

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 836**

51 Int. Cl.:

C02F 1/52 (2006.01)

C02F 1/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.01.2013 PCT/IB2013/050053**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.07.2013 WO13102864**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.01.2013 E 13702102 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 2800730**

54 Título: **Aparato de coagulación/floculación para tratamiento de un flujo hidráulico y método de uso**

30 Prioridad:

04.01.2012 FR 1250071

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

15.07.2020

73 Titular/es:

**SUEZ INTERNATIONAL (100.0%)
Tour CB21, 16, Place de l'Iris
92040 Paris La Défense, FR**

72 Inventor/es:

**VION, PATRICK y
GRAU, GUILLEM**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 773 836 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

Aparato de coagulación/floculación para tratamiento de un flujo hidráulico y método de uso

5 La invención se refiere a un aparato que hace posible realizar una coagulación floculación que precede a una fase de separación física por flotación o filtración o en membranas para clarificar el agua (eliminación de partículas o coloides en suspensión).

10 La invención es más especialmente adecuada para la clarificación por flotación que no requiere la producción de flóculos (agregados de partículas) tan densos y tan grandes como los requeridos por decantación.

15 El campo de aplicación es el de la clarificación de aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas marinas, aguas residuales e industriales, aguas pluviales y, generalmente, todo tipo de aguas o suspensiones líquidas adecuadas para flotación, incluso para filtración o separación en membranas que requieren la misma naturaleza de flóculos que la flotación.

Se conocen dispositivos de este tipo, en particular según la patente francesa FR 2835247 o la patente EP 1483210 B1 presentada a nombre de la compañía DEGREMONT.

20 Para clarificar un agua, es necesario formar un flóculo o aglomerado de partículas o coloides neutralizados. Este flóculo se puede separar de la fase líquida por decantación gracias a su velocidad de decantación, ya sea por flotación, después de acoplamiento de microburbujas en este, gracias a su velocidad ascendente. Para la persona experta, la flotación está reservada para aguas ligeramente cargadas que generalmente tienen cargas de menos de 30 NTU o 30 g/m³ de materias en suspensión.

25 Para formar un flóculo, se debe realizar una coagulación y luego una floculación. La coagulación consiste en añadir reactivo, coagulante (generalmente cationes trivalentes), especialmente sales de hierro o aluminio, permitiendo la desestabilización de partículas coloidales presentes en el agua y la neutralización de todas las cargas electronegativas de estas partículas. Durante esta etapa, las partículas neutralizadas comienzan a aglomerarse para formar microflóculos. Estos microflóculos son demasiado pequeños para decantar e incluso demasiado pequeños para unirse a microburbujas.

30 La floculación, que sigue a la coagulación, es una etapa destinada a agrandar los flóculos. Durante esta etapa, un adyuvante de floculación (polímero, generalmente polímero sintético) a menudo se inyecta para agrandar y densificar los flóculos. Esta inyección de polímero es casi sistemática para decantadores y, en algunas condiciones particulares, para flotadores.

35 Para separarse físicamente del agua por decantación, un flóculo debe ser denso y preferentemente grande. Por el contrario, para su separación por flotación, es suficiente que dicho flóculo esté bien formado: debe ser ligero y puede ser pequeño o grande.

Las fases de coagulación floculación se realizan en casi todos los casos en reactores del mismo tipo para decantación y flotación.

40 Para decantación, generalmente se usa:

- un coagulador con un tiempo de permanencia de aproximadamente 1 minuto con una energía volumétrica elevada (50 a 200 W/m³),
- un floculador en 1 o 2 etapas (en ocasiones 3) agitado por hélices con fuerte componente axial y a una velocidad relativamente lenta, para tiempos de permanencia globales entre 15 y 30 minutos. Algunos floculadores más sofisticados son agitados por hélices enfundadas y, o equipados con una recirculación de lastre natural (lodos) o agregado (fibra o arena). En este último caso, los tiempos de permanencia pueden ser más cortos: 6 a 12 minutos. Para obtener flóculos a una velocidad de sedimentación alta que permita reducir la sección de la zona de sedimentación, en la parte superior del floculador se inyecta polímero.

45 La llamada floculación estática, es decir, sin un móvil de agitación (cuenca con cubetas u deflectores) se utilizó en el pasado frente a decantadores a una velocidad muy lenta antes de la aparición de polímeros sintéticos.

50 El propio decantador puede ser estático o estar equipado con una lámina para reducir la sección de decantación. Los lodos sedimentados se descargan por el fondo mediante o no de un raspador o una tolva, mientras que el agua clarificada se descarga en la superficie.

