



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 628**

51 Int. Cl.:  
**C02F 1/52** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01992688 .0**

96 Fecha de presentación : **02.11.2001**

97 Número de publicación de la solicitud: **1330414**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.07.2003**

54 Título: **Procedimiento y aparato para tratamiento de agua y agua residual.**

30 Prioridad: **02.11.2000 US 245408 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**08.09.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**08.09.2011**

73 Titular/es: **VEOLIA WATER SOLUTIONS &  
TECHNOLOGIES SUPPORT  
1 Place Montgolfier Immeuble l'Aquarène  
94410 Saint-Maurice, FR**

72 Inventor/es: **Blumenschein, Charles, D. y  
Banerjee, Kashi**

74 Agente: **Martín Santos, Victoria Sofía**

**ES 2 364 628 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para tratamiento de agua y agua residual.

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento mejorado para eliminar sólidos disueltos y suspendidos de agua y de agua residual, con una subsiguiente mejora en las características de desecación de los sólidos retirados.

### Antecedentes

10 Para utilizar agua con destino a la bebida, o tratar agua para descarga, puede que se desee eliminar diversos constituyentes disueltos o suspendidos. Estos constituyentes pueden incluir metales pesados, aceite o grasa, calcio, magnesio, hierro, sílice y materia orgánica disuelta o suspendida. Aun cuando la calidad del agua varía mucho de unas fuentes de suministro a otras, casi siempre tiene uno o más de los constituyentes anteriores. La eliminación de estos constituyentes se hace típicamente utilizando un procedimiento de tratamiento físico/químico. Este tipo de procedimiento usa una combinación de reacciones químicas y procedimientos de separación física para separar y eliminar los constituyentes del agua en forma sólida.

### Sumario de la invención

15 En una realización, la presente invención se dirige a un procedimiento para tratar agua según se describe en la reivindicación 1.

20 Otras ventajas, nuevas características y objetos de la invención llegarán a ser evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención cuando se considere en combinación con los dibujos que se acompañan, algunos de los cuales son esquemáticos, y que no pretenden estar dibujados a escala. En las figuras, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en las diversas figuras está representado por un número único. A efectos de claridad, ni cada componente está marcado en cada figura, ni se muestra cada componente de cada realización de la invención cuando no es necesaria la ilustración para facilitar que los expertos ordinarios en la técnica entiendan la invención.

### Breve descripción de los dibujos

25 La FIG. 1 es una vista en planta de un procedimiento de tratamiento de la técnica anterior; La FIG. 2 es una vista en planta de otro procedimiento de tratamiento de la técnica anterior;

La FIG. 3 es una vista en planta de otro procedimiento de tratamiento de la técnica anterior

La FIG. 4 es un diagrama de flujo del procedimiento; y

La FIG. 5 es una vista en planta de un procedimiento de la presente invención.

### Descripción detallada

30 La presente invención se dirige a un procedimiento para el tratamiento de agua y agua residual: En un aspecto, la invención combina elementos de procedimientos de tratamiento de agua que usan reciclado de lodos y elementos de procedimientos que usan cargas en un nuevo procedimiento que consigue eficacia mejorada.

Los procedimientos convencionales de tratamiento físico/químico pueden incluir algunas de las siguientes etapas o todas ellas:

35 **Precipitación química:** una reacción química que cambia la solubilidad de los compuestos disueltos en agua, que da como resultado la precipitación de los compuestos y la formación de partículas coloidales;

**Coagulación/floculación:** desestabilización de partículas coloidales y agregación de las partículas coloidales en agregados más grandes, convirtiendo con ello las partículas de una suspensión estable en una inestable;

40 **Sedimentación:** decantación de los agregados y separación de los sólidos decantados del líquido en forma de lodo;

**Espesamiento:** un procedimiento de decantación que se usa para aumentar el contenido en sólidos y reducir el contenido en agua de los lodos retirados en el procedimiento de sedimentación; y

**Filtración:** eliminación de sólidos suspendidos residuales en el agua por filtración mecánica.

45 En la FIG. 1 se ilustra un procedimiento de tratamiento físico/químico típico de la técnica anterior, y que está constituido por un depósito de reacción química 1 al que se añaden producto químico 20 y agua 21, un depósito de

mezcla rápida 2 al que se añade un coagulante 22, un depósito de floculación 3, un clarificador 4, un espesador 5 que produce lodos concentrados 23, y filtros de efluentes 6 que producen agua tratada 24. Este sistema típico utiliza una significativa cantidad de espacio para instalación, requiere compra e instalación de diversas unidades de tratamiento y tiene costes operativos relativamente altos.

5 A lo largo de los años se han desarrollado numerosas tecnologías que están diseñadas para maximizar la eficacia y minimizar los costes que cada una de las etapas que se llevan a cabo en un procedimiento de tratamiento físico/químico. Se describen ejemplos de diseños de este tipo en las patentes de EE.UU. N<sup>os</sup>. 4.388.195, 5.039.428, 5.730.864, 5.770.091, 6.210.587, y 6.277.285. Las tecnologías actuales intentan típicamente aumentar la velocidad de coagulación y sedimentación de las partículas suspendidas en el agua. Las velocidades de coagulación y decantación  
10 están influidas por diversos factores que incluyen el tipo y densidad de la partícula y la concentración de los sólidos que se están decantando. Típicamente, al aumentar la concentración y la densidad de los sólidos aumenta la velocidad de decantación de sólidos, lo que da como resultado tamaños de equipo más pequeños, calidad de efluente mejorada y mayor concentración de sólidos en los lodos. La concentración y/o la densidad de las partículas se aumentan típicamente tanto por el reciclado de lodos decantados como por la adición de material de carga. Estos dos procedimientos se discuten  
15 con más detalle a continuación.

