

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 956 415**

51 Int. Cl.:

C02F 1/52 (2013.01)

C02F 1/56 (2013.01)

B01D 21/01 (2006.01)

C02F 1/66 (2013.01)

C02F 103/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.06.2020** **PCT/FI2020/050419**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.12.2020** **WO20249871**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2020** **E 20740670 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2023** **EP 3983343**

54 Título: **Método para la eliminación de compuestos orgánicos disueltos de aguas residuales**

30 Prioridad:

14.06.2019 FI 20195516

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

20.12.2023

73 Titular/es:

KEMIRA OYJ (100.0%)

Energiakatu 4

Helsinki 00180, FI

72 Inventor/es:

HALTTUNEN, SAKARI;

PENTTINEN, MATIAS;

AHLGREN, JONNI;

HÄRKÖNEN, SUSANN y

SHESTAKOVA, MARINA

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 956 415 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

Método para la eliminación de compuestos orgánicos disueltos de aguas residuales

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para eliminar compuestos orgánicos disueltos de aguas residuales procedentes de fábricas de pulpa y/o papel.

Antecedentes de la invención

La producción de pulpa y papel es uno de los procesos industriales que más agua consume y genera grandes cantidades de aguas residuales altamente contaminadas por tonelada de papel o cartón producido. La demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales de pulpa y papel puede alcanzar incluso hasta 40.000 mg/l. Convencionalmente, las instalaciones de tratamiento de agua de dichos efluentes incluyen clarificadores primarios, que eliminan todos los sólidos suspendidos y otra materia particulada; tratamiento biológico, que elimina la mayor parte de la materia orgánica disuelta; clarificadores secundarios para la separación de lodo activado; y tratamiento terciario, ya sea en forma de proceso de coagulación-floculación con unidad de separación sólido-líquido, o zonación, adsorción y otros para la eliminación de compuestos orgánicos solubles biológicamente recalcitrantes, tales como la lignina. Convencionalmente, la coagulación con sales o compuestos metálicos inorgánicos a base de Al y Fe se usa en el tratamiento terciario de aguas residuales para la eliminación de la DQO residual. A causa de los altos volúmenes de aguas residuales producidas en la industria de la pulpa y el papel, el tratamiento con sales metálicas inorgánicas genera grandes cantidades de lodo inorgánico durante el tratamiento de aguas residuales. El vertedero es el método común para la eliminación de lodo. Sin embargo, los vertederos actuales alcanzan su capacidad rápidamente y, a causa de una legislación medioambiental más estricta, es difícil construir otros nuevos. Por lo tanto, existe la necesidad de encontrar nuevas formas de reducir el volumen del lodo para su eliminación. Muchas fábricas eligen la incineración de lodo como una solución al problema. Sin embargo, conlleva, a su vez, la formación de grandes cantidades de ceniza, que deben desecharse posteriormente.

Además, el uso de sales metálicas inorgánicas a base de Al y Fe en la coagulación contamina el agua con iones conjugados, tales como sulfato y cloruros, que pueden provocar incrustación y corrosión en los sistemas de distribución, especialmente en los de circuito cerrado, donde el efecto de acumulación de esos iones tiene lugar.

Existe una necesidad constante de encontrar una solución novedosa para la eliminación de compuestos orgánicos solubles biológicamente recalcitrantes de las aguas residuales de las fábricas de pulpa y papel en las instalaciones de tratamiento terciario, soluciones que cumplan con los permisos ambientales y los niveles de seguridad y reduzcan el contenido de ceniza al incinerar el lodo.

Algunos documentos relevantes son GB 2 371 296 A, EP 1 108 679 A2, EP 1 721 869 A1 y US 3 462 275 A.

Compendio de la invención

Es un objeto de la presente invención reducir o incluso eliminar los problemas antes mencionados que aparecen en la técnica anterior.

Es especialmente un objeto de la presente invención proporcionar composiciones novedosas para su uso en el tratamiento de aguas residuales para la eliminación de la DQO que reducirían la carga de coagulante metálico inorgánico en la formación de lodo en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales de las fábricas de pulpa y papel, y reducirían aún más la generación de ceniza durante la combustión de lodo generado durante el tratamiento de aguas residuales. La reducción de la producción de ceniza en la incineración de lodo es uno de los objetos.

A fin de lograr, entre otros, los objetos presentados anteriormente, la invención se caracteriza por lo que se presenta en las partes caracterizantes de la reivindicación independiente 1 adjunta.

Algunas realizaciones preferidas de la invención se describirán en las reivindicaciones dependientes 2 a 11.

El sistema de tratamiento típico para el tratamiento de aguas residuales procedentes de fábricas de pulpa y/o papel comprende

- un polímero catiónico soluble en agua,
- coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe, y
- material orgánico a base de madera que tiene un tamaño de partícula promedio < 10 mm,

en el que el sistema de tratamiento comprende un coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe y una combinación de material orgánico a base de madera y el polímero catiónico en una relación en peso de 4:1 - 1:10. El sistema de tratamiento se usa típicamente en el tratamiento de aguas residuales, procedentes de fábricas de pulpa y/o papel, para una eliminación eficaz de la DQO.

El método según la invención para eliminar compuestos orgánicos disueltos de aguas residuales procedentes de fábricas de pulpa y/o papel comprende

- obtener aguas residuales de fábricas de pulpa y/o papel que comprendan compuestos orgánicos disueltos,
- añadir un coagulante a las aguas residuales para precipitar los compuestos orgánicos disueltos,

5 - eliminar las sustancias orgánicas precipitadas a partir de aguas residuales y formar lodo orgánico,

en el que el coagulante comprende el sistema de tratamiento, que comprende

- un polímero catiónico soluble en agua,
- coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe, y
- material orgánico a base de madera que tiene un tamaño de partícula promedio < 10 mm,

10 en el que el sistema de tratamiento comprende un coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe y una combinación de material orgánico a base de madera y el polímero catiónico en una relación en peso de 4:1 - 1:10.

Se ha descubierto que el material orgánico a base de madera en forma de polvo, láminas, virutas y/u otras partículas en combinación con un polímero catiónico es eficaz en el proceso de coagulación y floculación para la eliminación de la DQO en el tratamiento de aguas residuales. Por lo tanto, los coagulantes metálicos inorgánicos a base de Al y/o Fe usados convencionalmente en el tratamiento terciario de aguas residuales pueden sustituirse en parte con el sistema de tratamiento que comprende material orgánico a base de madera y polímero catiónico con el fin de proporcionar una eficacia de tratamiento por lo menos similar a los coagulantes metálicos inorgánicos convencionales solos. Según la presente invención, la dosis de coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe se puede reducir cuando se usa en combinación con material a base de madera y polímero catiónico, por ejemplo, la dosis de coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe se puede reducir alrededor del 50 % manteniendo la eficacia de eliminación de la DQO. Al usar polímero catiónico y material a base de madera, se mejora la eficacia de la coagulación con un coagulante metálico inorgánico activo y, por lo tanto, se puede lograr un grado similar de eliminación de la DQO con una dosis total mucho más baja de coagulantes metálicos inorgánicos o se puede mejorar la eliminación de la DQO por lo menos el 20 % en comparación con la adición del coagulante metálico inorgánico solo.

