aireada con aire que trata agua residual de 250 mg/l de BOD con una concentración total de sólidos suspendidos de 2200 mg/l, mientras que la Fig. 15 muestra el funcionamiento del clarificador en una instalación aireada con oxígeno, de dos etapas, que trata agua residual del mismo contenido de BOD pero a una concentración total de sólidos suspendidos superior en la zona de aireación de 5000 mg/l. Será evidente de la comparación de estas curvas que en la instalación aireada con aire de la Fig. 14 la longitud real del trayecto de la corriente de líquido solamente se acerca a la longitud del trayecto de sedimentación con una configuración del clarificador extendida totalmente 360° y que cualquier disminución en la longitud del arco del clarificador evitará que la instalación produzca eficazmente un efluente de contenido

416385



de sólidos bajo. En contraste acusado con el clarificador de la presente invención pueden emplearse longitudes de arco tan bajas como 260° , excediendo la longitud del trayecto de la corriente de líquido la longitud del trayecto de sedimentación, lo que permite una separación eficaz de sólidos en el clarificador.

Las Figuras 16 y 17 muestran el funcionamiento del clarificador de instalaciones circulares aireadas con aire y oxígeno respectivamente, que tratan agua residual de 686 mg/l de BOD con una concentración total de sólidos suspendidos (MLSS) de 2200 mg/l (zona aireada con aire) y de 6500 mg/l (cada una de las dos zonas aireadas con oxígeno).

Como en el caso del agua residual de concentración más baja de la Fig. 14, la Fig. 16 muestra que con agua residual de contenido de BOD más alto, las instalaciones circulares aireadas con aire necesitan una configuración del clarificador extendida totalmente 360° , es decir la curva A de longitud del trayecto de sedimentación está por encima de la curva B de longitud real del trayecto de la corriente de líquido a todo lo largo de la longitud del arco de circunferencia del clarificador. Sin embargo, la Fig. 17 muestra que longitudes de arcos de circunferencia mayores que 180° aproximadamente, son suficientes para proporcionar una separación eficaz de sólidos del agua y un efluente purificado. Es significativo apreciar que



las instalaciones circulares aireadas con aire representadas por las Figuras 14 y 16 no tienen la flexibilidad necesaria para la inclusión de zonas de tratamiento tales como las zonas de digestión aerobia y de cloración antes
5 descritas incluidas en las instalaciones basadas en esta invención.

Dentro del amplio intervalo de longitud de arco del clarificador de 90° a 330° , se prefiere emplear longitudes de arco del clarificador de 180° a 300° al tratar
10 agua residual de concentración relativamente baja menor que 300 mg/l y longitudes del arco del clarificador de 90° a 240° al tratar agua residual de concentración relativamente alta superior a 300 mg/l . Asimismo, se prefiere emplear longitudes del arco del clarificador de 180° a 330°
15 cuando se practica estabilización por contacto en la instalación circular integral de esta invención, es decir una etapa de aireación relativamente pequeña de tiempo de permanencia del líquido corto, para separar el líquido que sobrenada y concentrar parcialmente los sólidos para aireación
20 ción ulterior.

Los intervalos preferidos antes mencionados reflejan la tendencia general a disminuir la longitud óptima del arco del clarificador a medida que la proporción de área de zona de aireación con respecto al área arqueada
25 del clarificador aumenta, siendo necesaria una mayor área

416385

-3



de la zona de aireación para tratar concentraciones de BOD más altas.

La Tabla I resume condiciones adecuadas del procedimiento para la instalación circular integral aireada con oxígeno, de esta invención en comparación con las instalaciones aireadas con aire para el tratamiento de agua residual típica de poblaciones.

TABLA I

	<u>Variable del Proceso</u>	<u>Sistema con oxígeno</u>	<u>Sistema con aire</u>
10	Nivel de O.D. del líquido mezclado (mg/l)	4-8	1-2
	Tiempo de detención de la aireación (horas)	1-3	3-8
	Concentración de MLSS (mg/l)	4000-8000	1000-3000
15	Concentración de MLVSS (mg/l)	3000-6000	900-2600
	$\frac{\text{Kg. de BOD/día}}{\text{Kg. de MLVSS}}$	0,5-1,55	0,25-0,80
	Indice de volumen de lodo (Mohlman) (mg/l)	30-70	100-150
20	Concentración de lodo de recirculación (mg/l)	15000 - 50000	5000-15000

Asimismo en la práctica preferida de esta invención, la proporción del área de la sección transversal arqueada del clarificador respecto al volumen total de la zona de aireación, puede relacionarse con concentraciones baja y alta de alimentación de BOD en el agua residual.

416385

113



Para concentraciones de BOD de agua residual de entrada inferiores a unos 300 mg/l, la proporción del área del clarificador arqueado/zona de aireación está comprendida preferiblemente entre $0,030 \text{ m}^{-1}$ y $0,076 \text{ m}^{-1}$ aproximadamente, mientras que las proporciones comparables para instalaciones circulares aireadas con aire están comprendidas entre $0,0061 \text{ m}^{-1}$ y $0,030 \text{ m}^{-1}$. Para concentraciones de BOD del agua residual de entrada superiores a 300 mg/l, la proporción de área del clarificador arqueado con respecto a la zona de aireación está comprendida preferiblemente entre $0,015 \text{ m}^{-1}$ y $0,033 \text{ m}^{-1}$ mientras que las proporciones comparables para plantas circulares aireadas con aire están comprendidas entre 0 y $0,012 \text{ m}^{-1}$ aproximadamente. En resumen, para aguas residuales de concentración baja el clarificador arqueado ocupa preferiblemente una porción relativamente grande del área total de la planta mientras que para agua residual de concentración alta, el clarificador arqueado ocupa preferiblemente una fracción del área total de la instalación relativamente más pequeña.

La Tabla II compara las áreas de la sección transversal de la zona de aireación y las áreas del clarificador requeridas para instalaciones circulares aireadas con aire e instalaciones circulares integrales aireadas con oxígeno con porciones de clarificación arqueadas, todo ba-

416385



sado en corrientes de agua residual de $3,8 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{dia}$.