Un ejemplo de recogida y reciclado de lodos decantados se describe en la patente de EE.UU. N<sup>o</sup>. 3.738.932, y se ilustra en FIG. 2. En este procedimiento, se recicla una porción de los lodos decantados 25 de un depósito de sedimentación 9 y se hace reaccionar con una corriente de suspensión alcalina 26 en un recipiente de mezclado 7. La suspensión alcalina es típicamente una mezcla de cal en suspensión. Dicha corriente mixta suspensión/lodos se añade a  
20 continuación a la corriente agua/agua residual 27 que se ha de tratar. La mezcla se hace reaccionar en un recipiente 8 y a continuación fluye a la etapa de sedimentación. En base másica, la cantidad de lodo reciclado es del orden de veinte veces la cantidad eliminada. Para la mayoría de los compuestos, el reciclado de lodos a la corriente de suspensión alcalina da como resultado la formación de un sólido denso, que se decanta y se seca bien. Para lodos de hidróxidos de metal, los lodos desecados finales contendrán típicamente 30-50% de agua, en comparación con 70% de agua sin el  
25 procedimiento de reciclado. Esto da como resultado un volumen de lodos mucho más bajo que se tiene que manejar y verter.

Existen varios inconvenientes para la recogida y reciclado de lodos decantados. En primer lugar, el procedimiento depende de la formación de suficiente masa de lodos para que funcione de modo eficaz. Durante el período inicial de arranque, el sistema funciona de modo relativamente deficiente. Esto hace al procedimiento inadecuado para los  
30 procedimientos de tratamiento por lotes o intermitente. En segundo lugar, aun cuando los sólidos se decanten bien, la velocidad de decantación está todavía muy por debajo de la que se puede obtener mediante adición de material de carga. Por lo tanto, el equipo de sedimentación tiene que ser de tamaño más grande. Finalmente, el procedimiento puede dar como resultado unos niveles relativamente altos sólidos suspendidos en forma de partículas muy finas en el agua efluente. Dependiendo de los requisitos de calidad, esto puede requerir la instalación de un equipo de filtración después del sistema  
35 de sedimentación.

En los procedimientos que usan adición de material de carga, se inyecta un material inerte granular, típicamente arena, en la etapa de precipitación química del procedimiento de tratamiento. Un ejemplo de este procedimiento se describe en la patente de EE.UU. N<sup>o</sup>. 4.927.543, y se ilustra en la FIG. 3. En este procedimiento, el agua sin tratar se mezcla con productos químicos y material de carga en un depósito de reacción. A continuación se envía el agua a un  
40 depósito de coagulación 10, donde las partículas forman agregados alrededor del material de carga. El agua, con los sólidos coagulados, fluye a un depósito de sedimentación 11, donde los sólidos se separan por gravedad. Se descarga el agua clarificada y se envían los sólidos a un separador 12. El separador 12 separa el material de carga de alta densidad de los sólidos decantados de densidad más baja. El separador recupera el material de carga para reciclar al depósito de reacción. Los sólidos decantados de densidad más baja se envían típicamente a etapas adicionales de tratamiento para  
45 eliminar agua y producir un residuo sólido para vertido. El material de carga aumenta mucho la velocidad de sedimentación de los sólidos, reduciendo con ello el tamaño del equipo que se requiere para el depósito de sedimentación. El procedimiento también mejora la eficacia de eliminación de los sólidos, en comparación con la clarificación convencional. Sin embargo, la etapa de separación carga/lodos produce típicamente un producto de lodos de concentración baja. A menudo es necesario instalar un equipo adicional de espesamiento de lodos para producir lodos  
50 adecuados para desecación y vertido.

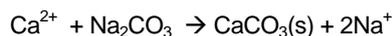
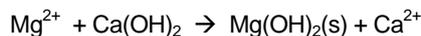
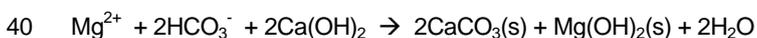
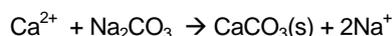
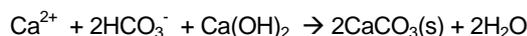
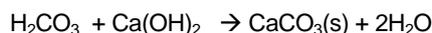
En una realización, un procedimiento para tratar agua según la presente invención incluye mezclar lodos y precipitante con el agua que se ha de tratar, mezclar una carga con el agua, y separar el agua en agua tratada y lodos. Algo o todo el lodo separado se recicla para mezclarlo con el precipitante y el agua que se ha de tratar. Por consiguiente, en esta realización, la presente invención combina recogida y reciclado de lodos con adición de carga para tratar agua de  
55 manera que nunca se había hecho previamente. La combinación de estos procedimientos no se había conseguido hasta ahora, y, como resultado, la necesidad de un tratamiento de eficacia mejorada, planteada hace mucho tiempo pero no satisfecha, solo se ha satisfecho ahora.

El mezclado de lodos y precipitante con el agua que se ha de tratar se puede llevar a cabo de cualquier manera y usando materiales o equipos cualesquiera que faciliten la precipitación del contaminante o contaminantes. Por contaminante, se quiere dar a entender cualquier material que se desee eliminar del agua que se ha de tratar. El precipitante puede ser cualquier compuesto, mezcla, sustancia química, disolución o similar capaz de hacer que precipite un contaminante. Por ejemplo, el precipitante puede ser un material que rebaje la solubilidad del contaminante o un material que reaccione con el contaminante para formar un material menos soluble que el contaminante.