25 El sistema de tratamiento está diseñado para ser usado con un sistema de separación sólido-líquido para eliminar compuestos orgánicos solubles biológicamente recalcitrantes, tal como la lignina, de las aguas residuales, es decir, la denominada "DQO dura". El sistema de tratamiento es especialmente adecuado para su uso en el tratamiento terciario de aguas residuales en fábricas de celulosa y/o papel, pero el sistema de tratamiento también puede dosificarse antes de los clarificadores primarios y/o secundarios. El tratamiento terciario puede ser un proceso convencional de coagulación-floculación con unidad de separación sólido-líquido. Convencionalmente, la coagulación con sales o compuestos metálicos inorgánicos a base de Al y/o Fe se usa en el tratamiento terciario de aguas residuales para la eliminación de la DQO residual. Según la presente invención, el uso de polímero catiónico y material a base de madera en combinación con coagulantes metálicos inorgánicos a base de Al y/o Fe para la precipitación de sustancias orgánicas, tales como la lignina, reduce notablemente la cantidad de adición de coagulantes metálicos inorgánicos a base de Al y/o Fe para lograr la eliminación de la DQO deseada. A causa de los altos volúmenes de aguas residuales producidas en la industria de la pulpa y el papel, la cantidad reducida de coagulantes metálicos inorgánicos a base de Al y/o Fe también reduce las cantidades de sales o compuestos inorgánicos en el lodo resultante. Así pues, la presente invención permite la eliminación de compuestos orgánicos solubles biológicamente recalcitrantes con una producción minimizada de lodo inorgánico en el tratamiento de aguas residuales de las aguas residuales de fábricas de pulpa y/o papel.

40 La combinación de polímero catiónico y material a base de madera tiene efectos sinérgicos ya que el material a base de madera funciona como coagulante y el polímero catiónico ayuda a la coagulación mediante la atracción de sólidos en suspensión y la formación de flóculos más grandes para una precipitación más rápida. Los flóculos más grandes pueden eliminarse más fácil y eficazmente de las aguas residuales.

Además, se ha observado que el ajuste del pH de las aguas residuales antes del tratamiento terciario puede mejorar aún más la eliminación de la DQO. Cuando se ajusta el pH en el intervalo de 3 a 6, preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 4 a 5, se puede obtener la misma reducción de la DQO con dosis de coagulante metálico inorgánico, incluso dos veces menos que sin ajuste de pH.

Los materiales orgánicos a base de madera usados en la presente invención están altamente disponibles en las fábricas de pulpa y papel, lo que los convierte en productos rentables para usar en el tratamiento de aguas residuales en las fábricas de pulpa y papel. El material orgánico a base de madera puede comprender harina de madera, serrín, polvo de madera, astillas o virutas de madera, corteza de madera, otras partículas de madera o similares. Es económica y logísticamente favorable usar dichos materiales orgánicos a base de madera en el proceso de tratamiento de aguas residuales in situ como sustitución por lo menos parcial de los coagulantes metálicos inorgánicos a base de Al y/o Fe. Típicamente, no necesitan ningún tratamiento o manipulación por separado antes de su uso, sino que pueden usarse en la forma en que están disponibles en la fábrica de pulpa y papel. Además, los productos comerciales

de material a base de madera que comprenden partículas con un tamaño de partícula promedio < 10 mm también se pueden usar como coagulante orgánico a base de madera en el método según la presente invención.

El sistema de tratamiento no afecta notablemente el pH de las aguas residuales como el uso solo de coagulantes metálicos inorgánicos.

5 Descripción de los dibujos

La invención se describirá más detalladamente en referencia a los dibujos adjuntos en los que

La figura 1 muestra la eficacia de eliminación de la DQO cuando se usa solo el coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 sin (punto de 784 ppm) y con ajuste de pH (puntos de 202 - 358 ppm; pH = 4),

10 La figura 2 muestra la eficacia de eliminación de la DQO soluble (filtrada) cuando se usa solo el coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 sin (punto de 784 ppm) y con ajuste de pH (puntos de 202 - 358 ppm; pH = 4),

La figura 3 muestra la eficacia de eliminación de UVabs254_{nm} cuando se usa solo el coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 sin (punto de 784 ppm) y con ajuste de pH (puntos de 202 - 358 ppm; pH = 4),

15 Las figuras 4 y 5 muestran la eficacia de eliminación de la DQO y DQO soluble de las aguas residuales procedentes de la fabricación de pulpa kraft de madera blanda blanqueada, mediante el uso de una combinación de coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 y adsorbente de superficie Vemissa E150 mejorado con poliamina catiónica FennoFloc C50 con ajuste de pH (pH = 4) ,

20 Las figuras 6 - 8 muestran la eficacia de eliminación de la DQO, DQO soluble y UVabs254_{nm} de aguas residuales procedentes de la fabricación de pulpa kraft de madera blanda blanqueada, mediante el uso de una combinación de coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 y adsorbente de superficie de corteza de pino mejorado con poliamina catiónica FennoFloc C50 con ajuste de pH (pH = 4), y

Las figuras 9 - 11 muestran la eficacia de eliminación de la DQO, DQO soluble y UVabs254_{nm} de aguas residuales procedentes de la fabricación de pulpa kraft de madera blanda blanqueada, mediante el uso de una combinación de coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 y adsorbente de superficie de serrín mejorado con poliamina catiónica FennoFloc C50 con ajuste de pH (pH = 4).

25 Descripción detallada de la invención

Según la presente invención, el sistema de tratamiento o una composición de tratamiento usada en el proceso actual comprende por lo menos material orgánico a base de madera que tiene un tamaño de partícula promedio < 10 mm y un polímero catiónico soluble en agua. Además, según la presente invención, el sistema de tratamiento usado en el proceso actual comprende coagulantes metálicos inorgánicos a base de Al y/o Fe en combinación con material orgánico a base de madera y polímero catiónico, en el que el material orgánico a base de madera tiene un tamaño de partícula promedio < 10 mm y un polímero catiónico soluble en agua se usa para sustituir los coagulantes metálicos inorgánicos a base de Al y/o Fe parcialmente convencionales en el tratamiento de aguas residuales.

35 En la presente invención, el material a base de madera actúa como una superficie de adsorción y el polímero catiónico en combinación con el coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe proporciona la carga requerida al sistema de tratamiento para la floculación. Así pues, el sistema de tratamiento proporciona una precipitación eficaz de los compuestos orgánicos disueltos.

40 Según la presente invención, el material orgánico a base de madera puede ser cualquier material a base de madera que tenga un tamaño de partícula promedio < 10 mm. El tamaño de partícula promedio se refiere al valor promedio de la distribución del tamaño de partícula del material a base de madera. El material orgánico a base de madera puede estar en forma de polvo, virutas, astillas, ramas y/u otras partículas. En una realización de la presente invención, las partículas del material orgánico a base de madera pueden ser, por ejemplo, molidas o refinadas. Según una realización de la presente invención, el material a base de madera comprende serrín, corteza de madera, partículas de madera trituradas mecánicamente, harina de madera, polvo de madera o cualquier combinación de ellos. El material a base de madera puede comprender partículas gruesas y/o finas. Según la presente invención, el tamaño de partícula promedio del material a base de madera es < 10 mm, preferiblemente < 5 mm para permitir la eficacia de coagulación y floculación para precipitar compuestos orgánicos disueltos de aguas residuales. Según una realización de la presente invención, el tamaño promedio de partícula del material orgánico a base de madera está en el intervalo de 0,010 a 10 mm, y preferiblemente en el intervalo de 0,050 a 5 mm. El tamaño de partícula más pequeño del material a base de madera aumenta la superficie específica del material a base de madera y, por lo tanto, el rendimiento mejorado se puede observar incluso en cantidades de dosificación más bajas.

Según una realización de la presente invención, el material a base de madera puede comprender serrín o polvo de madera. El serrín o polvo de madera es un material común de la corriente lateral de los productos de madera. El serrín o polvo de madera es un subproducto o producto de desecho típico de las operaciones de carpintería, tal como el aserrado. Se compone principalmente de finas partículas de madera. El polvo de madera es una forma de materia

particulada o partículas. El material a base de madera también puede ser cualquier otro material de madera no refinado en forma de partículas.