Para flotación, en la mayoría de los casos se encuentran los mismos coaguladores floculadores:

65 - un coagulador con un tiempo de permanencia de aproximadamente 1 minuto con una energía volumétrica elevada (50 a 200 W/m³),

- un floculador en 1 o 2 etapas (en ocasiones 3) agitado por hélices con fuerte componente axial y a una velocidad relativamente lenta, para tiempos de permanencia globales entre 15 y 30 minutos. Algunos floculadores más sofisticados son agitados por hélices enfundadas y, o equipados con una recirculación de lastre natural (lodos) o agregado (fibra o arena). En este último caso, los tiempos de permanencia pueden ser más cortos: 6 a 12 minutos. Para obtener flóculos a una velocidad de sedimentación alta que permita reducir la sección de la zona de sedimentación, en la parte superior del floculador se inyecta polímero.

La llamada floculación estática, es decir, sin un móvil de agitación (cuenca con cubetas u deflectores) se utilizó en el pasado frente a decantadores a una velocidad muy lenta antes de la aparición de polímeros sintéticos.

El propio decantador puede ser estático o estar equipado con una lámina para reducir la sección de decantación. Los lodos sedimentados se descargan por el fondo mediante o no de un raspador o una tolva, mientras que el agua clarificada se descarga en la superficie.

Para flotación, en la mayoría de los casos se encuentran los mismos coaguladores floculadores:

- un coagulador con un tiempo de permanencia generalmente inferior o igual a 1 minuto con una energía volumétrica elevada (50 a 200 W/m³)
- un floculador en 1 o 2 etapas agitado por hélices con fuerte componente axial y a una velocidad relativamente lenta, o incluso muy lenta para tiempos de permanencia globales entre 15 y 30 minutos. Algunos floculadores más sofisticados incluyen, como en el caso de los decantadores, hélices enfundadas. En este último caso, los tiempos de permanencia a veces se reducen y se convierten en: 15 a 20 minutos. La inyección de polímero no es necesaria en la flotación, excepto en el caso de aguas muy cargadas o muy frías.
- un flotador adecuado en la cabeza del cual se mezcla el agua floculada con una emulsión de microburbujas de gas, generalmente aire, que se adhieren a los flóculos y hacen que suban a la superficie donde se recogen y descargan mientras el agua clarificada se descarga a través del fondo del dispositivo de flotación.

Por tanto, se puede ver que las fases de coagulación floculación se realizan en casi todos los casos en reactores del mismo tipo y casi del mismo volumen, independientemente de la tecnología de separación, decantación o flotación. La calidad buscada para los flóculos no es la misma.

El objeto de la invención es, sobretodo, proponer un dispositivo de coagulación/floculación adecuado para un tipo de separación física que no sea la decantación, en particular separación por flotación o por filtración o en membranas, que permite reducir el tiempo de permanencia global de coagulación floculación, mejorar el rendimiento y aumentar en particular el alcance de la separación por flotación.

Según la invención, un dispositivo de coagulación/floculación para el tratamiento de un flujo hidráulico de cualquier tipo de líquido, corriente arriba de un elemento de separación física, en particular corriente arriba de un flotador, o una unidad de filtración, en particular con membranas, dispositivo que comprende al menos un coagulador con inyección de coagulante, seguido de un floculador, atravesados sucesivamente por el flujo hidráulico, se caracteriza por que:

- el coagulador comprende un reactor de inyección de coagulante de alta energía, constituido por un mezclador en línea adecuado para disipar al menos 1000 W/m³, seguido de un reactor de coagulación sin agitación, equipado en su salida con un desagüe seguido por:
- el floculador, dicho floculador siendo estático y de tipo pistón.

Ventajosamente, el floculador estático de tipo pistón tiene el mismo ancho que el elemento de separación física ubicado corriente abajo.

Ventajosamente, el floculador estático de pistón es un floculador con deflectores.

Ventajosamente, el reactor de inyección de coagulante de alta energía está separado del reactor de coagulación.

Ventajosamente, el desagüe induce una energía volumétrica en la zona superior del floculador de pistón, entre 20 y 100 W/m³.

Ventajosamente, el desagüe tiene una altura de caída de al menos 5 cm.

Ventajosamente, el desagüe tiene una altura de caída inferior o igual a 25 cm.

En la práctica, el floculador de pistón tiene una energía de volumen inferior a 1 W/m³, preferentemente inferior a 0,3 W/m³.

La invención también se refiere a un método para usar un aparato de coagulación/floculación como se definió anteriormente, para tratamiento de un flujo hidráulico de cualquier tipo de líquido, caracterizado por que el tiempo de permanencia en el reactor de coagulación de baja energía es inferior a 1 minuto. El tiempo de permanencia en el reactor de floculación de tipo pistón comprende, preferentemente, entre 2 y 8 minutos. El tiempo de permanencia en el reactor de inyección del coagulante, en el caso de un reactor de tanque agitado, está comprendido entre 2 y 6 minutos, dependiendo del tipo de agua a tratar.