En una realización de ejemplo de la invención, el precipitante es un reactivo alcalino. El reactivo alcalino puede ser cualquier material que tenga un pH mayor de aproximadamente 7 capaz de interactuar con los lodos y el agua para precipitar un contaminante. Por ejemplo, el reactivo alcalino puede incluir una suspensión acuosa de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) o hidróxido de magnesio ( $\text{Mg(OH)}_2$ ). Como ejemplo alternativo, el reactivo alcalino puede ser una disolución acuosa de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ). En realizaciones en las que se puede desear un ablandamiento, se puede añadir un ablandador, tal como ceniza de sosa ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) como precipitante adicional. En algunas realizaciones se pueden añadir junto con el precipitante, materiales que mejoran la precipitación, pero no necesariamente precipitantes. Por ejemplo, se puede añadir un material que mejore el comportamiento de un precipitante.

Se puede mezclar cualquier cantidad de precipitante con los lodos y el agua siempre que haya suficiente precipitación del material que se desee eliminar del agua para una aplicación particular del tratamiento. La cantidad preferida de precipitante para una realización particular puede variar con el precipitante, tipo y concentración de contaminante, y similares, y se puede seleccionar mediante el ejercicio de la habilidad ordinaria en la técnica. Cuando el precipitante no se añade en forma pura, por ejemplo cuando el precipitante es un reactivo alcalino en forma de suspensión, la concentración de precipitante que reacciona con los lodos y el agua puede variar con el precipitante y la manera de su adición. Generalmente se prefieren concentraciones de precipitante más altas porque tales concentraciones pueden reducir el tamaño de equipo a usar que se requiere para realizar el mezclado y el caudal hidráulico en el equipo corriente abajo. El agua que se ha de tratar puede ser cualquier agua de la que se pueda precipitar un contaminante mediante un precipitante. En una realización, el agua que se ha de tratar puede ser un agua residual ácida que contenga metales disueltos. En esta realización, el precipitante, que puede ser un reactivo alcalino, puede neutralizar la acidez del agua, dando como resultado la precipitación de hidróxidos de metales y/u óxidos de metales. Si uno de los metales presentes es hierro, se puede añadir un precipitante adicional, tal como oxígeno, para convertir el hierro de la forma ferrosa ( $\text{Fe}^{+2}$ ) en la férrica ( $\text{Fe}^{+3}$ ), que es sustancialmente menos soluble que la forma ferrosa, dando como resultado mejor precipitación.

En otra realización, el agua que se ha de tratar puede contener concentraciones relativamente altas de calcio y magnesio. Estos dos compuestos son responsables de la dureza del agua. Niveles altos de dureza pueden producir diversos efectos adversos cuando se utiliza el agua en usos tanto potables como no potables. El calcio y el magnesio se pueden eliminar por precipitación química mediante el precipitante, que, en esta realización, puede ser un reactivo alcalino o ceniza de sosa. El calcio se puede precipitar como carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y el magnesio se puede precipitar como hidróxido de magnesio ( $\text{Mg(OH)}_2$ ). Las reacciones implicadas en el procedimiento de ablandamiento son las siguientes:



Estas reacciones de precipitación son similares a las que se describen anteriormente para precipitación de metales, sin embargo, también se puede usar ceniza de sosa para facilitar la eliminación de magnesio.

Mediante la presente invención se pueden eliminar otros constituyentes disueltos que estén presentes en el agua o el agua residual. Por ejemplo, se puede eliminar sílice disuelta mediante el uso de un precipitante adecuado. Por ejemplo, se ha encontrado que compuestos que contienen aluminio y hierro, tales como sales de los mismos, son precipitantes eficaces para sílice. Compuestos adecuados incluyen sulfato férrico, cloruro férrico e hidróxido de aluminio. Se puede añadir cualquier cantidad de compuestos que contienen hierro o aluminio que precipite la cantidad deseada de sílice. La cantidad de compuestos que contienen hierro o aluminio que se añade puede ser proporcional a la cantidad de sílice que se ha de precipitar. Por ejemplo, en una realización, se pueden añadir aproximadamente 3 a aproximadamente

5 gramos de compuestos que contienen aluminio, o aproximadamente 5 a aproximadamente 10 gramos que compuestos que contienen hierro, por cada gramo de sílice que se desea precipitar. Estos precipitantes también se pueden combinar con otros precipitantes, tales como un reactivo alcalino y, en algunos casos, pueden producir efectos sinérgicos. Como otro ejemplo, se ha encontrado que se puede precipitar fluoruro mediante cloruro de calcio, que también puede ser  
5 adecuado como precipitante de otros materiales. Por consiguiente, se ha de entender que las realizaciones específicas que se describen en este documento son a modo de ejemplos y no pretenden identificar todos los constituyentes potenciales que se pueden eliminar, ni todos los precipitantes que pueden facilitar dicha eliminación.

Cualesquiera que sean la naturaleza del agua que se ha de tratar y la reacción de precipitación relacionada, los compuestos precipitados pueden ser adsorbidos sobre partículas de lodos, formando partículas cristalinas. Estas  
10 partículas cristalinas pueden decantarse más rápidamente, desecarse más fácilmente y retener menos agua que los sólidos formados a partir de procedimientos convencionales de precipitación que no usan lodos reciclados. Las partículas cristalinas también pueden ser más pequeñas, con un intervalo de tamaño más estrecho que las partículas de precipitación convencional. La distribución de tamaño de partícula para las partículas cristalinas está típicamente en el intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 8 micrómetros, frente a un intervalo de aproximadamente 1 a  
15 aproximadamente 45 micrómetros para partículas de precipitación convencional. Estas partículas más pequeñas, más uniformes, también pueden ser capaces de flocular en aglomerados mucho más compactos y densos, dando con ello como resultado las características mejoradas de decantación y desecación que se han mencionado previamente.