Según una realización de la presente invención, el material a base de madera puede comprender corteza de madera. La corteza de madera también es un material común de la corriente lateral de las fábricas de pulpa y papel. La corteza de madera que comprende virutas o astillas de corteza y/o corteza se puede usar en el sistema de tratamiento según la presente invención. El tamaño de partícula del material a base de corteza puede variar. Se puede usar en la presente invención sin ningún procesamiento adicional y/o se puede tratar, por ejemplo, triturar, hasta la materia particulada más pequeña antes de su uso en el tratamiento de aguas residuales.

Según una realización de la presente invención, el material a base de madera en forma de partículas finas puede ser polvo de madera, harina de madera o similar. La harina de madera puede ser un adsorbente lignocelulósico, que comprende polvo micronizado de madera blanda y/o madera dura, también denominado harina de madera. Según una realización de la presente invención, la harina de madera/polvo de madera puede comprender partículas de madera con el 95 % de tamaño de grano < 150 pm y el 80 % de tamaño de grano > 10 pm. Según una realización de la presente invención, el material a base de madera puede ser una mezcla de polvo de madera/harina de madera finamente dividida y las partículas gruesas, como madera y/o astillas de corteza u otra materia particulada y/o serrín.

Según la presente invención, el material a base de madera puede proceder de cualquier especie de madera. Puede ser material a base de madera blanda y/o madera dura.

Según una realización de la presente invención, el sistema de tratamiento comprende material orgánico a base de madera y el polímero catiónico en una relación en peso de 0,5:1 - 5:1, preferiblemente 1:1 - 3:1 y más preferiblemente 1:1 - 2:1, calculado usando la cantidad activa del polímero catiónico. Los beneficios en la floculación para la eliminación de la DQO pueden alcanzarse incluso en pequeñas cantidades del material a base de madera, pero el efecto mejora aumentando la cantidad de material a base de madera en relación con el polímero catiónico. La relación adecuada depende del material a base de madera y su área de superficie absorbente y la densidad de carga del polímero catiónico.

Según la presente invención, el sistema de tratamiento comprende por lo menos un polímero catiónico soluble en agua para aumentar el tamaño del floculo a formar y para mejorar la separación de las sustancias orgánicas precipitadas a partir de aguas residuales. Para lograr una floculación mejorada, el polímero catiónico tiene una carga catiónica neta. Según la presente invención, el polímero catiónico comprende un polímero catiónico sintético y/o un polímero catiónico de base biológica. La solubilidad en agua del polímero catiónico significa que el polímero catiónico es sustancialmente soluble en agua en un medio acuoso. El medio acuoso puede comprender, por ejemplo, ácido para lograr la disolución.

Según una realización de la presente invención, el polímero catiónico comprende poliamina, polivinilamina, polietilenimina, polidiciandiamida (poliDCD), cloruro de polidialildimetilamonio (poliDADMAC), poli(cloruro de acrililoxiethyltrimetilamonio) (poliADAM-CI), poli(cloruro de metacrililoxiethyltrimetilamonio) (poliMADAM-CI), poli(cloruro de acrilamido-N-propiltrimetilamonio) (poliAPTAC), poli(cloruro de metacrilamidopropiltrimetilamonio) (poliMAPTAC) y/o un copolímero de (met)acrilamida y monómeros catiónicos seleccionados entre cloruro de dialildimetilamonio (DADMAC), cloruro de acrililoxiethyltrimetilamonio (ADAM-CI), cloruro de metacrililoxiethyltrimetilamonio (MADAM-CI), cloruro de acrilamida-N-propiltrimetilamonio (APTAC) y/o cloruro de metacrilamidopropiltrimetilamonio (MAPTAC). Según una realización preferida de la presente invención, un polímero catiónico comprende poliamina y/o poliDADMAC, preferiblemente poliamina. Las poliaminas típicamente tienen una cationicidad más alta que el poliDADMAC y, por lo tanto, las poliaminas proporcionan la misma eficacia con una dosificación más pequeña que el poliDADMAC. Las poliaminas son compuestos orgánicos que tienen dos o más grupos amino primarios. El poliDADMAC es un homopolímero de cloruro de dialildimetilamonio (DADMAC).

Según una realización de la presente invención, un polímero catiónico puede comprender un polímero catiónico de base biológica que comprende un polisacárido catiónico, tal como almidón, celulosa, goma guar, dextrano o similares, y/o quitosán.

En una realización según la presente invención, el polímero catiónico comprende almidón catiónico que tiene un valor de grado de sustitución (DS) de por lo menos 0,3, preferiblemente de por lo menos 0,4 para proporcionar la cationicidad requerida para la floculación. En el contexto de la presente solicitud, el término "almidón catiónico" significa almidón que ha sido modificado por cationización.

Los almidones catiónicos, que tienen un grado de sustitución, DS, > 0,3 se consideran almidones catiónicos elevados en esta solicitud. El almidón altamente catiónico está preferiblemente solo ligeramente degradado o no degradado y modificado únicamente por cationización. Lo más preferiblemente, el almidón usado no está degradado ni reticulado. Existen varios agentes derivados que se pueden usar para dar una densidad de carga positiva al almidón. Un almidón catiónico puede tener amonio cuaternario, fosfonio cuaternario, sulfonio terciario u otro(s) sustituyente(s) correspondiente(s). Particularmente preferida es una carga catiónica, que se deriva para que contenga un ion de amonio cuaternario, por ejemplo, mediante eterificación de grupos hidroxilo con un agente eterificante adecuado que tiene un carácter catiónico, tal como la sal cuaternaria de cloruro de metilo de N-(2,3-epoxipropil)dimetilamina o N-(2,3-epoxipropil)dibutilamina o N-(2,3-epoxipropil)metilnilina. Los almidones catiónicos adecuados son los de origen

natural, por ejemplo, almidón de patata, arroz, maíz, maíz ceroso, trigo, cebada, boniato o tapioca, prefiriéndose el almidón de patata.

La cationicidad del almidón catiónico se puede definir usando el grado de sustitución (DS). El grado de sustitución define cuántos grupos sustituidos contiene el almidón catiónico, calculado por unidad de anhidroglucosa de almidón. El grado de sustitución del almidón catiónico, que está cationizado con cloruro de 2,3-epoxipropiltrimetilamonio, típicamente se calcula usando el contenido de nitrógeno del almidón catiónico seco puro, que no contiene otras fuentes de nitrógeno que los grupos de amonio cuaternario. El contenido de nitrógeno se determina típicamente usando el método Kjeldahl comúnmente conocido. El grado de sustitución del almidón catiónico, que se cationiza con cloruro de 2,3-epoxipropiltrimetilamonio, puede calcularse usando la siguiente ecuación:

$$DS = (162 \times N\%) / (1400 - (N\% \times 151,6)),$$

donde 162 es el peso molecular de una unidad de anhidroglucosa (AHG), N-% es el valor de nitrógeno en %, 1.400 es el peso molecular del nitrógeno multiplicado por 100 y 151,5 es el peso molecular del cloruro de 2,3-epoxipropiltrimetilamonio.