TABLA II

	<u>Tipo de aireación</u>	<u>BOD (mg/l)</u>	<u>MLSS (mg/l)</u>	<u>Area de aireación (m²)</u>	<u>Area del clarificador (m²)</u>
5	Aire	200	2200	273,8	160,0
	Aire	250	2200	342,2	160,0
	Aire	686	2200	939,3	160,0
	O ₂	200	5000	73,0	131,2
	O ₂	250	5000	91,2	131,2
10	O ₂	250	5500	91,2	144,3
	O ₂	686	6500	192,9	155,1

La Tabla anterior muestra que el sistema de oxígeno tiene un volumen de aireación substancialmente más pequeño que el sistema de aire (las profundidades de líquido son constantes = 3,6 m) en condiciones de operación típicas. Como ejemplo, a 200 mg/l de BOD, el volumen de aireación del sistema típico de oxígeno es aproximadamente el 25% del volumen correspondiente del sistema de aire. La razón de esta disparidad se muestra en la Tabla I. El sistema de aire es capaz de alcanzar solamente un nivel de concentración muy bajo de sólidos biológicamente activos (MLVSS), típicamente 900-2600 mg/l, y de este modo deben suministrarse depósitos de aireación sumamente grandes con objeto de proporcionar los largos tiempos de permanencia de líquido necesarios para separaciones razonables de

416385



BOD. Sin embargo, el sistema de oxígeno, teniendo niveles de sólidos biológicamente activos intrínsecamente más altos, mantiene niveles correspondientemente más altos de asimilación biológica y es capaz, por tanto, de funcionar con cámaras de aireación mucho más pequeñas.

La capacidad de tratamiento de agua residual de un sistema de aireación puede describirse en términos de un intervalo de operación de cargas orgánicas con relación al sistema expresadas como kg de BOD aplicados/día/
/m³ de volumen de la zona de aireación. Los sistemas de aire funcionan típicamente a valores de 13,6-27,2 kg de BOD/día/m³, mientras que el sistema de oxígeno de esta invención puede funcionar a 0,97-4,85 kg de BOD/día/m³. Para cualquier carga dada de BOD, entonces, el sistema de aireación con oxígeno será de tamaño más pequeño que el sistema de aire correspondiente. Se ha indicado con anterioridad que la proporción del radio de la pared interior (R_1) con respecto al radio de la pared exterior (R_2) está comprendido entre 0,25 y 0,70.

Si R_1/R_2 excede de 0,70 el volumen intermedio se hace demasiado estrecho para acomodar las zonas de aireación arqueadas con características de mezclado uniformemente buenas, es decir, las zonas serían excesivamente largas con relación a su anchura. También, la porción de clarificador arqueado sería tan estrecha que se desarrollarían

416385



fenómenos de flujo anormales, con un trayecto real de la corriente radial de líquido hacia la pared exterior, prohibitivamente bajo. Tal proximidad de las zonas de entrada y salida es probable que favorezca la formación de canales y corto-circuitación. Si R_1/R_2 es menor de 0,25, la zona central se hace de área muy pequeña comparada con el área total de la instalación. La pared interior del clarificador arqueado es de circunferencia muy corta y define una zona de distribución de líquido oxigenado muy localizada que tiende a crear turbulencia lo que es perjudicial para la separación de sólidos del líquido.

Un equilibrio preferido de las consideraciones anteriores es un intervalo de R_1/R_2 comprendido entre 0,30 y 0,60.

La Tabla III resume las dimensiones y capacidades adecuadas de instalaciones circulares integrales que tratan entre 1.892 y 11.355 m³/día de agua residual de poblaciones que tienen 200 mg/l de BOD.

Asimismo, como se ha discutido anteriormente, el método de tratamiento de agua residual de esta invención requiere porporciones de V_E/V_I comprendidas entre 0,1 y 0,5, en donde V_E es la velocidad radial de líquido en el arco de descarga de efluente líquido concéntrico exterior de diámetro mayor, y V_I es la velocidad radial de líquido del arco de entrada interior de diámetro más pequeño. Las

416385

3 A



proporciones inferiores a 0,1 requieren, intrinsecamente, valores de V_I excesivamente altos que tienden a descargar sólidos desde la capa de lodo del clarificador, producen turbulencia y condiciones de flujo no uniformes que perjudican la separación de sólidos y líquidos. Las proporciones por encima de 0,5 no proporcionan reducción de velocidad suficientes en el trayecto radial a través del clarificador arqueado para una separación efectiva de sólidos antes de que el líquido alcance la pared exterior de la instalación. A título de ejemplo, suponiendo una proporción de recirculación volumétrica de lodo de 0,3 de modo que $R/Q = 0,3$ en donde R es el caudal volumétrico de recirculación de lodo activado y Q es el caudal volumétrico de efluente líquido procedente de la zona de clarificación, los valores de V_E/V_I para las realizaciones de las Figuras 8 y 9 son 0,294 y 0,359, respectivamente.

TABLA III

DIMENSIONES Y CAPACIDADES DE INSTALACIONES CIRCULARES INTEGRALES

Caudal diario nominal (1)	1,892 m ³ /día	2,838 m ³ /día	3,785 m ³ /día	5,678 m ³ /día	7,570 m ³ /día	9,462 m ³ /día	11,355 m ³ /día
Dimensiones globales, m, Ir. A (2) F (2) C (2)	4,07m 12,19m 13,21m	5,69m 14,88m 16,15m	6,55m 17,12m 18,59m	8,02m 20,93m 22,66m	9,24m 24,08m 26,11m	10,36m 26,92m 29,16m	11,33m 29,46m 31,90m
Profundidad del agua lateral (Todas zonas)-m.	3,66m	3,66m	3,66m	3,66m	3,66m	3,66m	3,66m
Altura de la borda (Todas las zonas cubiertas)-m.	0,91m	0,91m	0,91m	0,91m	0,91m	0,91m	0,91m
Zonas de aireación-Volumen, m ³	123	186	247	372	495	615	745
Concentración de MIVSS, mg/l	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500	4,500
Proporción F/K (Alimentación/Masa biológica)	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
Oxígeno requerido -kg/día	330	495	660	995	1315	1660	1990
Potencia del aireador-1ª zona (HP)	5	7,5	10	15	20	25	30
Potencia del aireador-2ª zona (HP)	3	5	7,5	10	15	20	25
Zona de clarificación-Volumen, m ³	284	425	568	850	1136	1420	1700
Velocidad de rebose - m ³ por día/m ²	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4
Velocidad del aliviadero - m ³ por día/m ²	198	260	280	342	396	444	484
Zona de digestión aerobia - Volumen, m ³	71	106	142	212	284	354	425
Oxígeno requerido - kg/día	113	170	226	339	453	566	678
Potencia de aireación (HP)	3	5	7,5	10	15	20	25