El mezclado de los lodos y el precipitante con el agua que se ha de tratar se puede llevar a cabo durante cualquier período de tiempo que dé como resultado una precipitación suficiente de los constituyentes disueltos. Dichos  
20 constituyentes disueltos se pueden precipitar en forma coloidal. El período de tiempo suficiente para precipitación puede variar dependiendo del precipitante usado, pero, en una realización típica que usa un reactivo alcalino, el tiempo mínimo requerido puede ser aproximadamente 5 minutos y el tiempo total es preferiblemente aproximadamente 20 a aproximadamente 40 minutos. Si no se proporciona suficiente tiempo de mezclado y precipitación, esto puede afectar adversamente a la eficacia del tratamiento debido a la incompleta precipitación y crecimiento de cristales. Si se  
25 proporciona tiempo de mezclado y precipitación excesivo, se puede requerir equipo más grande, que aumenta el capital y los costes operativos. En una realización en la que el precipitante afecta al pH del agua, como cuando es un reactivo alcalino, la reacción de precipitación se puede llevar a cabo en dos etapas, que pueden mejorar el control del procedimiento minimizando el cambio de pH en cada etapa. En una realización de este tipo, cada etapa puede tener un tiempo de reacción que se selecciona según lo que se ha expuesto anteriormente.

El mezclado del primer lodo y el precipitante con el agua que se ha de tratar se puede llevar a cabo de cualquier  
30 manera y usando cualquier equipo capaz de generar un mezclado adecuado que facilite la precipitación deseada. Por ejemplo, se puede usar un recipiente mezclador comercial. El mezclado se puede aportar mediante un agitador, que puede ser cualquier dispositivo capaz de crear las velocidades de cizalladura deseadas para conseguir mezclado adecuado. Por ejemplo, el mezclado se puede aportar mediante un agitador que incluye un impulsor comercial arrastrado  
35 por un motor. En otras realizaciones el mezclado se puede hacer en la tubería, lo que tiene la posibilidad de eliminar recipientes y agitadores. El mezclado en la tubería, en algunos casos suplementado mediante inclusión de un mezclador estático en la tubería, se puede usar en cualquier etapa de mezclado en la presente invención.

En una realización preferida, el mezclado de los lodos y el precipitante con el agua que se ha de tratar se lleva a  
40 cabo usando un reactor tubular de succión para cristalización continua y/o precipitación de sólidos. El reactor tubular de succión puede utilizar un agitador especialmente diseñado para recircular sólidos dentro del reactor. El diseño del reactor puede permitir grandes velocidades de recirculación de sólidos por medio de series de tabiques deflectores de la corriente inferior y del rebosadero. El tamaño del cristal y/o del precipitante pueden ser controlables mediante diferentes factores que incluyen: el punto en el que la alimentación entra en la unidad, los medios de retirada de sólidos y la relación de recirculación.

En algunas realizaciones, los lodos y el precipitante se pueden mezclar antes de realizar el mezclado con el agua  
45 que se ha de tratar. En una realización de este tipo, el precipitante puede reaccionar con los lodos y mejorar los resultados de la precipitación subsiguiente cuando se mezcla con el agua. Por ejemplo, sin desear limitarse por ninguna teoría particular, se cree que ciertos precipitantes, tales como reactivos alcalinos, pueden interactuar con la superficie de las partículas de los lodos, proporcionando sitios para precipitación.

Cuando el lodo se mezcla con precipitante antes del mezclado con el agua que se ha de tratar, se puede usar un  
50 mezclador convencional como el que se ha descrito anteriormente para hacer el mezclado. Se puede usar cualquier tiempo de mezclado siempre que se proporcionen mezclado y tiempo de interacción adecuados. Por ejemplo, en algunas realizaciones en las que el precipitante es un reactivo alcalino, se prefiere un tiempo de mezclado mínimo del orden de aproximadamente 5-10 segundos. Aun cuando no hay tiempo de mezclado máximo, los tiempos de mezclado más  
55 prolongados pueden conducir a recipientes de mezclado más grandes y aumento de costes de capital. En una realización en la que el precipitante está en forma de reactivo alcalino, un tamaño total de recipiente preferido proporciona un tiempo de residencia entre aproximadamente 2 y aproximadamente 5 minutos.

Tanto si se mezcla con el precipitante en primer lugar, como si se hace directamente con el agua, se puede mezclar con el agua cualquier cantidad de lodos siempre que proporcione sólidos reciclados suficientes para generar la velocidad de decantación deseada. En una realización, la cantidad de lodos puede depender de la concentración de material disuelto en el agua que se ha de tratar. En una realización de este tipo en la que el precipitante es un reactivo alcalino, la cantidad de sólidos reciclados puede estar en el intervalo de aproximadamente 5 a aproximadamente 100 libras (2,3 - 45 kg) de sólidos reciclados por libra (0,45 kg) de sólidos formados en el agua que se ha de tratar para un agua típica. Preferiblemente, la cantidad de lodos que se añade es lo más baja posible para disminuir la capacidad que se requiere para el equipo corriente abajo, pero no tan baja que se comprometa la velocidad de decantación deseada ni la eficacia de la precipitación. Por consiguiente, en una realización que usa reactivo alcalino como precipitante, el intervalo preferido de lodos que se añaden es aproximadamente 10 a aproximadamente 30 libras (4,5 - 13,6 kg) de lodos por libra (0,45 kg) de sólidos formados.

Cuando se reciclan los lodos que se han de mezclar con el reactivo alcalino y el agua, se pueden reciclar de cualquier manera. Por ejemplo, la carga en los lodos se puede separar completamente o no de los lodos. En una realización en la que la carga no se separa de los lodos, se puede reciclar directamente sin tratamiento una porción de lodos separados que se generan por el procedimiento para mezclarla con el precipitante y el agua que se ha de tratar.