Según la presente invención, el material orgánico a base de madera y el polímero catiónico se usan en combinación con el coagulante o coagulantes metálicos inorgánicos a base de Al y/o Fe. La presente invención permite disminuir la cantidad de coagulantes metálicos inorgánicos a base de Al y/o Fe usados por kg de compuestos orgánicos en aguas residuales. Según una realización de la presente invención, el sistema de tratamiento comprende un coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe y una combinación de material orgánico a base de madera y el polímero catiónico en una relación en peso de 4:1 - 1:10, preferiblemente 4:1 - 1:4 y más preferiblemente 1:1 - 1:4, calculado usando el contenido de metal activo y la cantidad activa del polímero catiónico. Se logra una eficacia de eliminación de la DQO mejorada, por ejemplo, eliminación de la DQO de incluso más del 80 % con la dosis de coagulante inorgánico reducida en comparación con el uso solo de coagulantes metálicos inorgánicos.

Según una realización de la presente invención, el coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe comprende sulfato de aluminio, cloruro de polialuminio, sulfato ferroso, cloruro férrico o cualquier combinación de ellos. Según una realización de la presente invención, el sistema de tratamiento también puede comprender otros compuestos multivalentes además del coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe para mejorar el efecto de los coagulantes. Según una realización de la presente invención, el compuesto multivalente puede ser un compuesto a base de circonio, calcio y/o magnesio.

En una realización según la presente invención, la adición de coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe se puede realizar simultáneamente con la adición del material orgánico a base de madera y el polímero catiónico, o se pueden añadir secuencialmente a las aguas residuales.

Según la presente invención, el sistema de tratamiento se usa preferentemente para eliminar sustancias orgánicas solubles biológicamente recalcitrantes, tal como la lignina de las aguas residuales, cuya eliminación se puede observar como una DQO reducida. Según la presente invención, el sistema de tratamiento se usa en el tratamiento de aguas residuales procedentes de fábricas de pulpa y/o papel. El método según la invención se puede usar para eliminar la lignina disuelta, por ejemplo, de efluentes de un blanqueo de pulpa química. Por lo tanto, según una realización preferida de la presente invención, los compuestos orgánicos disueltos que se van a precipitar a partir de aguas residuales se entienden como sustancias orgánicas, tal como la lignina que se origina en los procesos de fabricación de pulpa y/o papel, por ejemplo, del proceso de químico de fabricación de pulpa de material de fibra de celulosa. Los compuestos orgánicos se refieren, por ejemplo, a la lignina, sustancias o compuestos similares a la lignina y sus productos de desintegración, así como a otros compuestos orgánicos existentes en las aguas residuales de los procesos de pulpa y papel. En el presente contexto, el término "sustancias orgánicas solubles recalcitrantes" se entiende como sustancias o compuestos orgánicos que resisten la degradación microbiana, son difíciles de oxidar bioquímicamente y/o no son fácilmente biodegradables. Ejemplos de dichos compuestos son las sustancias húmicas, tales como la lignina a base de madera y sus productos de degradación, los compuestos aromáticos grandes y los compuestos fenólicos, tales como los polifenoles.

El método según la presente invención para eliminar compuestos orgánicos disueltos de aguas residuales, especialmente de aguas residuales que se originan en fábricas de pulpa y/o papel, comprende

- obtener aguas residuales que contengan compuestos orgánicos disueltos,

- añadir el sistema de tratamiento como coagulante a las aguas residuales para precipitar los compuestos orgánicos disueltos, y

- eliminar las sustancias orgánicas precipitadas a partir de las aguas residuales y formar lodo orgánico.

Según la presente invención, el sistema de tratamiento se puede añadir a las aguas residuales en cualquier punto adecuado para eliminar los compuestos orgánicos disueltos. La separación de los compuestos orgánicos disueltos orgánicos precipitados puede realizarse usando cualquier sistema de separación sólido-líquido adecuado. Los

compuestos precipitados se pueden separar de las aguas residuales en clarificadores primarios, clarificadores secundarios y/o en tratamientos terciarios después del tratamiento biológico.

Según la presente invención, el sistema de tratamiento se añade a las aguas residuales después del tratamiento biológico de las aguas residuales, en el que las sustancias orgánicas solubles especialmente recalitrantes pueden precipitarse a partir de aguas residuales.

En la presente invención, el sistema de tratamiento se añade a las aguas residuales después del tratamiento biológico de las aguas residuales y antes del tratamiento terciario, en el que las sustancias orgánicas precipitadas pueden eliminarse de las aguas residuales en la unidad de separación sólido-líquido del tratamiento terciario. Esta aplicación es especialmente valiosa en el tratamiento de aguas residuales procedentes de fábricas de pulpa y/o papel. En una realización según la presente invención, por lo menos parte del sistema de tratamiento también se puede añadir al tratamiento terciario. Según una realización de la presente invención, el tratamiento terciario comprende la etapa de flotación por aire disuelto (DAF), en la que el sistema de tratamiento de la presente invención se añade preferiblemente a las aguas residuales antes de transportar las aguas residuales al depósito de flotación DAF. En una realización de la presente invención, el sistema de tratamiento se puede dosificar al agua de alimentación del depósito de flotación DAF para coagular las partículas coloidales y/o para conglomerar las partículas en conglomerados más grandes.

Los sólidos precipitados también se pueden eliminar de las aguas residuales mediante el uso de un filtro de disco, un depósito de decantación o una filtración por membrana, en el que el sistema de tratamiento se añade antes de la etapa de separación. El desecho, es decir, un lodo orgánico, que comprende las sustancias orgánicas precipitadas, puede transportarse al incinerador. El lodo producido por el método según la invención es altamente orgánico y, por lo tanto, la eliminación final se puede realizar con incineradores existentes.

Según una realización de la presente invención, el pH de las aguas residuales se ajusta para ser < 7 , preferiblemente en el intervalo de 3 a 6, y más preferiblemente en el intervalo de aproximadamente 4 a 5 dependiendo del coagulante metálico inorgánico que se use. En una realización preferida según la presente invención, el pH se ajusta antes de la adición del sistema de tratamiento según la presente invención. El ajuste del pH se puede realizar usando productos químicos de ajuste de pH convencionales, tales como H_2SO_4 . Se ha observado que la eliminación de la DQO con el sistema de tratamiento según la presente invención se puede mejorar aún más con ajuste de pH. El ajuste del pH se usa especialmente cuando el sistema de tratamiento se dosifica a las aguas residuales después del tratamiento biológico, en el que no afecta negativamente a la operación del tratamiento biológico.

La cantidad adecuada de los componentes del sistema de tratamiento a añadir depende del agua residual a tratar.

Experimental

Puede obtenerse una mejor comprensión de la presente invención a través de los siguientes ejemplos.

Método de floculación y análisis de la DQO

Los experimentos de floculación y coagulación en el siguiente ejemplo de referencia y ejemplos de aplicación 1-5 se llevan a cabo usando un minifloculador "Floculador 2000". Se recogen unos 30 L de agua con el fin de poder realizar todas las pruebas usando la misma muestra de agua. El agua se almacena en una cámara frigorífica antes de comenzar las pruebas. Se homogeneiza todo el lote de muestra y se toman muestras de 1 L para las pruebas de coagulación.

La muestra se mezcla (mezcla rápida 400 rpm 30 segundos) y H_2SO_4 0,1 M como producto químico de ajuste del pH y se añaden a la muestra productos químicos de tratamiento especificados en los siguientes ejemplos. Después del tratamiento, se continúa la mezcla de adiciones de productos químicos (mezcla lenta 40 rpm 10-20 min) para la formación y acumulación de flóculos. El pH se mide en esta etapa. Después de mezclar, la muestra se deja reposar entre 10 y 30 min para que se asiente.