416385

- (A) Diámetro de la segunda zona de aireación central (R₁)
- (B) Diámetro de la pared exterior (2R₂) sin zona de digestión aerobia (Fig. 8)
- (C) Diámetro de la pared exterior (2R₂) con zona de digestión aerobia (Fig. 4)

(1) Caudales máximos considerados 2,5 veces mayores que los caudales diarios nominales; FOD es 200 mg/l

(2) Esasó en hornición de 25 cm de espesor para todas las paredes interiores.



446385

33
A/



Se apreciará que en el aspecto de método de esta invención, la zona de aireación final está en la zona circular central de instalación, dentro de la pared interior. Esto es debido a que el líquido oxigenado procedente de esta zona puede distribuirse uniformemente con facilidad en la zona del clarificador arqueado adyacente, mientras que tal distribución uniforme es más difícil si la zona de aireación final está en la segunda porción arqueada. La última requiere medios de lavado o vertido para hacer pasar el líquido al clarificador, y en el que pueda tener lugar la sedimentación. Este es un problema particularmente agudo cuando las velocidades en los medios de transferencia de líquido son bajas, como en zonas muy separadas de la región de introducción de líquido. La sedimentación en los medios de transferencia de líquido pueden producir una mala distribución a través del arco de entrada del diámetro interior del clarificador.

Aun cuando han sido descritas con detalle realizaciones preferidas, puede apreciarse que otras realizaciones están consideradas, solamente con modificación de las características descritas, encontrándose dentro de la extensión de la invención.

La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 2 de Abril de 1973, bajo el Nº 347.398, se acoge a los beneficios del Artículo-

416385



lo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

5

REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

1.^a.- Un método perfeccionado para el tratamiento de aguas residuales por aireación con al menos un gas que contiene 50% de oxígeno en presencia de un lodo activado recirculado, por oxidación biológica en al menos dos zonas de aireación cubiertas, en donde se mezclan el gas de alimentación de oxígeno, el agua residual y el lodo activado y simultáneamente se recircula un fluido en una primera zona de aireación, un gas empobrecido parcialmente en oxígeno y líquido de tratamiento parcialmente oxigenado procedente de la primera zona de aireación son introducidos separadamente en una segunda zona de aireación para un mezclado continuo y recirculación de fluido en ella, y el líquido de tratamiento oxigenado adicionalmente procedente de la zona de aireación final se separa en agua efluen-

6.7.73
d.M.C.

416385



te y lodo activado en una zona de clarificación, siendo al menos parte del lodo devuelto a la primera zona de aireación en forma de dicho lodo recirculado, comprendiendo el perfeccionamiento: (a) mezclar dicho gas de alimentación de oxígeno, agua residual y lodo activado recirculado en una primera zona de aireación arqueada; (b) mezclar gas empobrecido parcialmente en oxígeno y líquido de tratamiento oxigenado parcialmente en una zona de aireación final circular; (c) hacer circular radialmente el líquido de tratamiento oxigenado adicionalmente a través de una zona de clarificación arqueada de una longitud de arco de 90° y 330° desde un arco de entrada de diámetro interior más pequeño hasta un arco de descarga de efluente líquido de diámetro exterior mayor, concéntrico, a velocidades radiales y caudales volumétricos tales que V_E/V_I esta entre 0,1 y 0,5, en donde

$$\frac{V_E}{V_I} = \left(\frac{Q}{Q + R} \right) \left(\frac{R_1}{R_2} \right); \quad y$$

V_E = velocidad radial de líquido en dicho arco de descarga de efluente líquido de diámetro exterior mayor, concéntrico; V_I = velocidad radial del líquido de tratamiento en dicho arco de entrada de diámetro interior más pequeño; Q = caudal volumétrico de efluente líquido procedente de la zona de clarificación; R = caudal volumétrico de recir-

416385

= 3



culación del lodo activado; R_1 = radio de dicho arco de entrada de diámetro interior más pequeño, y R_2 = radio de dicho arco de descarga de efluente líquido de diámetro exterior mayor, concéntrico.

5 2ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en donde el agua residual contiene menos de 300 mg/l y la zona de clarificación arqueada tiene una longitud de arco clarificador de entre 180º y 300º.

10 3ª.- Método de acuerdo con la reivindicación 1ª, en donde el agua residual contiene más de 300 mg/l y la zona de clarificación arqueada tiene una longitud de arco clarificador de entre 90º y 240º.

15 4ª.- Método de acuerdo con la reivindicación 2ª, en donde la proporción entre la superficie de la zona de clarificación y el volumen de la zona de aireación está comprendida entre 0,03 y 0,07 m⁻¹.

20 5ª.- Método de acuerdo con la reivindicación 3ª, en donde la proporción entre la superficie de la zona de clarificación y el volumen de la zona de aireación está comprendida entre 0,15 y 0,3 m⁻¹.

6ª.- Un método perfeccionado para el tratamiento de aguas residuales.

25 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Rg

6.7.73
H.M.C.

416305



Esta Memoria consta de cincuenta y dos hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 13 AGO. 1973

P.A.