El acto de mezclado del agua que se ha de tratar con una carga se puede llevar a cabo de cualquier manera, sin ningún material, y usando cualquier equipo que distribuya la carga tan completamente como se desee. El material de carga puede ser cualquier material o materiales insolubles con un tamaño de partícula igual o mayor que el de los sólidos que se están tratando. Según se usa en este documento, un material que se describe como "insoluble" no se disuelve apreciablemente en el medio al que se ha de exponer en un período de uso típico. En una realización, el material de carga también puede tener densidad mayor que el líquido y los sólidos que se están tratando. En algunas realizaciones, la carga puede ser químicamente o biológicamente activa y puede ser al menos ligeramente soluble. A modo de ejemplo, la carga puede incluir partículas de arena micronizada y/o carbón. Preferiblemente, las partículas de carga son al menos de 20 micrómetros, y preferiblemente entre aproximadamente 20 micrómetros y aproximadamente 500 micrómetros, de diámetro. La carga se puede añadir a cualquier velocidad que produzca la velocidad de decantación deseada. Cantidades de carga menores pueden dar como resultado decantación menos eficaz, mientras que cantidades de carga mayores pueden aumentar los costes de manejo. En una realización, la carga se añade a una velocidad de dosificación de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 gramos/litro. La carga puede ser material fresco (sin usar), reciclado, carga lavada, o reciclada, o carga sin limpiar.

Para mejorar la floculación subsiguiente, si existe, y la separación, se pueden desestabilizar el agua y los coloides precipitados en la misma. La desestabilización se puede llevar a cabo de cualquier manera que desestabilice el agua y los coloides para facilitar una floculación adecuada. Por ejemplo, la desestabilización se puede llevar a cabo añadiendo un material, tal como un coagulante, capaz de desestabilizar las partículas coloidales que se forman durante la precipitación. La desestabilización de las partículas coloidales las puede permitir que floculen y decanten.

En una realización preferida, el mezclado de la carga con el agua y la desestabilización del agua y partículas coloidales se pueden llevar a cabo conjuntamente en un único recipiente de mezclado. En una realización de este tipo, la velocidad de mezclado puede ser suficiente para distribuir el material insoluble y el coagulante. Por consiguiente, se prefiere usar una velocidad de mezclado relativamente alta. Una velocidad de mezclado relativamente alta también puede ayudar mecánicamente a la desestabilización. En una realización, el gradiente de velocidad en el recipiente de mezclado puede ser aproximadamente  $1.000 \text{ s}^{-1}$  a  $4.000 \text{ s}^{-1}$ , y está preferiblemente en el intervalo de aproximadamente  $3.000 \text{ s}^{-1}$  a aproximadamente  $3.500 \text{ s}^{-1}$ . El tiempo de residencia para la adición de carga y la desestabilización combinadas es preferiblemente al menos un minuto.

Para mejorar la separación, se pueden flocular los contaminantes precipitados en el agua. La floculación se puede llevar a cabo de cualquier manera y usando cualquier equipo que haga que se formen los flóculos deseados. En una realización preferida, la floculación se lleva a cabo como una etapa de mezclado de baja energía, que facilita la formación de grandes partículas de floculado que se pueden separar mejor. Dicho mezclado se puede llevar a cabo en un recipiente de mezclado o en la tubería. En una realización, el gradiente de velocidad para el mezclado está en el intervalo de aproximadamente  $300 \text{ s}^{-1}$  a aproximadamente  $900 \text{ s}^{-1}$ . El tiempo de mezclado para la floculación puede ser aproximadamente cuatro veces el de la adición de carga y la desestabilización.

La separación de agua en agua clarificada y lodos se puede hacer de cualquier manera y usando cualquier equipo que dé como resultado un agua suficientemente clarificada y/o lodos densificados para un uso particular. El nivel de transparencia del agua deseado puede variar con el uso a que se destina el agua y si se desea minimizar el tratamiento corriente abajo. De modo similar, la densidad de lodos deseada puede variar según se hayan de tratar los lodos; los lodos más densos pueden facilitar el vertido con menos tratamiento subsiguiente. La separación se puede llevar a cabo usando cualquier separador capaz de separar un sólido de un líquido. Por ejemplo, el separador puede ser de cualquier tipo de unidad de separación por gravedad convencional, tal como clarificador, decantador de tubo, separador de placa inclinada o cualquier dispositivo similar. Como ejemplo alternativo, el separador puede ser un filtro o un tamiz. En

la realización que se ilustra en la FIG. 5, el separador es un decantador de tubo convencional con un rascador de fondo. Debido a la densidad y velocidades de decantación relativamente altas de los sólidos en el agua, en un sistema de este tipo se pueden conseguir velocidades de rebose muy altas. Para una instalación típica, el intervalo esperado de velocidades de rebose, usando un decantador de tubo, está en el intervalo de aproximadamente 30 a aproximadamente 200 m/hr. Se pueden conseguir velocidades más altas o más bajas dependiendo de las características del agua, los precipitantes y los materiales de carga utilizados, y de la calidad deseada del efluente y los lodos.

Quando el separador es una unidad de separación por gravedad convencional, el agua tratada, clarificada se descarga generalmente desde lo alto del separador. Por el contrario, los lodos se recogen generalmente en el fondo del separador y se bombean para vertido y al menos algo de reciclado. Si se desea, una parte de los lodos se puede enviar para vertido sin retirada del material de carga. También se puede usar una parte de los lodos para reciclar a la cámara de mezclado de reactivo alcalino sin retirada de carga, como se ha mencionado previamente. Sin embargo, en la realización que se ilustra en la FIG. 5, el volumen total de lodos se envía a través de un separador. El separador separa los lodos del material de carga. A continuación se puede descargar parte de los lodos, y al menos algo se reciclará para ser añadido con precipitante al agua que se ha de tratar. El material de carga también se puede reciclar al equipo donde se añade al agua, con o sin operación de limpieza.