Después de la sedimentación, se toman muestras del sobrenadante con una pipeta a unos 3 cm por debajo del nivel del líquido. Se determina el efecto de los productos químicos de tratamiento sobre la eliminación de la DQO y la reducción de la absorbancia UV. La demanda química de oxígeno (DQO) se usa como una medida indicativa de la cantidad de oxígeno que puede consumirse por reacciones en una solución medida. Se expresa comúnmente en masa de oxígeno consumido sobre el volumen de solución que en unidades SI son miligramos por litro (mg/L). Se puede usar una prueba de la DQO para cuantificar fácilmente la cantidad de materia orgánica en el agua o las aguas residuales. La aplicación más común de la DQO es cuantificar la cantidad de contaminantes oxidables que se encuentran en las aguas residuales. Las muestras de la DQO se analizan usando los tubos del kit Hach Lange y el fotómetro DR390. Las mediciones de absorbancia UV a 254 nm se realizan usando un espectrofotómetro Unicam SN024. Las muestras filtradas se toman filtrando el sobrenadante decantado. La filtración de las muestras antes del análisis de la DQO se lleva a cabo con un filtro de membrana de acetato de celulosa (CA) prelavado de 0,45 μm .

Ejemplos

Las aguas residuales usadas en el siguiente ejemplo de referencia y en los ejemplos de aplicación 1 a 5 se originan en la fabricación de pulpa kraft de madera blanda blanqueada y la muestra se ha tomado después del tratamiento

biológico de las aguas residuales. Los compuestos orgánicos disueltos se precipitan como se describe más detalladamente en los siguientes ejemplos.

Ejemplo de referencia: Eficacia de eliminación de la DQO de las aguas residuales cuando se usa solo el coagulante de sulfato ferroso Ferix-3

- 5 La eficacia de eliminación de la DQO de las aguas residuales cuando se usa solo el coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 (Kemira Oyj) se muestra en la figura 1. La eficacia de eliminación de la DQO de la figura 1 se somete a prueba usando solo coagulante Ferix-3 (dosis de 784 ppm de dicho producto) sin ajuste de pH y con ajuste de pH (dosis de 202, 224, 269, 314 y 358 ppm de dicho producto; pH = 4). Como se observa en la figura 1, el 90 % de la eliminación de la DQO se puede lograr sin ajuste de pH a la dosis de coagulante de 784 ppm. Al ajustar el pH de las aguas residuales hasta el valor de 4, se puede obtener la misma reducción de la DQO con dosis de Ferix-3 de 314 y 358 ppm, es decir, la dosis de coagulante reducida más del doble. Esto significa que la cantidad de ceniza incinerada producida después de la combustión de lodo de aguas residuales es dos veces menor cuando se usa el ajuste del pH en el tratamiento de aguas residuales en comparación con la cantidad de lodo generado en el tratamiento de aguas sin ajuste de pH. Por lo tanto, a fin de obtener la reducción del contenido de ceniza, se realizaron experimentos a un pH fijo igual a 4.

- Se observa una tendencia similar en los valores de reducción de la DQO soluble (filtrada) y UVabs254nm como se muestra en las figuras 2 y 3. La dosis de coagulante de 224 ppm y el ajuste del pH hasta 4 permiten una reducción del 60 % de la DQO total y aproximadamente el 80 % de eliminación de la DQO soluble y la UV abs. El pH 4 y la dosis de Ferix-3 de 358 ppm permitieron lograr aproximadamente el 90 % de eliminación de la DQO filtrada y UVabs frente al 91 % y 94 % de eliminación de la DQO filtrada y UVabs, respectivamente, al usar 758 ppm de Ferix-3 sin ajuste de pH. Como se observa en las figuras 1-3, la coagulación solo con el coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 con ajuste de pH hasta 4, no funciona con dosis de hierro inferiores a 200 ppm.

Ejemplo de aplicación 1: adsorbente molido lignocelulósico y floculante de polímero catiónico

- 25 La precipitación de los compuestos orgánicos disueltos se llevó a cabo usando una mezcla de adsorbente lignocelulósico y floculante catiónico de poliamina FennoFloc C50 solo o en combinación con el coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 (Kemira Oyj), a pH = 4.

El adsorbente molido lignocelulósico comprende polvo micronizado a base de madera (harina de madera) con el 95 % de tamaño de grano < 150 µm y el 80 % de tamaño de grano > 10 µm (código de producto Vemissa E150, fabricante SPPS, Francia). Las cantidades de dosificación presentadas en las figuras se dan como dosificación de dicho producto.

- 30 El FennoFloc C50 (Kemira Oyj) es una poliamina con un contenido típico de polímero activo del 50 % y una viscosidad Brookfield típica de 500-1000 mPas a 25 °C.

- La eficacia de eliminación de la DQO y DQO soluble (filtrada) de las aguas residuales usando la combinación de adsorbente lignocelulósico y floculante catiónico de poliamina se muestra en las figuras 4 y 5. El floculante catiónico de poliamina FennoFloc C50 (las figuras se denominan "C 50") se puede usar para ayudar a la coagulación a través de la atracción de sólidos en suspensión y la formación de flóculos más grandes para una precipitación más rápida. Los resultados de las pruebas mostraron que el adsorbente lignocelulósico "Vemissa" puede disminuir el uso de sales metálicas inorgánicas en el tratamiento de aguas residuales por precipitación. Una mezcla de adsorbente lignocelulósico "Vemissa" y floculante de poliamina FennoFloc C50 puede eliminar hasta el 30 % de la DQO de las aguas residuales, cuando se usa solo, lo que permite evitar la formación de lodo inorgánico. Cuando se combina con el coagulante de sulfato ferroso Ferix-3, la eficacia máxima de eliminación de la DQO puede alcanzar más del 80 %. Este ejemplo muestra que el adsorbente lignocelulósico mezclado con floculante de poliamina requiere cantidades mucho más pequeñas de sales de hierro y aluminio para la eliminación suficiente de la DQO en el proceso de coagulación. En la mayoría de los casos, la reducción del coagulante metálico de casi el 50 % se observó al realizar el proceso de tratamiento con una mezcla de adsorbente lignocelulósico y floculante de poliamina y manteniendo la eficacia de eliminación al mismo nivel.

- La figura 4 muestra la eficacia de eliminación de la DQO cuando se ayuda a la coagulación con adsorbente lignocelulósico mezclado con floculante catiónico de poliamina FennoFloc C50. Se puede obtener más del 60 % de la eliminación total de la DQO con una dosis de coagulante Ferix-3 de 224 ppm y un pH de 4. Al usar una dosis de 230 ppm de coagulante Ferix-3 junto con 45 ppm de adsorbente lignocelulósico orgánico mezclado con 45 ppm de floculante de poliamina FennoFloc C50, se obtuvo una reducción de la DQO total de más del 80 %. Como se observa en la figura 4, se observó una reducción de la DQO del 67 % al reducir la dosis de Ferix-3 de 224 ppm a 120 ppm y al usar 91 ppm de adsorbente lignocelulósico mezclado con 91 ppm de floculante FennoFloc C50. La reducción de la DQO filtrada (figura 5) mostró un comportamiento similar a la eliminación total de la DQO. Una mayor disminución de la dosis de coagulante metálico requiere un aumento de las dosis de adsorbente lignocelulósico y floculante de poliamina, para mantener la eficacia de eliminación de la DQO filtrada en un nivel suficiente. Por ejemplo, la reducción de la DQO soluble en un 70 % requiere una dosis de coagulante metálico de 120 ppm ayudada con 91 ppm de adsorbente lignocelulósico, que a su vez se mezcla con 91 ppm de floculante de poliamina FennoFloc C50. Vale la pena destacar que 91 ppm de adsorbente lignocelulósico en combinación con 91 ppm de floculante de poliamina

FennoFloc C50, usado solo sin coagulante metálico a pH 4, permite eliminar aproximadamente el 20 % de la DQO total y el 30 % de la DQO soluble de las aguas residuales.