De este modo, para hacer un dispositivo de coagulación/floculación de flotación compacto y eficaz, La invención propone combinar los siguientes reactores o equipos:

- un reactor de inyección de coagulante de alta energía,
- un reactor de coagulación de baja energía (no agitado),
- un elemento de alta energía (desagüe) en todo el ancho del floculador,
- un floculador estático de tipo pistón del mismo ancho que el separador o el flotador del que provienen el agua clarificada y el lodo.

Los resultados obtenidos gracias a esta combinación de elementos son sorprendentes. El tiempo de permanencia global de la floculación (3 a 8 minutos) y el tiempo total de la coagulación floculación (4 a 12 minutos) se reducen significativamente en comparación con los tiempos de coagulación floculación tradicionales (16 a 31 minutos). Por otro lado, la implementación de la floculación de pistón en comparación con la floculación agitada (hélice) ha permitido sorprendentemente el tratamiento de aguas cargadas hasta 200 o 300 NTU, mientras que tradicionalmente el límite es de aproximadamente 30 NTU.

La invención consiste, aparte de las disposiciones establecidas anteriormente, en una serie de otras disposiciones que se discutirán más explícitamente a continuación en relación con los ejemplos descritos con referencia a los dibujos adjuntos, pero que de ninguna manera son limitantes. En estos dibujos:

Fig. 1 es una sección esquemática vertical de un aparato de coagulación/floculación según la invención, seguido de un flotador.

Fig. 2 es una vista esquemática superior del conjunto de Fig. 1.

Fig. 3 es una sección esquemática vertical de una variante del aparato de coagulación/floculación, con variante para el flotador.

Fig. 4 es una vista esquemática superior del conjunto de Fig. 3, y

Fig. 5 es un diagrama que compara el rendimiento de diferentes floculadores para eliminar fósforo.

El aparato de coagulación/floculación de la invención se aplica a cualquier tipo de dispositivo de flotador, clásico o rápido. Se adapta preferentemente a flotadores de sección rectangular.

Como se ilustra en la Fig. 1 y 2, el agua sin tratamiento llega, a través de un canal o tubería, a un reactor 1 de inyección de coagulante. Dependiendo de las aplicaciones, el coagulante se inyecta en línea mediante un mezclador estático (no representado), ya sea en el reactor 1 de inyección de coagulante de alta energía, en cualquier caso superior a 40 W/m³. En este último caso, particular entre otros para las aguas superficiales y marinas, el tiempo de permanencia en este reactor es al menos igual a 2 minutos. Es un momento deseado para la invención (condición de un agua flotada de calidad), mientras que los tiempos generalmente practicados en esta fase son inferiores o cercanos a un minuto.

Preferentemente, el reactor 1 de inyección de coagulante tiene una energía superior a 40 W/m³, en particular entre 40 W/m³ y 250 W/m³ para un reactor de tanque agitado y entre 200 W/m³ y 10.000 W/m³ en el caso de mezcladores en línea. A la salida de este reactor, la mayoría de los coloides se neutralizan y aparecen microfloculos. La energía o potencia por unidad de volumen corresponde a la disipada por medios de agitación, como hélices, instalados en el reactor o mezcladores en línea.

El agua de coagulación llega a un reactor de coagulación 2 de baja energía, preferentemente inferior a 10 W/m³, donde los microfloculos continúan apareciendo y aglomerándose. El objetivo es tener microfloculos que comienzan a ser visibles a simple vista. El tiempo de permanencia en este reactor 2 es inferior a 1 min. El reactor de coagulación 2 se separa del reactor 1 de inyección de coagulante, Estos reactores se producen en particular en forma de cubetas o tanques separados. El reactor de coagulación 2 constituye una zona de transferencia entre el reactor 1 de inyección de coagulante y un floculador de pistón 4.

En la parte superior del reactor 2, un desagüe 3 con caída de agua, con una altura comprendida ventajosamente entre 5 y 25 cm, se coloca en todo el ancho del floculador de pistón 4. Una zona de alta energía, creada por el desagüe 3, que sigue a la zona de baja energía del reactor 2, es sorprendente para un experto en la materia que normalmente

instala reactores de energías decrecientes después del reactor de coagulación a máxima energía para no destruir los flóculos ya formados.

5 Inesperadamente, el desagüe 3 corriente abajo del reactor 2 de baja energía permite avances hidráulicos y de proceso con respecto al floculador de pistón que le sigue. Por el contrario, se podría instalar un tubo perforado en lugar del desagüe 3.

10 La energía generada por el desagüe 3 (mayor de 20 W/m³) se utilizará ventajosamente para garantizar la mezcla del polímero si resulta necesario. Si el flóculo está roto, se reformará bajo la acción del polímero. Sin embargo, sorprendentemente, se ha observado que, incluso sin polímero, el desagüe 3 no provocaba degradación, sino que, por el contrario, mejoraba la calidad del agua tratada (véase el ejemplo 2 proporcionado a continuación). Se proponen dos explicaciones. La primera es que los microfloculos aún no son lo suficientemente grandes como para ser destruidos, pero son lo suficientemente pequeños como para beneficiarse de esta energía que aumentaría su probabilidad de reunirse en esta zona y, por tanto, sus posibilidades de aglomeración y ampliación. El segundo apareció por medición de oxígeno disuelto. Se observó que este desagüe aumentaba la cantidad de aire disuelto en el agua. Sin embargo, las aguas superficiales a menudo presentan insaturación de oxígeno y, por tanto, las microburbujas de aire inyectadas para flotar los flóculos son consumidas en parte por el agua insaturada. Esta caída de agua justo antes de la flotación favorece por tanto la clarificación mediante un aumento eficaz de las microburbujas operativas.