Fernando de Tinebra
For For *[Signature]*

[Handwritten mark]

6.7.73
H.M.C.

416385



FIG. 1

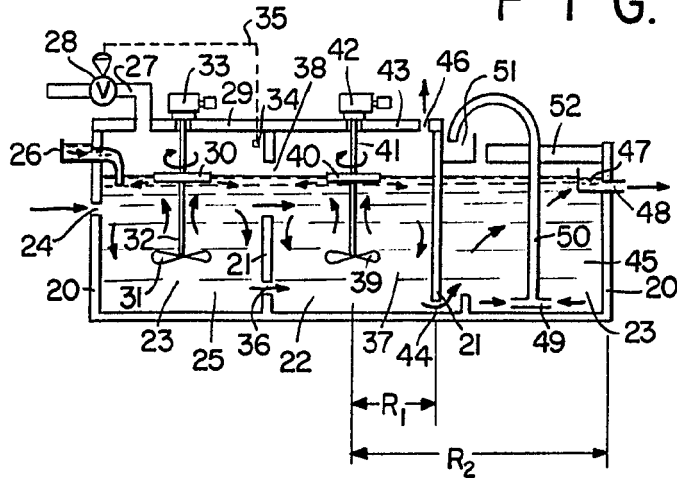
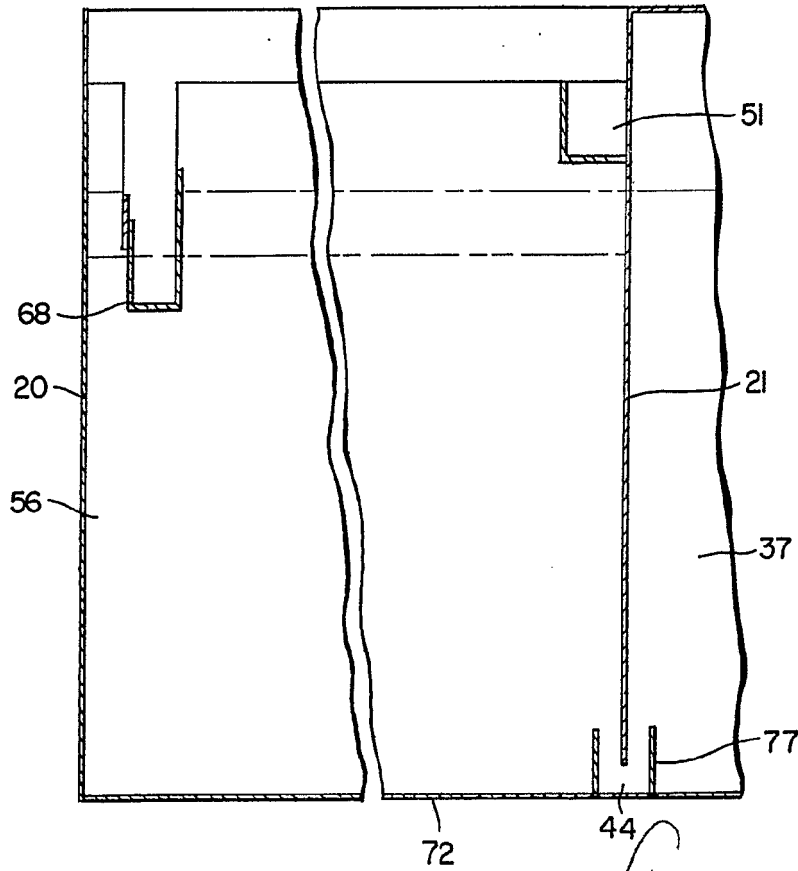