Ejemplo de aplicación 2: corteza de madera y floculante de polímero catiónico

5 La precipitación de compuestos orgánicos disueltos se llevó a cabo usando una mezcla de material de corteza de pino (tamaño de partícula promedio < 10 mm) y floculante catiónico de poliamina FennoFloc C50 solo o en combinación con coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 (Kemira Oyj). Las cantidades de dosificación presentadas en las figuras se dan como dosificación de dicho producto.

El FennoFloc C50 (Kemira Oyj) es una poliamina con un contenido típico de polímero activo del 50 % y una viscosidad Brookfield típica de 500-1000 mPas a 25 °C.

10 Las figuras 6 a 8 muestran el rendimiento del material de corteza de pino modificado con floculante catiónico de poliamina FennoFloc C50 en la eliminación de la DQO, DQO soluble y valores de UVabs254nm, a pH = 4. Al usar el coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 en dosis de 230 ppm y añadir 91 ppm de adsorbente de corteza de pino mezclado con 91 ppm de floculante de poliamina, la eliminación de la DQO mejoró más del 20 % y fue igual al 85 %. Las dosis más pequeñas de coagulante Ferix-3 por debajo de 200 ppm combinadas con las mezclas de corteza de pino y
15 floculante de poliamina permitieron la eliminación de materia orgánica de las aguas residuales, lo que no se observó cuando se ha usado solo el coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 (véase ejemplo de referencia). Por ejemplo, cuando se dosificaron 120 ppm del coagulante Ferix-3 a las aguas residuales junto con la mezcla de corteza de pino y floculante de poliamina (91 ppm, relación 1:1), se logró la eliminación del 60 al 70 % de la DQO y UVabs254nm. El uso de una mezcla sola de floculante de poliamina y corteza de pino (91 ppm, relación 1:1) sin coagulante metálico
20 inorgánico elimina aproximadamente el 30 % de la DQO y el 40 % de los UVabs de las aguas residuales.

Ejemplo de aplicación 3: serrín y floculante de polímero catiónico

La precipitación de compuestos orgánicos disueltos se llevó a cabo usando una mezcla de serrín (tamaño de partícula promedio < 5 mm) y floculante catiónico de poliamina FennoFloc C50 solo o en combinación con coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 (Kemira Oyj). Las cantidades de dosificación presentadas en las figuras se dan como dosificación de
25 dicho producto.

El FennoFloc C50 (Kemira Oyj) es una poliamina con un contenido típico de polímero activo del 50 % y una viscosidad Brookfield típica de 500-1000 mPas a 25 °C.

30 Las figuras 9 a 11 muestran el rendimiento del material de serrín modificado con floculante de poliamina FennoFloc C50 en la eliminación de la DQO, DQO soluble y valores de UVabs254nm, a pH = 4. Al usar el coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 en dosis de 230 ppm y añadir 45 ppm de adsorbente de serrín mezclado con 45 ppm de floculante de poliamina, la eliminación de la DQO mejoró en un 20 % y fue igual al 80 %, pero no hubo mejora en la eliminación de la DQO soluble y UVabs. Sin embargo, las dosis más pequeñas de coagulante Ferix-3 por debajo de 200 ppm combinadas con las mezclas de serrín y floculante de poliamina permitieron la eliminación de compuestos orgánicos de las aguas residuales, lo que no se observó cuando el coagulante Ferix-3 se ha usado solo. Por ejemplo, cuando se
35 dosificaron 120 ppm del coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 en aguas residuales junto con una mezcla de serrín y poliamina (91 ppm, relación 1:1), se logró la eliminación del 60 al 70 % de la DQO y UVabs.

Ejemplo de aplicación 4: adsorbente lignocelulósico molido y floculante catiónico poliDADMAC

La precipitación de los compuestos orgánicos disueltos se llevó a cabo usando un adsorbente lignocelulósico y un floculante catiónico poliDADMAC FennoFloc C40 solo o en combinación con un coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 (Kemira Oyj).
40

El adsorbente molido lignocelulósico comprende polvo micronizado a base de madera (harina de madera) con el 95 % de tamaño de grano < 150 pm y el 80 % de tamaño de grano > 10 pm (código de producto Vemissa E150, fabricante SPPS, Francia). Las cantidades de dosificación presentadas en las figuras se dan como dosificación de dicho producto.

45 El FennoFloc C40 (Kemira Oyj) es un poli(cloruro de dialildimetilamonio) (poliDADMAC) con un contenido típico de polímero activo del 40 % y una viscosidad Brookfield típica de 1000-4000 mPas a 25 °C.

La Tabla 1 muestra el rendimiento del material de serrín modificado con FennoFloc C40 poliDADMAC en la eliminación de la DQO, DQO soluble y valores de UVabs254nm, a pH = 4 y 21 °C.

Tabla 1.

Ferix-3 ppm	C40 ppm	Vemissa ppm	Turbiedad NTU	UVabs (254 nm) 1/cm	DQO mg/l	DQO filt. (0,45 µm) mg/l
			2,5	4,6	387	379
171	91	91	1,1	1.0	77	70,5
85	91	91	9.2	2.0	220	165
0	91	91	15	2,9	359	290

Como se muestra en el ejemplo de referencia anterior, las dosis de Ferix-3 usadas en este experimento son ineficaces para la eliminación solo de la DQO. Una mezcla del adsorbente lignocelulósico y el floculante catiónico proporciona una eliminación eficaz de la DQO, incluso con pequeñas dosis de sulfato ferroso Ferix-3. El adsorbente lignocelulósico en combinación con el floculante catiónico usado solo sin la adición de Ferix-3 también reduce la DQO de las aguas residuales.

Ejemplo de aplicación 5: Aserrín y almidón catiónico

La precipitación de compuestos orgánicos disueltos se llevó a cabo usando una mezcla de serrín (tamaño de partícula promedio < 5 mm) y floculante catiónico de almidón en combinación con coagulante de sulfato ferroso Ferix-3 (Kemira Oyj). Un punto de prueba fue como en el ejemplo de aplicación 3 usando serrín y floculante catiónico de poliamina FennoFloc C50 en combinación con Ferix-3.

El almidón catiónico usado fue polvo seco de almidón altamente catiónico con una densidad de carga de 4,0 meq/g un pH de 7,5 y una viscosidad Brookfield de 471 mPas como una solución acuosa al 3 % a 25 °C.

La Tabla 2 muestra el rendimiento del material de serrín modificado con almidón catiónico en la eliminación de la DQO, DQO soluble y valores de UVabs254nm, a pH = 4 y 21 °C. Como se muestra en los resultados, la DQO se puede eliminar eficazmente. Se puede lograr una eliminación de la DQO de alrededor del 90 % con una combinación de serrín y almidón catiónico con la dosis reducida de Ferix-3 en comparación con el ejemplo de referencia.

Tabla 2.

Ferix-3 ppm	H ₂ SO ₄ ppm	Serrín ppm	Almidón catiónico ppm	C-50 ppm	Turbiedad NTU	UVabs (254 nm) 1/cm	DQO mg/l	DQO filtrada (0,45 µm) mg/l
					3,9	5,3	392	380
245	345				Sin eliminación			
245	348	40		40	7,1	0,72	54	49
245	342	30	30		81	0,77	189	45
273	336	30	30		8.1	0,61	46	35
273	336	20	20		24	0,66	67	38

Conclusión de los ejemplos de aplicación

Los resultados de los ejemplos de aplicación mostraron que el material orgánico a base de madera puede disminuir la cantidad de sal metálica inorgánica usada en el tratamiento de aguas residuales. Cuando se usa una mezcla de material orgánico a base de madera y polímero catiónico con coagulante de sulfato ferroso Ferix-3, la eficacia máxima de eliminación de la DQO puede alcanzar más del 80 %.