20 El desagüe 3 también permite distribuir el flujo hidráulico en todo el ancho del floculador de pistón 4. Una buena distribución en todo el ancho del floculador es una condición favorable para el flujo del pistón en el floculador.

25 En conclusión, el desagüe 3 permite repartir el flujo hidráulico en todo el ancho del floculador de pistón 4, inyectar polímero si es necesario sin añadir un reactor específico, disolver el aire dejando más microburbujas operativas y finalmente, precedido por un reactor de baja energía 2, el desagüe 3 favorece la formación de microfloculos.

El agua coagulada ahora alimenta, en la parte superior, en perfectas condiciones, el floculador de pistón 4.

30 Se recordará que el objeto de la floculación, en vista de una separación física, en particular por flotación, es hacer que los flóculos crezcan un mínimo sin densificarlos como se busca en la decantación. Según la invención, se proporciona el floculador de pistón 4 que constituye un reactor de baja energía, con energía inferior a 1 W/m³, generalmente inferior a 0,3 W/m³, con la distribución más homogénea posible para evitar cortocircuitos y permitir que todos los flóculos entrantes tengan el mismo tiempo de permanencia para tener un tamaño homogéneo en la salida del floculador. Por tanto, la instalación del floculador estático 4 de tipo pistón permite obtener un rendimiento muy bueno con tiempos de permanencia muy cortos (3 a 8 minutos) dependiendo de las aplicaciones y las temperaturas del efluente a tratar.

40 El floculador estático 4 de tipo pistón es preferentemente un reactor deflector formado por placas verticales alternas 4a y 4b, paralela al desagüe 3 y a la zona de alimentación inferior del flotador 5 propiamente dicho. Las placas se extienden a lo largo de todo el ancho del reactor. Las placas 4a tienen su borde superior situado por encima del nivel del agua, mientras que su borde inferior está alejado de la base para dejar el líquido solo en un paso inferior. Las placas 4b se extienden hasta la base y se detienen debajo, a distancia, del nivel del agua para dejar solo un paso superior para el líquido. Estas placas obligan a la corriente a realizar sucesivamente movimientos hacia abajo y hacia arriba en cada una de las celdas 4c formadas por las placas 4a y 4b.

45 Los espacios entre las placas 4a, 4b, y entre las placas altas 4a y la base, son tales que las velocidades hidráulicas son más altas que las velocidades de sedimentación de las partículas más pesadas y las velocidades de desprendimiento del lodo formado por los flóculos asentados en las bases de cada celda 4c. La autolimpieza limita así los depósitos en las bases. El perfil curvado 4d, cóncavo hacia arriba, de las bases de las celdas reducen aún más los depósitos y favorece ligeramente el flujo del pistón.

50 En la salida del floculador de pistón 4, en la parte inferior, las velocidades de aproximación del flotador 5 son muy bajas y perfectamente homogéneas. Esto es, sin duda, lo que explica los resultados sorprendentes obtenidos en el tratamiento de aguas cargadas. En efecto, como aparecerá en los ejemplos que figuran a continuación (ver ejemplo 3), El floculador de pistón permite tratar efluentes cargados mientras que los resultados se degradan mucho cuando se utilizan floculadores agitados (velocidades locales y movimiento de rotación elevados). Cabe señalar que con aguas cargadas (especialmente con materia mineral) el lodo flotante es muy frágil y, por tanto, sensible a las turbulencias que pueden provocar su caída.

60 En conclusión, el floculador estático 4 de tipo de pistón deflector, alimentado homogéneamente con microfloculos homogéneos permite una floculación muy compacta y una velocidad de acercamiento al flotador homogénea y muy baja.

65 El floculador estático de pistón puede tener placas cada vez más espaciadas para reducir las velocidades a medida que se acerca la flotación.

5 El flotador 5 propiamente dicho puede ser un flotador convencional con velocidades entre 6 y 15 m/h en la zona de flotación o un flotador rápido con velocidades de 20 a 60 m/h. Las cualidades y la compactabilidad del aparato de coagulación/floculación de la invención aumentan incluso la competitividad y el atractivo actuales de los flotadores rápidos. La alimentación de agua al flotador, desde el floculador 4, se realiza mediante un paso ubicado en la parte inferior y que se extiende por todo el ancho.