FIG. 7

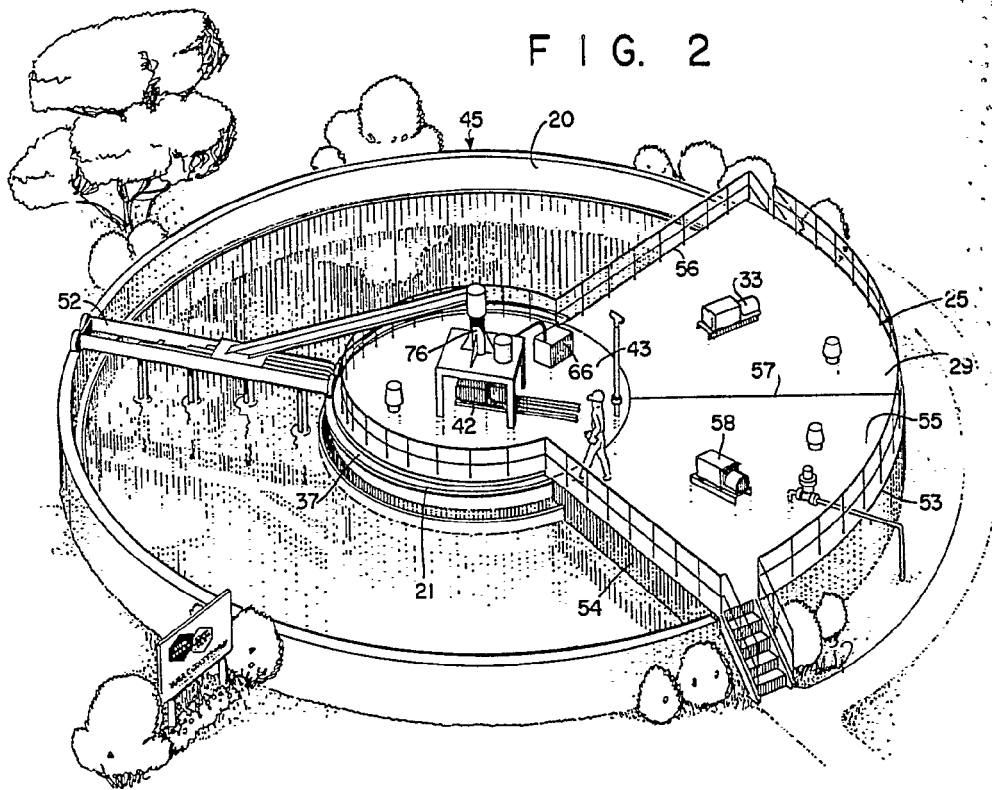


Fernando de Lizaburu
Por Poder

416385



FIG. 2



Handwritten signature



416305

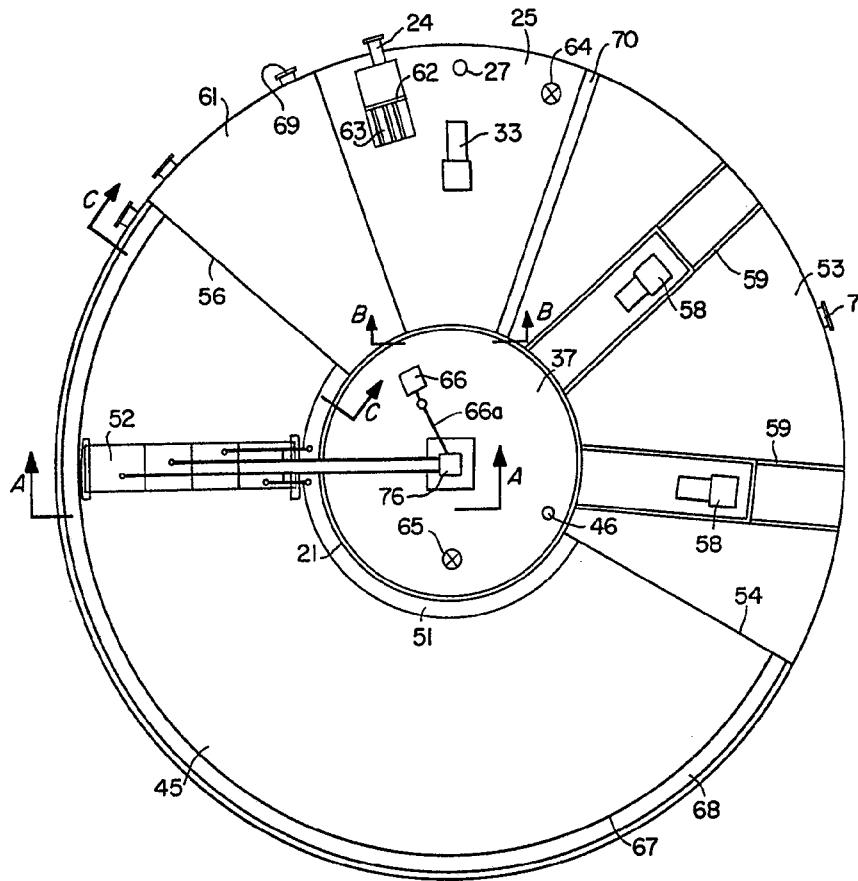


FIG. 3

Carver