REIVINDICACIONES

1. Un método para eliminar compuestos orgánicos disueltos de aguas residuales procedentes de fábricas de pulpa y/o papel, caracterizado por
 - obtener aguas residuales de fábricas de pulpa y/o papel que comprendan compuestos orgánicos disueltos,
- 5
 - añadir un coagulante a las aguas residuales para precipitar los compuestos orgánicos disueltos después de la etapa de tratamiento biológico de las aguas residuales y antes del tratamiento terciario,
 - eliminar las sustancias orgánicas precipitadas a partir de aguas residuales y formar lodo orgánico,en el que el coagulante comprende el sistema de tratamiento que comprende
 - un polímero catiónico soluble en agua, que comprende polímero catiónico sintético y/o polímero catiónico de base biológica,
- 10
 - materia orgánica a base de madera en forma de polvo, virutas, astillas, ramas y/u otras partículas con un tamaño de partícula promedio < 10 mm, y
 - coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe,en el que el sistema de tratamiento comprende el coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe y una combinación de material orgánico a base de madera y el polímero catiónico en una relación en peso de 4:1 - 1:10.
- 15
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el material orgánico a base de madera comprende serrín, corteza de madera, partículas de madera trituradas mecánicamente, harina de madera, polvo de madera o cualquier combinación de ellos.
3. Método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el tamaño de partícula promedio del material orgánico a base de madera es < 5 mm.
- 20
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el tamaño promedio de partícula del material orgánico a base de madera está en el intervalo de 0,010 a 10 mm, y preferiblemente en el intervalo de 0,050 a 5 mm.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema de tratamiento comprende el material orgánico a base de madera y el polímero catiónico en una relación en peso de 0,5:1 - 5:1, preferiblemente 1:1 - 3:1, y más preferiblemente 1:1 - 2:1, calculado usando la cantidad activa del polímero catiónico.
- 25
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el sistema de tratamiento comprende un coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe y una combinación de material orgánico a base de madera y el polímero catiónico en una relación en peso de 4:1 - 1:4 y más preferiblemente 1:1 - 1:4, calculado usando el contenido de metal activo y la cantidad activa del polímero catiónico.
- 30
7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el polímero catiónico comprende poliamina, polivinilamina, polietilenimina, polidiciandiamida (poliDCD), cloruro de polidialildimetilamonio (poliDADMAC), poli(cloruro de acrililoiloxietiltrimetilamonio) (poliADAM-Cl), poli(cloruro de metacrililoiloxietiltrimetilamonio) (poliMADAM-Cl), poli(cloruro de acrilamido-N-propiltrimetilamonio) (poliAPTAC), poli(cloruro de metacrilamidopropiltrimetilamonio) (poliMAPTAC) y/o un copolímero de (met)acrilamida y monómeros catiónicos seleccionados entre cloruro de dialildimetilamonio (DADMAC), cloruro de acrililoiloxietiltrimetilamonio (ADAM-Cl), cloruro de metacrililoiloxietiltrimetilamonio (MADAM-Cl), cloruro de acrilamida-N-propiltrimetilamonio (APTAC) y/o cloruro de metacrilamidopropiltrimetilamonio (MAPTAC).
- 35
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el polímero catiónico comprende poliamina y/o cloruro de polidialildimetilamonio (poliDADMAC).
- 40
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el polímero catiónico comprende almidón catiónico que tiene un valor de grado de sustitución (GS) de por lo menos 0,3, preferiblemente de por lo menos 0,4.
10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el coagulante metálico inorgánico a base de Al y/o Fe comprende sulfato de aluminio, cloruro de polialuminio, sulfato ferroso, cloruro férrico o cualquier combinación de ellos.
- 45
11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el pH de las aguas residuales se ajusta < 7, preferiblemente en el intervalo de 3 a 6 antes de la adición del coagulante.