El agua clarificada sale en 6 (Fig 1 y 2), generalmente en la parte inferior. Los lodos, recuperados en la superficie del flotador, son evacuados en 7 (Fig 1 y 2).

10 Fig. 3 y 4 muestran una variante de realización del dispositivo. El reactor de inyección de coagulante consta de dos reactores en serie 1.1 y 1.2, cada uno bajo fuerte energía, con hélice h1, h2 de agitación. Ventajosamente, cada reactor de inyección de coagulante 1.1 y 1.2 tiene una energía entre 40 y 250 W/m³.

15 El reactor de coagulación 2 y el floculador de pistón 4 son similares a los de la Fig. 1 y 2. El agua floculada sin procesar se lleva a través de un paso de alimentación en una zona inferior 8 del flotador 5a. Se crea una corriente ascendente con microburbujas producidas por un sistema de presurización-expansión que comprende una bomba 9 que recicla una fracción del agua clarificada hacia un globo de presurización 10. El agua a presión es inyectada y expandida por una boquilla 11 en el fondo. La zona 8 de mezcla está separada de la zona de flotación propiamente dicha por un desagüe inclinado 12 que parte de la base, inclinado corriente abajo, y que se detiene a una distancia por debajo del nivel superior del agua. Las materias suspendidas arrastradas por las microburbujas se acumulan en la superficie y son evacuadas corriente abajo por un canal transversal que constituye la salida 7 para los lodos. El agua clarificada se descarga desde una celda corriente abajo conectada a la salida 6 y a la succión de la bomba 9.

25 Ejemplos

Se realizaron varias series de ensayos en diferentes tipos de agua (tratamiento terciario de aguas residuales, tratamiento de agua de mar y tratamiento de agua de río cargada).

30 Dependiendo del caso, Los ensayos se realizaron en 1 o 2 mini unidades industriales (o pilotos) colocadas en paralelo. Los pilotos tienen una capacidad de 24 m³/h y permiten realizar las etapas de coagulación, floculación y clarificación por flotación (sección de flotación de 0,8 m²). Estas etapas o los elementos del piloto, son modulables y permiten cambiar las etapas del tratamiento, configurar diferentes tipos de reactores y variar los volúmenes de los reactores. Las microburbujas se generan mediante un sistema de presurización-expansión que comprende un globo de presurización a 0,5 MPa (5 bares) conectado a un sistema de expansión que garantiza la formación de microburbujas con un diámetro de aproximadamente 40 μm (40 micrómetros). La tasa de recirculación en la presurización es aproximadamente 10 %.

Primera serie de ensayos

40 Una primera serie de ensayos se realizó en un agua residual obtenida de un tratamiento biológico para realizar un tratamiento final de eliminación de fósforo (tratamiento terciario). El objetivo es probar diferentes reactores de floculación en un agua con turbidez relativamente constante y donde la cinética de eliminación del fósforo está bien controlada.

45 Este agua se coagula fácilmente. La versión básica demostró ser eficaz: el coagulante es inyectado por una mezcladora en línea de alta energía, al menos 1000 W/m³, el agua a tratar pasa luego a través del reactor sin agitación equipado a su salida con un desagüe, luego finalmente por el reactor de floculación propiamente dicho seguido por el mismo flotador.

50 Los reactores de floculación probados con su tiempo de permanencia fueron:

- reactor estático con deflectores, tiempo de permanencia 8 minutos,
- reactor agitado, tiempo de permanencia 8 minutos (2 tanques en serie con agitadores de hélice),
- reactor estático de pistón deflector, tiempo de permanencia sucesivamente 3, 4,5 y 7,5 minutos.

55 Las características del agua sin tratamiento son:

- Turbidez del agua sin tratamiento EB = 5 a 10 NTU
- Materia suspendida en agua sin tratamiento EB = 7 a 15 g/m³
- 60 EB de fósforo total en agua bruta: entre 0,5 y 7 g/m³
- Caudal tratado: 24 m³/h
- Reactivos: coagulante (FeCl₃) 50 g/m³, polímero = 0

65 Los resultados se muestran en el diagrama de la Fig. 5. Expresan fósforo en agua flotada (ppm o g/m³) representada en ordenadas, en función del fósforo del agua sin tratamiento (ppm o g/m³), trazado en abscisas, para los diferentes tipos de reactores mencionados.

Los mejores resultados, ilustrados por la curva C1, se obtienen con el reactor de floculación estática de pistón deflector, según la invención, cualquiera que sea el tiempo de permanencia mayor a 3 minutos.

5 El floculador agitado (8 minutos) da resultados bastante aproximados, ilustrados por la curva C2, pero más dispersos para un tiempo de permanencia más largo.

10 El otro reactor estático con deflectores, por tanto no pistón, da peores resultados, ilustrados por la curva C3 (en este tipo de reactor los cortocircuitos son muy importantes). Además, el lodo del fondo aparece muy rápidamente debido a la ausencia de barrido del fondo.