4,038,5

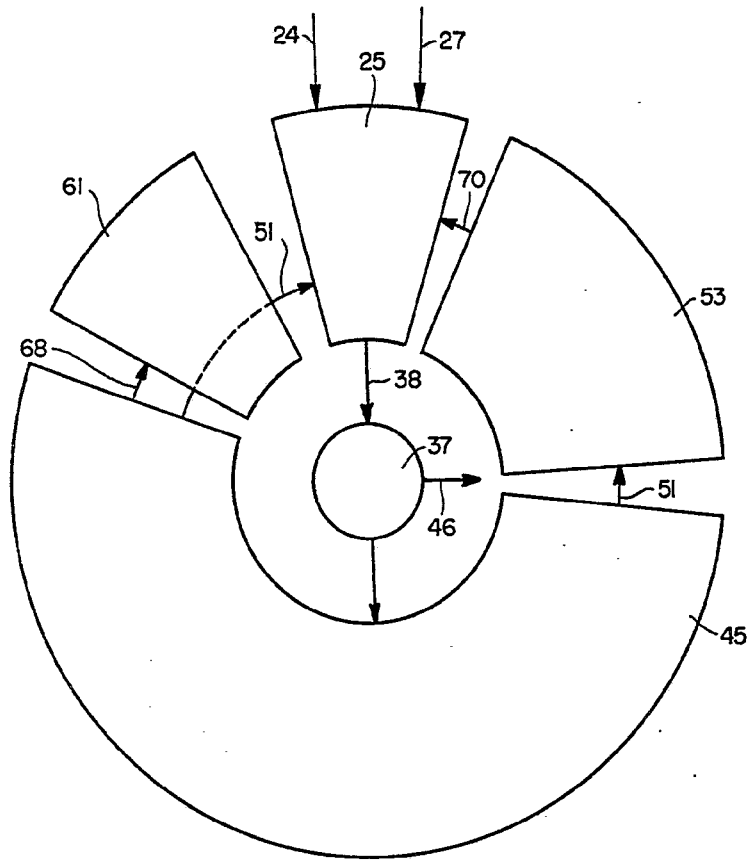


FIG. 4

Ferris
For
[Signature]

4,163,85



FIG. 5

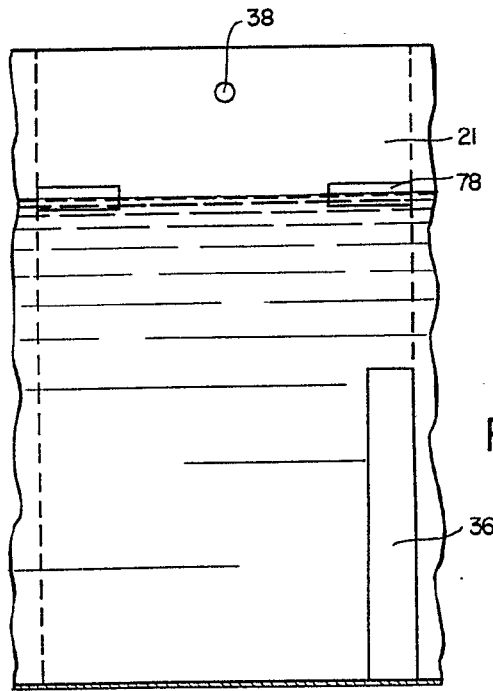
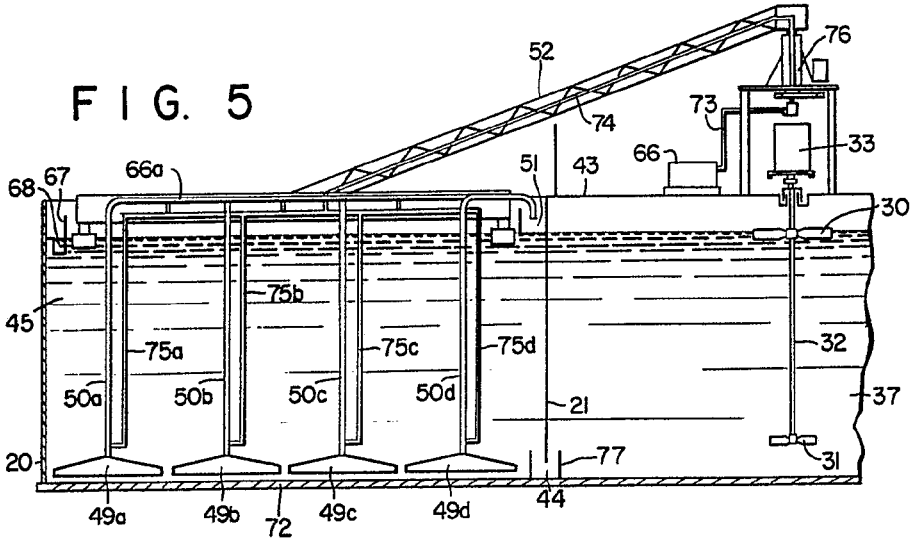