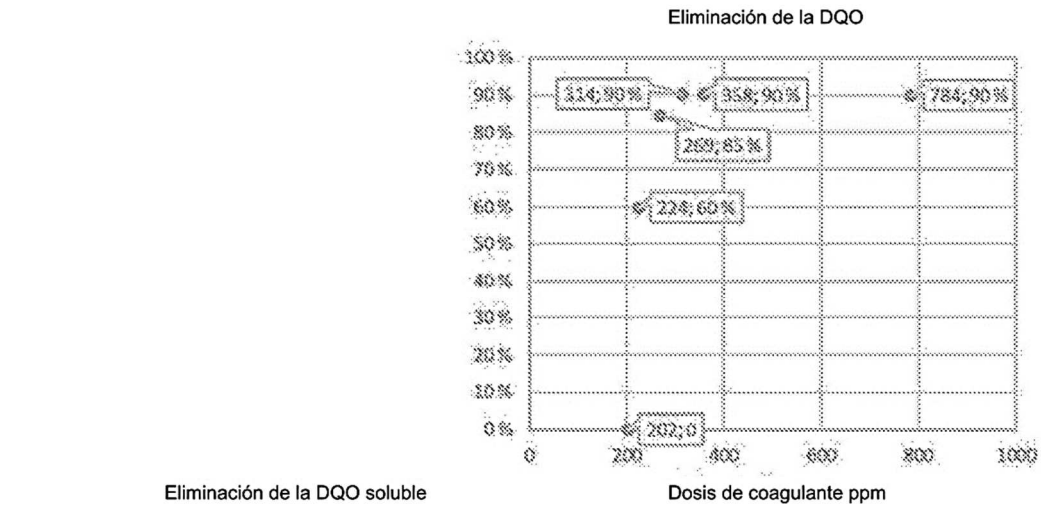


Fig. 1

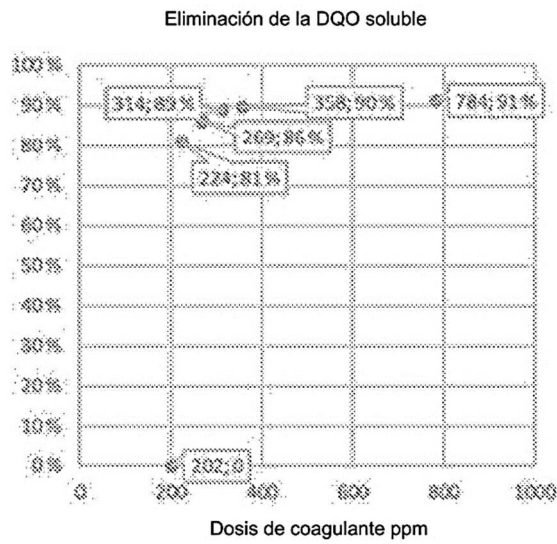


Fig. 2

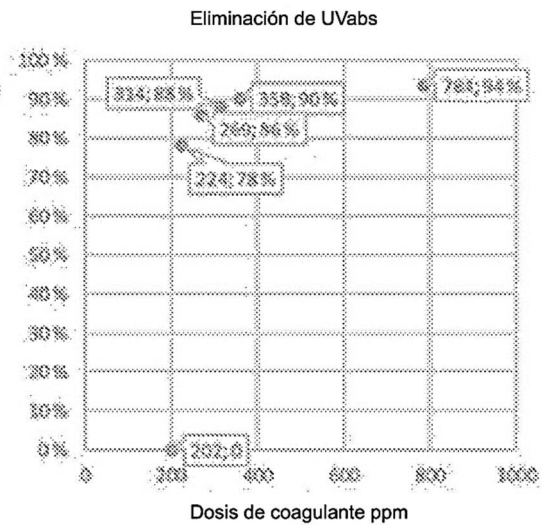


Fig. 3

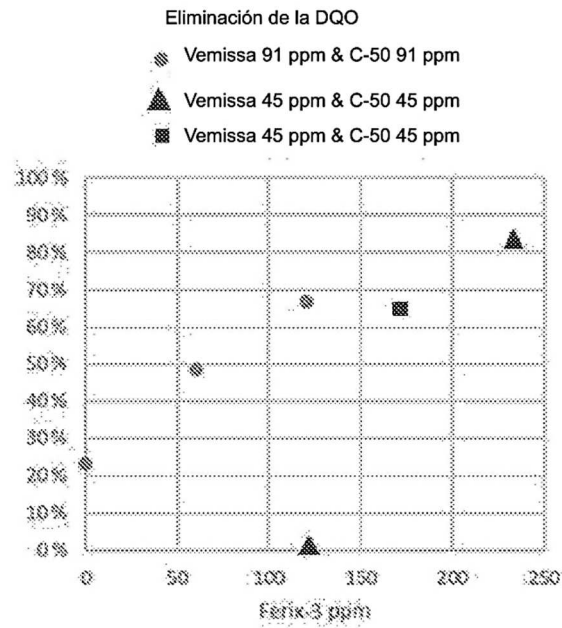


Fig. 4

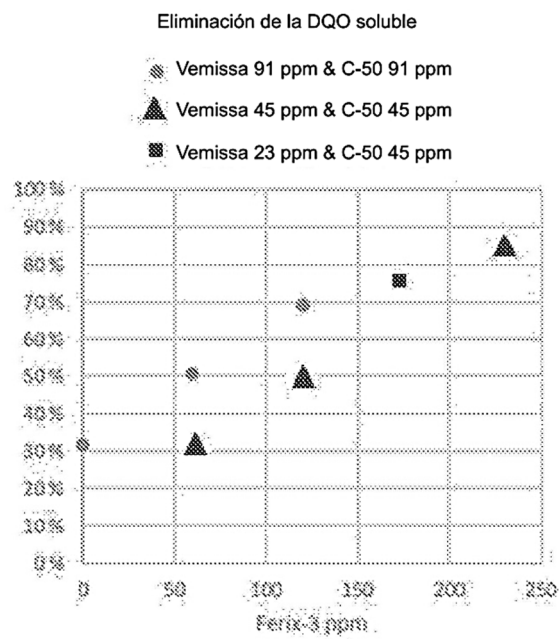


Fig. 5

Eliminación de la DQO

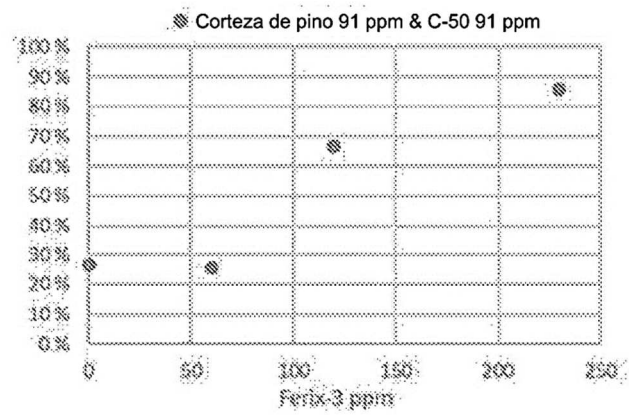


Fig. 6

Eliminación de la DQO soluble

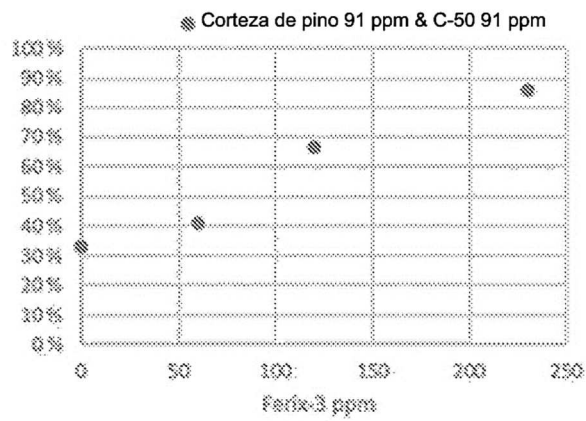


Fig. 7

Eliminación de UV abs

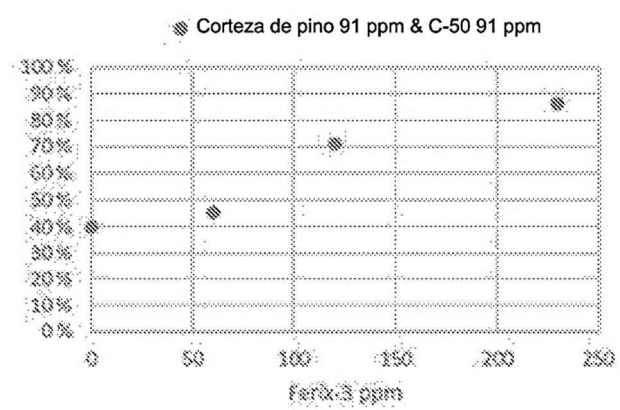


Fig. 8

Eliminación de la DQO

- Serrín 91 ppm & C-50 91 ppm
- Serrín 45 ppm & C-50 45 ppm

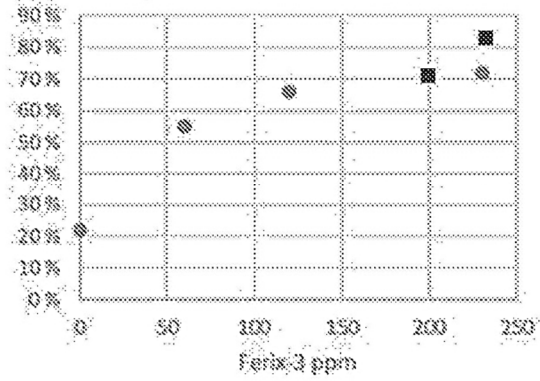


Fig. 9

Eliminación de la DQO soluble

- Serrín 91 ppm & C-50 91 ppm
- Serrín 45 ppm & C-50 45 ppm

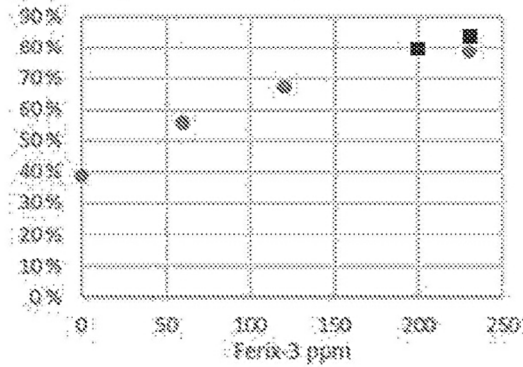


Fig. 10

Eliminación de UVabs

- Serrín 91 ppm & C-50 91 ppm
- Serrín 45 ppm & C-50 45 ppm

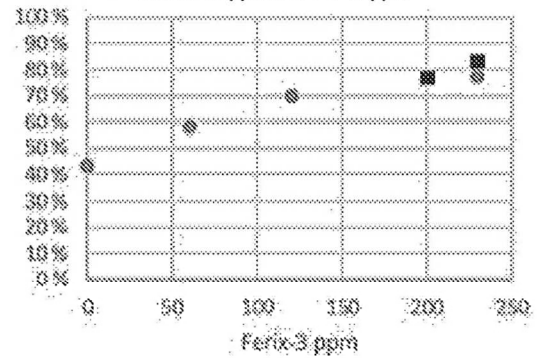


Fig. 11