Para separar la carga de los lodos, se puede llevar a cabo la operación de cualquier manera y usando cualquier equipo que produzca el grado de separación deseado. Por ejemplo, es posible cizallar las partículas de lodos de las partículas de carga. A continuación los lodos y la carga se pueden separar por gravedad sobre la base de las diferencias de peso específico entre las dos. En la realización que se ilustra en la FIG. 5, el equipo de separación incluye una bomba de alta cizalladura 319 que suministra alimentación a un depósito de decantación por gravedad 320. Un depósito de este tipo puede ser suficientemente grande para facilitar que se decante el material de carga, con sus mayores peso específico y velocidad de decantación, pero lo bastante pequeños para facilitar que se decante una cantidad significativa de lodos, con su velocidad de sedimentación más baja. También se pueden usar otros procedimientos y equipos, tales como un hidrociclón, para este procedimiento de separación.

En la FIG. 4 se ilustra otro procedimiento de tratamiento de agua. Este incluye la reacción 200 de un precipitante en forma de un reactivo alcalino 101 con lodos 102 para formar una suspensión de tratamiento 103. El procedimiento también incluye la reacción 201 de la suspensión de tratamiento 103 con el agua que se ha de tratar 104 para formar agua tratada y sólidos suspendidos (colectivamente 105). El procedimiento también incluye el mezclado 202 de agua tratada y sólidos suspendidos 105 con un material granular insoluble 106. El procedimiento incluye adicionalmente la desestabilización 203 de agua tratada y sólidos suspendidos 105 y material granular insoluble 106. El procedimiento incluye finalmente la floculación 204 de agua tratada y sólidos suspendidos 105 y material granular insoluble 106 y la separación 205 de agua tratada y sólidos suspendidos 105 y material granular insoluble 106 en agua clarificada 107 y lodos 102.

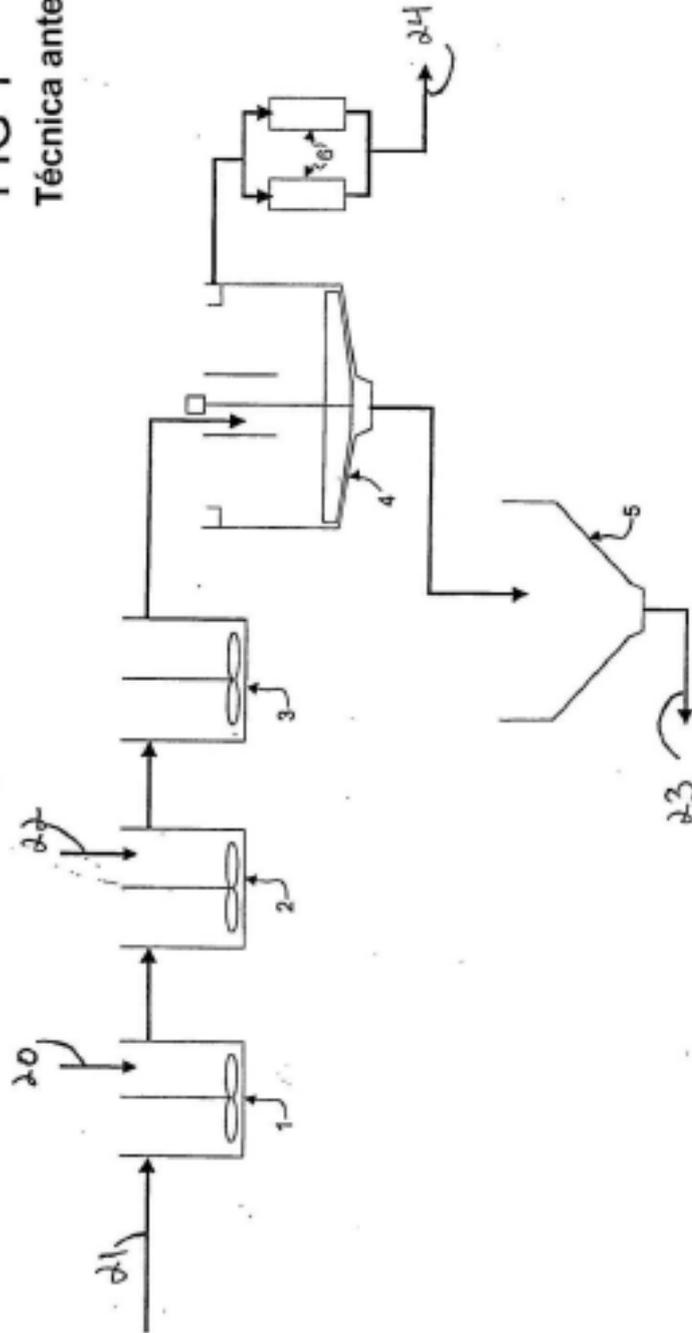
En la FIG. 5 se ilustra un sistema adecuado para llevar a cabo una realización del procedimiento de la invención. Este sistema incluye una cámara de mezclado de reactivo alcalino 300 provista de una entrada de reactivo alcalino 301, una entrada de lodos de reciclo 302, un agitador 303 y una salida de suspensión de tratamiento 304. Una cámara de reacción 305 está conectada a la salida de la suspensión de tratamiento 304 y está provista de una entrada de agua 306, un agitador 303 y una salida de agua tratada y sólidos suspendidos 307. Una cámara de mezcla rápida 308 está conectada a la salida de agua tratada y sólidos suspendidos 307 y a la salida de material granular insoluble 321 y está provista de una entrada de material granular insoluble 309, una entrada de coagulante 310, un agitador 303 y una salida de agua tratada, sólidos suspendidos y material granular insoluble 311. Una cámara de floculación 312 está conectada a la salida de agua tratada, sólidos suspendidos y material granular insoluble 311, y está provista de un agitador 303 y una salida de agua floculada 313. Este sistema incluye adicionalmente un separador 314 conectado a la salida de agua floculada 313 y provisto de placas de decantación 317, una salida de líquido clarificado 315, y una salida de lodos 316. Un reciclo de lodos está conectado a la salida de lodos 316, entrada de lodos de reciclo 302, y una descarga de lodos 318. El reciclo de lodos incluye una bomba de alta cizalladura 319 y un separador por gravedad 320 para separar lodos y carga.