En conclusión, en esta aplicación el floculador de tipo pistón se retiene. Se cree que este floculador de tipo pistón reduce, o suprime, los cortocircuitos, favoreciendo las reacciones de eliminación del fósforo.

15 Segunda serie de ensayos

Se realizó una segunda serie de ensayos en agua de mar y con el mismo piloto.

20 El agua de mar es más difícil de coagular. El coagulante se inyecta en la entrada de un reactor de inyección de coagulante, con un tiempo de permanencia de 3 minutos, seguido de una zona sin agitación de menos de 1 minuto formando un reactor de coagulación, seguido o no por un desagüe (caída de agua de 10 cm) y el reactor de floculación que se define en el ejemplo anterior con un tiempo de floculación de 6 minutos.

Las características del agua sin tratamiento son:

25 Turbidez del agua sin tratamiento EB = 1 a 15 NTU

Caudal tratado: 24 m³/h

30 Reactivos: coagulante (FeCl₃) 10 g/m³, polímero = 0

La configuración es satisfactoria. Pero el ensayo que nos interesa aquí es el impacto o no del desagüe en la calidad del agua flotada cuando no se inyecta ningún polímero en el desagüe.

Los resultados son los siguientes:

35

Agua de mar (NTU)	Agua flotada (NTU)	
	Sin desagüe	Con desagüe
1,6	0,7	0,7
2	0,9	0,95
2,9	1,5	1,2
5	2	1,5
7,2	2,5	1,9
10	3,4	2,1
13,3	3,7	2,3

El ensayo muestra que el efecto positivo del desagüe es claro e inesperado en cuanto aumenta la turbidez del agua de mar, aquí superior a aproximadamente 3 NTU.

En condiciones de floculación difíciles, el desagüe 3 tiene un efecto favorable en la clarificación por flotación.

40

Tercera serie de ensayos

Se realizó una tercera serie de ensayos en agua de río y en el mismo piloto

45 Aplicada al tratamiento de aguas superficiales (de río o subterránea), la configuración ha demostrado ser muy eficaz. La limitación de las aplicaciones de flotación respecto a la decantación, se debe al hecho de que la flotación normalmente no puede tratar el agua con turbidez superior a 30 NTU o incluso 50 NTU. Los ensayos informados aquí tienen como objeto validar el mejor floculador para tratar el agua cargada (50 a 300 NTU). Para estos ensayos, las 2 líneas piloto se ponen en paralelo.

50 Las dos tecnologías comparadas fueron,

- un reactor de floculación agitado: 2 reactores de floculación en serie (2 tanques en serie con agitadores de hélice) con 12 minutos de tiempo de permanencia.
- un reactor de floculación estática de pistón con deflectores con un tiempo de permanencia de 5 minutos

5 Para las 2 configuraciones, el coagulante se inyecta mediante una mezcladora en línea en la entrada de un reactor de inyección de coagulante con un tiempo de permanencia de 3 minutos seguido de una zona sin agitación (que constituye el reactor de coagulación 2) de menos de 1 minuto, un desagüe y uno de los 2 reactores de floculación. El flotador es siempre el mismo y el caudal aplicado en cada una de las 2 líneas piloto está entre 16 y 24 m³/h.

Las características de los ensayos son las siguientes:

10 Turbidez del agua sin tratamiento EB = 10 a 250 NTU (temperatura de 5 a 7 °C)
 Caudal tratado: 24 m³/h y reducido a 16 m³/h para turbideces superiores a 100 NTU
 Reactivos: coagulante (FeCl₃) 30 a 40 g/m³, polímero = 0,2 a 0,4 g/m³ dependiendo de la turbidez del agua sin tratamiento (inferior o superior a 50 NTU).

Agua de ríp (NTU)	Agua flotada (NTU)	
	Floculador agitado	Floculador de pistón
12	1,6	1,55
28	5,3	3,5
42	8	5,3
45	7,5	5
61	15	6
73	25	6,3
80	19	5,7
90	42	6,4
105	43	5,5
153	62	8,7
208	87	7,8
242	96	10,3

15 Hasta 50 NTU, los 2 tipos de floculador tienen un rendimiento bastante similar. Además, la turbidez del agua flotada es aproximadamente 2 a 10 veces superior a la del floculador de pistón. En conclusión, para tratar la alta turbidez en la flotación, El floculador estático de pistón sin energía proporciona resultados muy superiores. Además, el floculador estático de pistón es relativamente menos voluminoso, y consume menos energía.

20 Otras aplicaciones

25 - Para tratamientos más delicados (agua de mar, ...) o para Aguas cargadas o para proporcionar generalmente más flexibilidad y eficacia, la etapa de inyección de coagulante puede realizarse en 2 reactores agitados 1.1 y 1.2 en serie (Fig. 3 y 4). Esto permite, por ejemplo, desplazar la inyección de polímero al segundo reactor en lugar de inyectarlo en el desagüe 3. Además, esta configuración permite realizar la doble inyección de coagulante descrita en la patente francesa n.º 2.909.993 (06 10866 presentada el 13/12/2006). Una primera inyección de coagulante en el reactor de inyección de coagulante, la inyección de polímero en el reactor de coagulación no agitado y la segunda inyección de coagulante en el desagüe 3.