FIG. 6

Form
Per
[Handwritten Signature]



416385

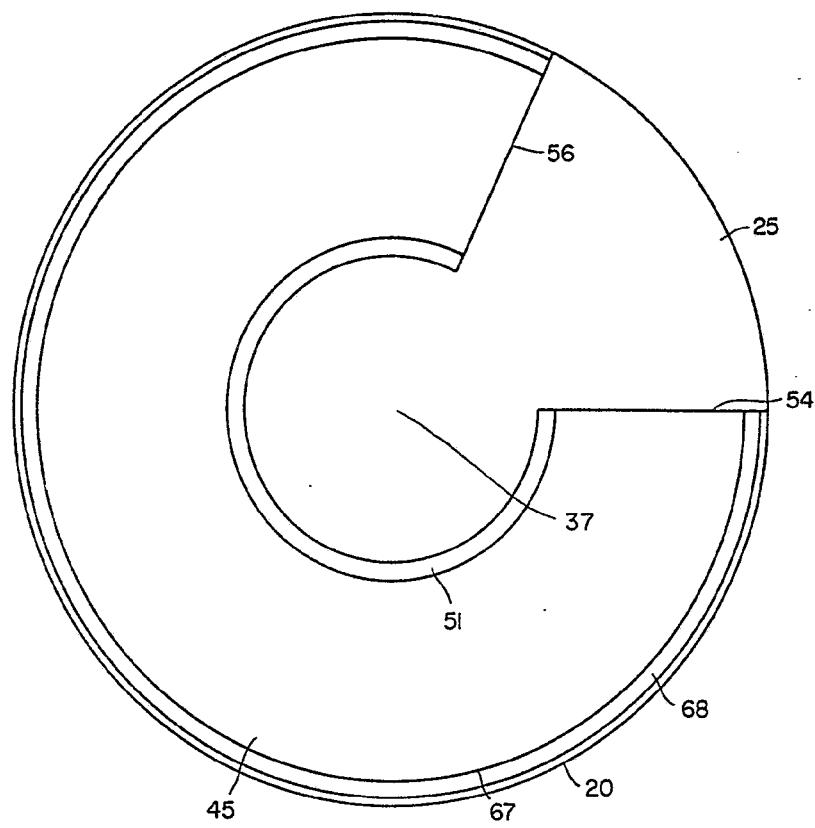


FIG. 8

Amu

416395

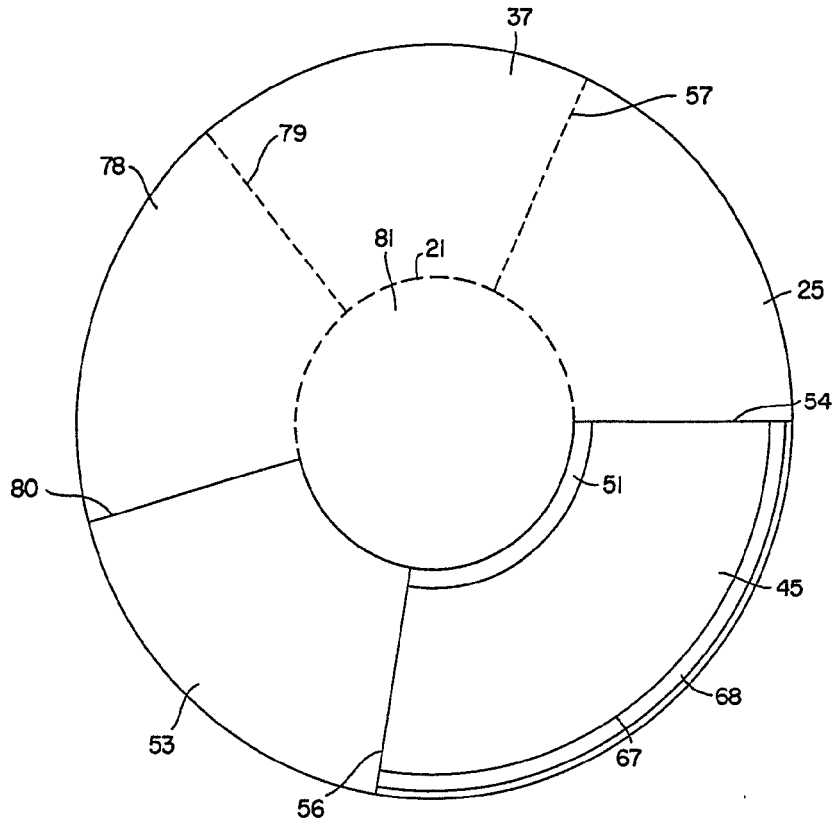
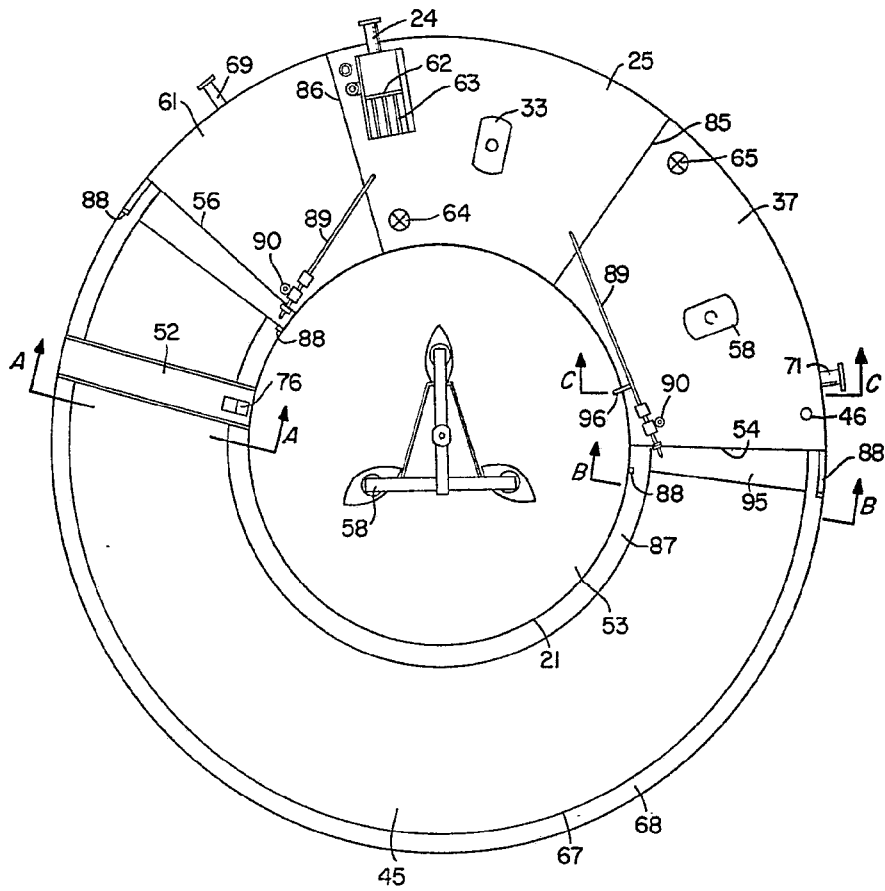


FIG. 9

Fernando de Hincoburu
Por Poder

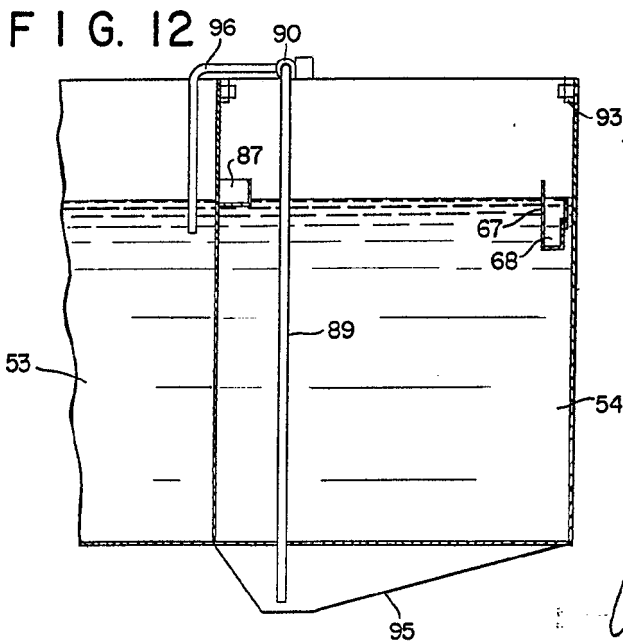
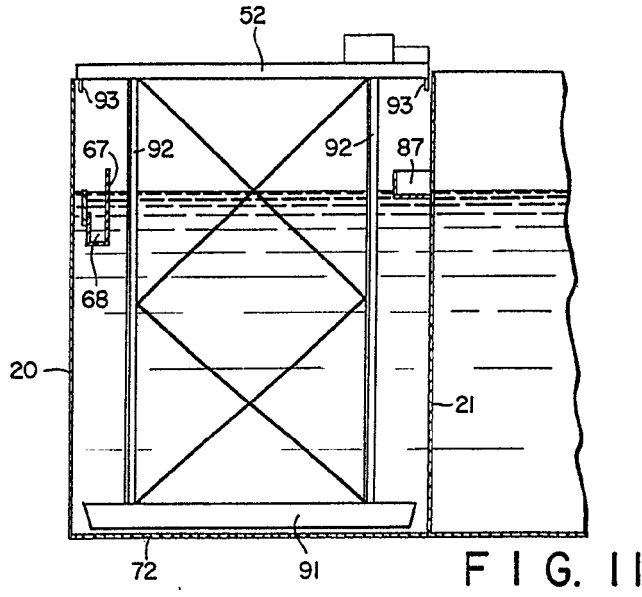
410385



F I G. 10

Handwritten signature or initials in the bottom right corner.