En una realización alternativa de la presente invención se pueden mezclar lodos con el agua que se ha de tratar antes de la adición de precipitante. Por ejemplo, se pueden mezclar los lodos con el agua en un primer recipiente y se pueden mezclar a continuación con una mezcla de precipitante/lodos en un segundo recipiente.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para tratar agua que comprende:
  - (a) mezclar un primer lodo y un precipitante con agua que se ha de tratar;
  - (b) mezclar una carga que comprende un material granular insoluble con el agua;
- 5 (c) separar el agua y los sólidos así formados en agua clarificada y un segundo lodo;
- (d) separar al menos una porción de la carga del segundo lodo; y
- (e) reciclar al menos una porción del segundo lodo separado de la carga en la etapa (d) para uso como primer lodo.
- 10 2. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que el mezclado del primer lodo y el precipitante con el agua se lleva a cabo antes de mezclar la carga con el agua.
3. El procedimiento de la reivindicación 2 en el que el mezclado de la carga con agua se lleva a cabo antes de separar el agua en agua clarificada y el segundo lodo.
4. El procedimiento de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente: mezclar el primer lodo y el precipitante entre ellos antes de mezclarlos con el agua.
- 15 5. El procedimiento de la reivindicación 4 en el que el precipitante es un reactivo alcalino.
6. El procedimiento de la reivindicación 5 en el que el reactivo alcalino se selecciona entre el grupo que está constituido por hidróxido de calcio, hidróxido de magnesio, hidróxido de sodio, carbonato de sodio, y mezclas de los mismos.
7. El procedimiento de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente: mezclar un coagulante con el agua.
- 20 8. El procedimiento de la reivindicación 7 en el que el mezclado del coagulante con el agua se lleva a cabo después de mezclar la carga con el agua.
9. El procedimiento de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente reciclar al menos una porción de la carga separada.
10. El procedimiento de la reivindicación 1 que incluye desestabilizar y flocular el agua antes de la separación en la
- 25 etapa (c).
11. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que la separación de al menos una porción de la carga del segundo lodo comprende cizalladura de partículas de lodo de las partículas de carga a la que sigue separación por gravedad.
12. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que el agua que se ha de tratar es agua residual ácida que contiene metales disueltos.
- 30 13. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que el agua que se ha de tratar incluye concentraciones altas de calcio y/o magnesio y en el que el precipitante es un agente alcalino o ceniza de sosa.
14. El procedimiento de la reivindicación 13 que incluye precipitar químicamente el calcio como carbonato de calcio, y precipitar químicamente el magnesio como hidróxido de magnesio.