30 - El aparato de coagulación/floculación de la invención podría usarse delante de un filtro o membranas donde se busca, como delante de un flotador, filtrar los flóculos formados, ligeros y sin obstrucciones (especialmente sin polímero),

35 - El aparato de coagulación/floculación de la invención podría utilizarse opcionalmente delante de un decantador, a condición de adaptar los tiempos de floculación (más largos), tener un objetivo de reducción de energía consumida y finalmente aceptar trabajar en el decantador a velocidades más bajas (dispositivos más grandes).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de coagulación/floculación para tratamiento de un flujo hidráulico de cualquier tipo de líquido, corriente arriba de un elemento de separación física, en particular corriente arriba de un flotador, o una unidad de filtración, en particular con membranas, dispositivo que comprende al menos un coagulador con inyección de coagulante, seguido de un floculador, atravesados sucesivamente por el flujo hidráulico, caracterizado por que:
- 10 - el coagulador comprende un reactor (1) de inyección de coagulante de alta energía constituido por un mezclador en línea adecuado para disipar al menos 1000 W/m³, seguido por un reactor de coagulación (2) no agitado, equipado en su salida con un desagüe seguido por:
- el floculador, dicho floculador siendo estático y de tipo pistón (4).
- 15 2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que el floculador estático de tipo pistón (4) tiene el mismo ancho que el elemento de separación física (5) situado corriente abajo.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el floculador estático de tipo pistón (4) es un floculador con deflectores (4a, 4b).
- 20 4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el reactor (1) de inyección de coagulante de alta energía está separado del reactor de coagulación (2).
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el desagüe induce una energía volumétrica en la zona superior del floculador de pistón (4), entre 20 y 100 W/m³.
- 25 6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el desagüe (3) presenta una altura de caída de al menos 5 cm.
7. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado por que el desagüe (3) tiene una altura de caída inferior o igual a 25 cm.
- 30 8. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el floculador de pistón (4) tiene una energía volumétrica inferior a 1 W/m³, preferentemente inferior a 0,3 W/m³.
- 35 9. Método para implementar un aparato de coagulación/floculación según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, para tratamiento de un flujo hidráulico de cualquier tipo de líquido, caracterizado por que el tiempo de permanencia en el reactor de coagulación de baja energía (2) es inferior a 1 minuto.
- 40 10. Método según la reivindicación 9, caracterizado por que el tiempo de permanencia en el reactor de floculación (4) de tipo pistón está comprendido entre 2 y 8 minutos
11. Método para implementar un aparato de coagulación/floculación según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que el tiempo de permanencia en el reactor (1) de inyección de coagulante, en el caso de un reactor de tanque agitado, está comprendido entre 2 y 6 minutos, dependiendo del tipo de agua a tratar.