41670E

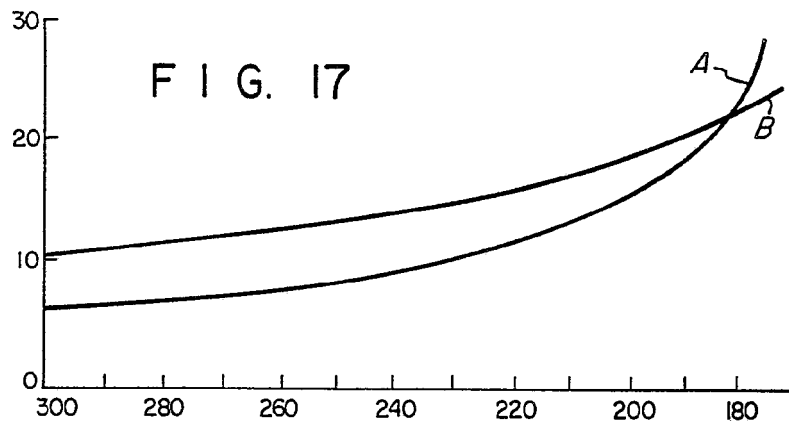
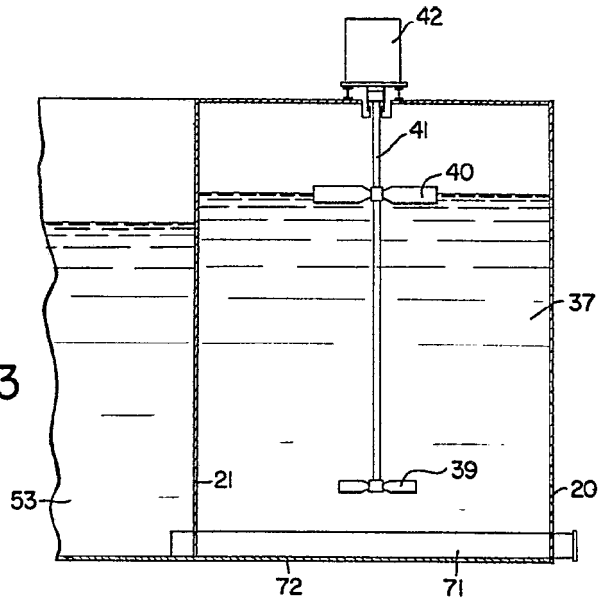


Ami



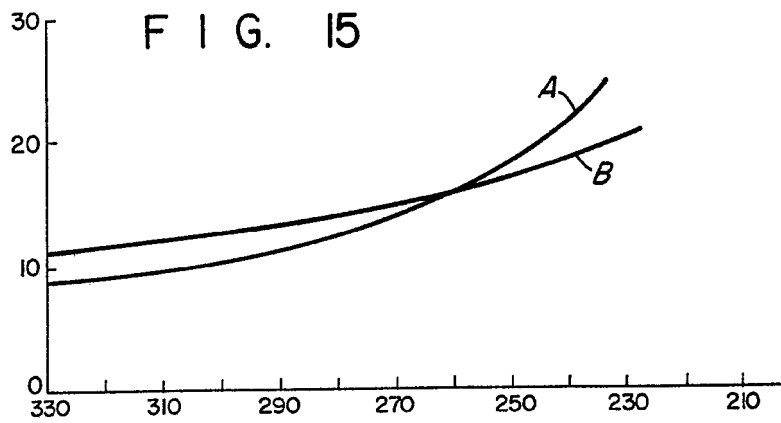
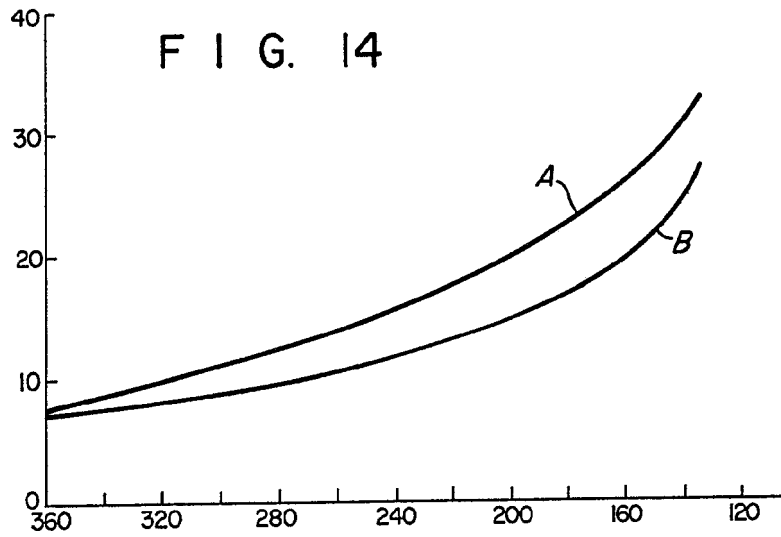
4477E

FIG. 13



Fernando de Alencastro
For Date

416395



Amu

416385

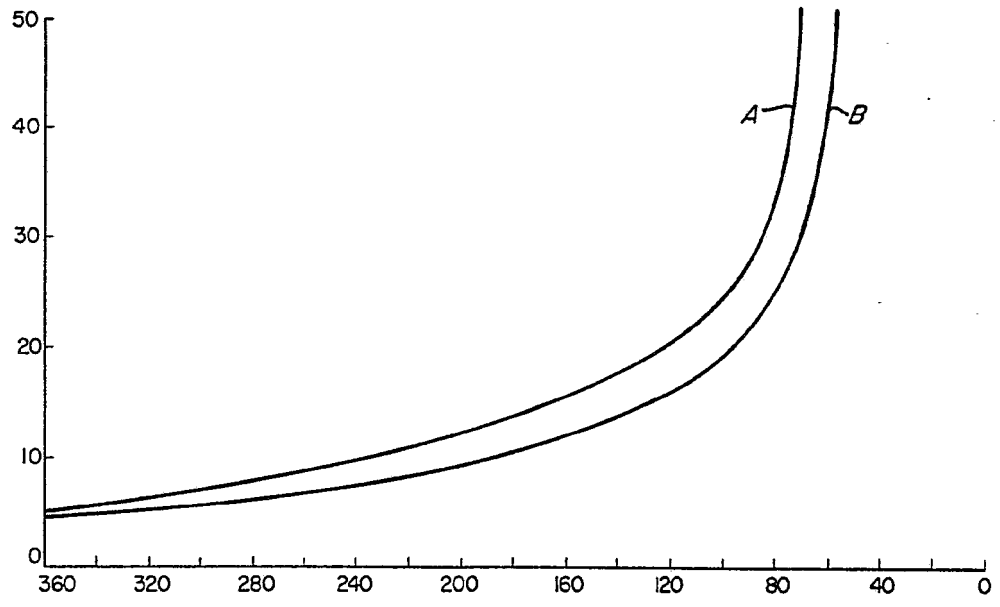


FIG. 16

Anti