**FIG 1**  
Técnica anterior



**FIG 2**  
**Técnica anterior**

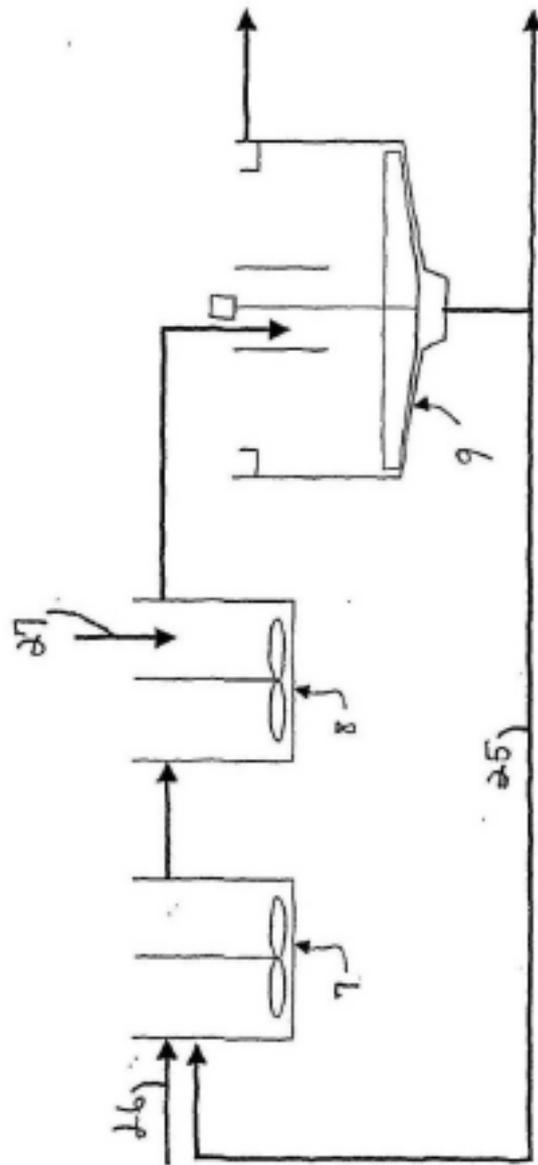


FIG 3  
Técnica anterior

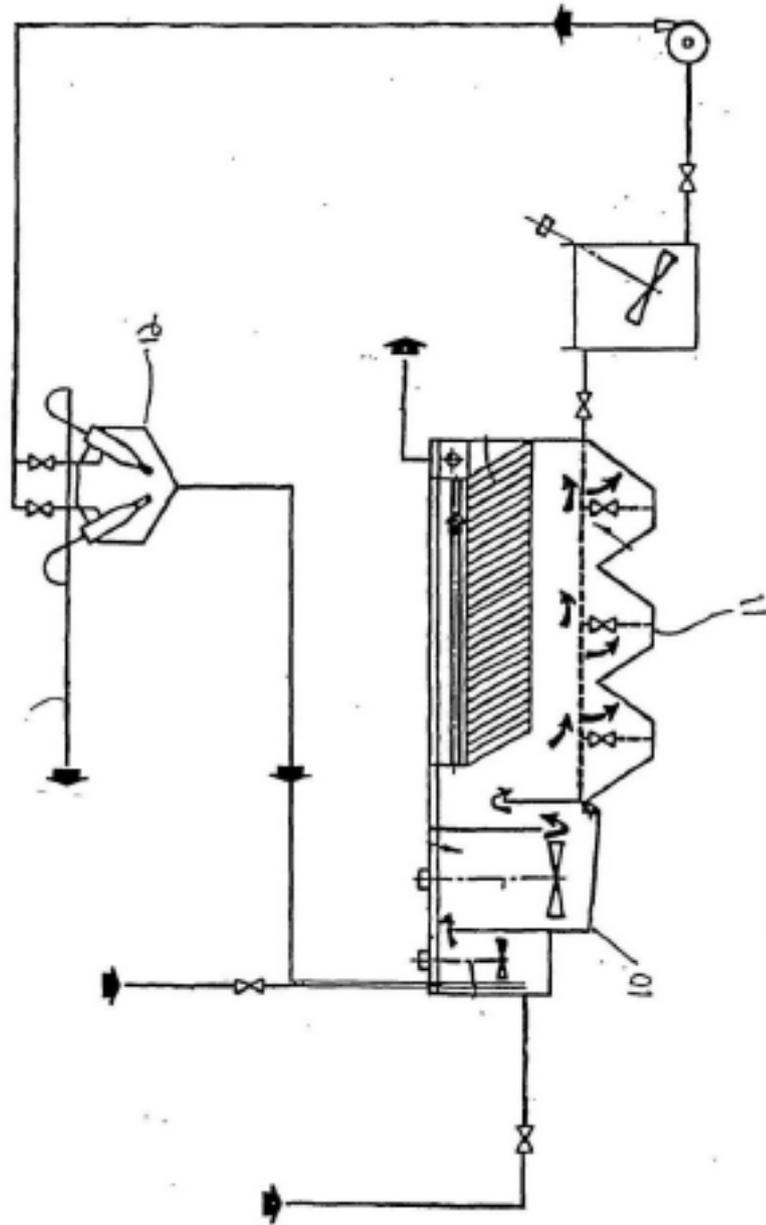


FIG 4

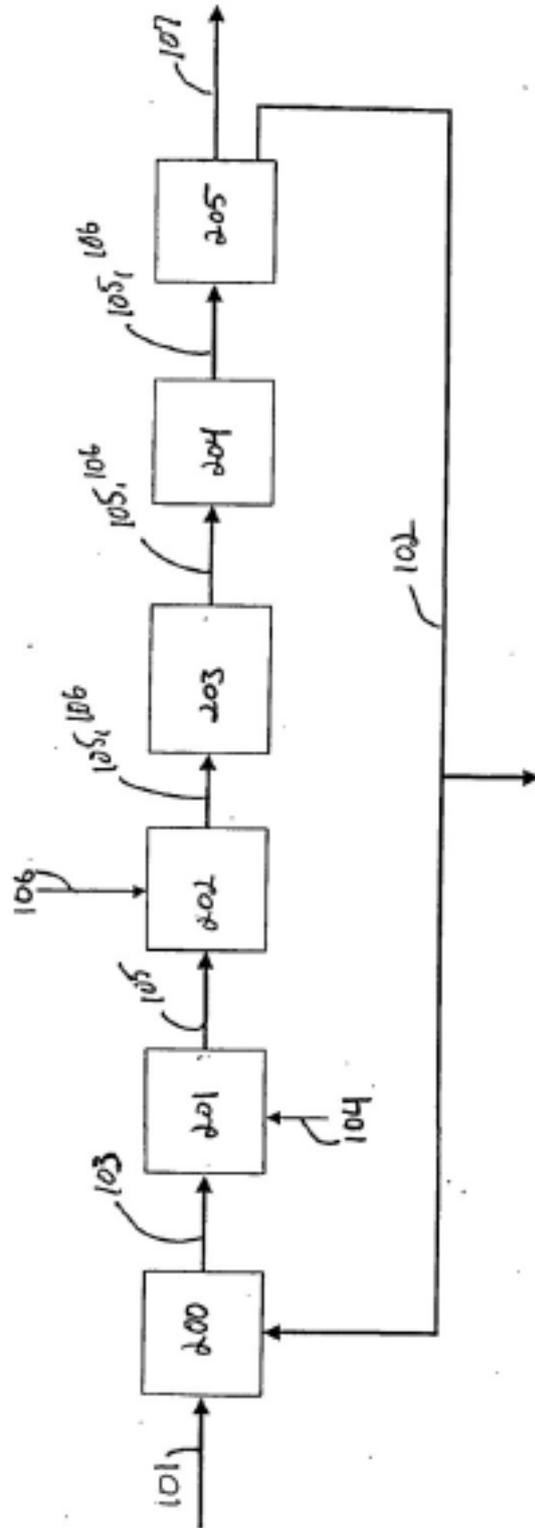


FIG 5