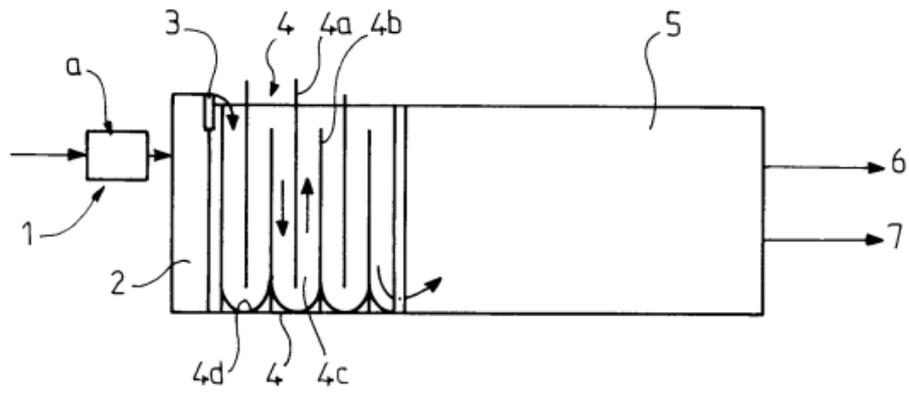


FIG.1

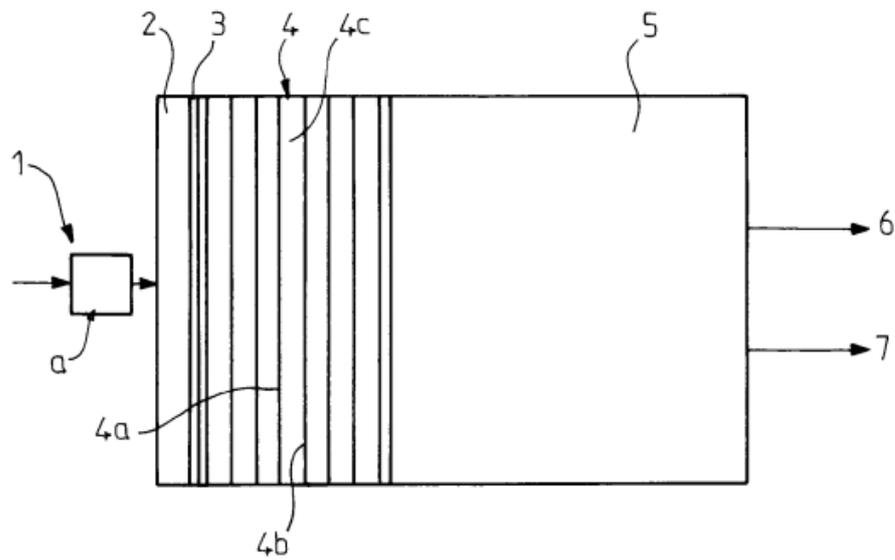


FIG.2

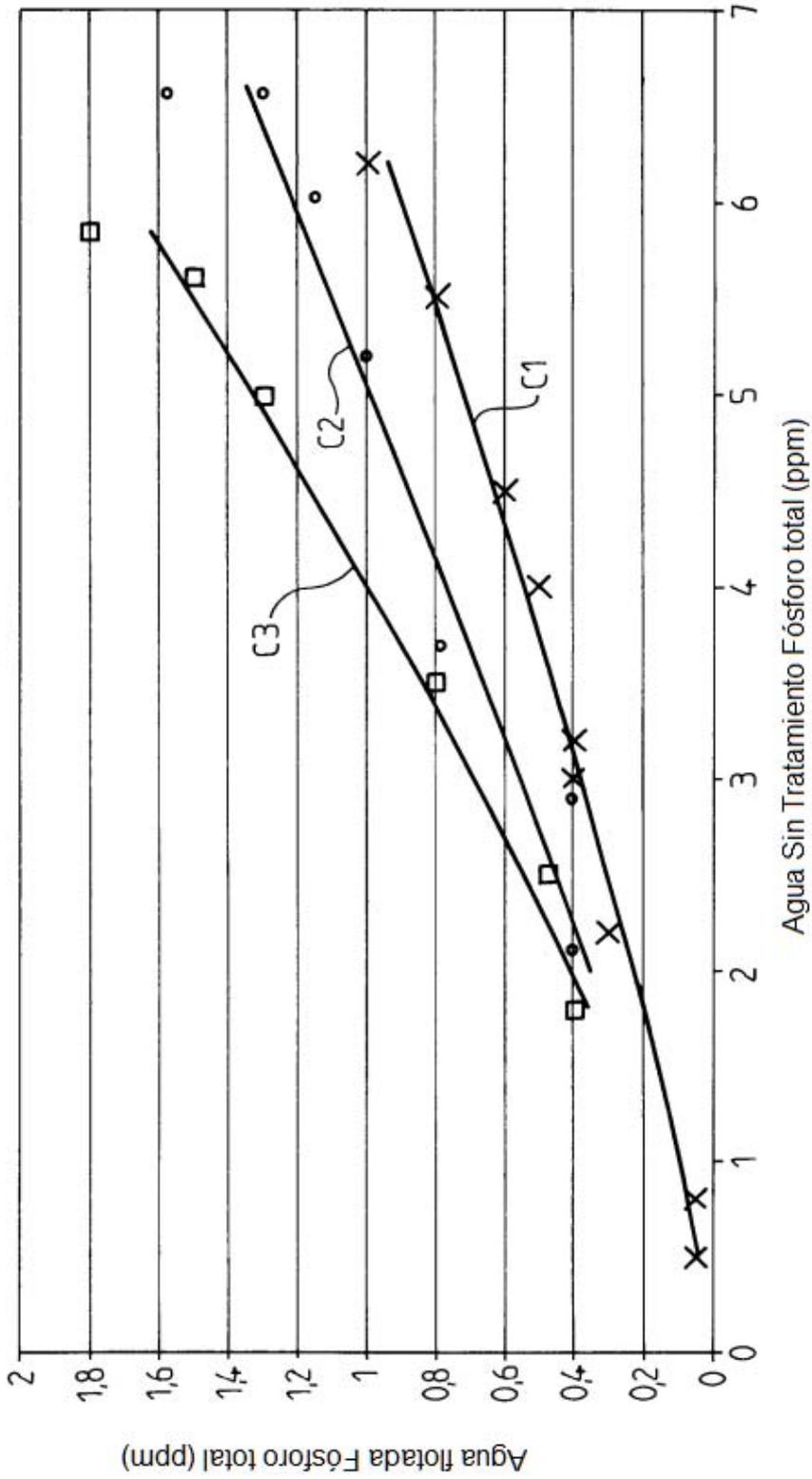


FIG.5