

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 956 322**

51 Int. Cl.:

C02F 9/00 (2013.01)
C02F 103/30 (2006.01)
C02F 1/00 (2013.01)
C02F 1/28 (2013.01)
C02F 1/38 (2013.01)
C02F 1/44 (2013.01)
C02F 1/78 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2019 PCT/IB2019/061202**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2020 WO20129013**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2019 E 19835823 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2023 EP 3898532**

54 Título: **Tratamiento de agua residual y método para la industria textil**

30 Prioridad:

21.12.2018 EP 18382970

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

19.12.2023

73 Titular/es:

**JEANOLOGÍA, S.L. (100.0%)
Ronda Guglielmo Marconi, 12-14 Parque
Tecnológico
46980 Paterna (Valencia), ES**

72 Inventor/es:

**ALBERT REVERT, VICENTE y
PUCHOL ESTORS, VICTORIA**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ POVEDA, Sara

ES 2 956 322 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

Tratamiento de agua residual y método para la industria textil

5 Campo de la invención

La invención se refiere al campo de la recuperación de agua y al tratamiento del agua residual. En particular se refiere al campo del acabado de prendas de vestir mediante técnicas por láser, ozono u otras técnicas más tradicionales (enzimas, ablandamiento, procesos de desencolado, tintado y coloración entre otros), en particular para tejidos conocidos como vaqueros, ropa vaquera o denim, y preferentemente para producir un aspecto de envejecimiento prematuro y simular el aspecto de ropa usada que ha envejecido de forma natural, y se refiere a un equipo industrial desarrollado para tratar y recuperar el agua residual generada en estos procesos con el fin de obtener un agua de alta calidad que puede ser reutilizada en dichos procesos. El nuevo sistema y método también se pueden aplicar a otros tejidos como, por ejemplo, tejidos de punto.

15 Técnica anterior

En el ámbito del acabado de prendas de vestir, especialmente ropa vaquera, también conocida como denim o vaqueros, hay muchos procesos involucrados, en los que se desperdician agua, productos químicos y otros sólidos. Se han divulgado algunos sistemas para la recuperación del agua residual generada a partir de procesos en la industria del denim y el acabado de la ropa como, por ejemplo:

el documento US2017107137A1- divulga un MÉTODO Y APARATO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE TIPO DE REUTILIZACIÓN DE RECURSOS UTILIZANDO UN AGENTE OXIDANTE GENERADO A TRAVÉS DE LA UTILIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL. Esta invención se refiere a un método y aparato del tipo de reciclaje de recursos para tratar agua residual industrial usando un agente oxidante producido a partir de agua residual, en donde, en el tratamiento de agua residual industrial que contiene compuestos nitrogenados y contaminantes refractarios que causan DQO, se produce de forma autónoma un agente oxidante utilizando gas amoníaco extraído del agua residual y luego se vuelve a añadir al agua residual, tratando así económicamente el agua residual sin la necesidad de comprar un costoso agente oxidante. Este método de tratamiento de agua residual, adecuado para su uso en cantidades decrecientes de contaminantes nitrogenados (T-N), incluidos compuestos de etanolamina y nitrógeno amoniacal (NH₃-N), y contaminantes refractarios que causan DQO en agua residual industrial, incluye: extracción de amoníaco del agua residual sin tratar, producción de un agente oxidante mediante la adición de ácido sulfúrico al amoníaco extraído, electrólisis y adición de hidróxido de sodio, y realización de un tratamiento químico añadiendo el agente oxidante producido nuevamente al agua residual sin tratar de la cual se extrajo el amoníaco, eliminando, por tanto, los contaminantes de nitrógeno (T-N) y los contaminantes refractarios que causan DQO, y también se proporciona el aparato utilizado para realizar el método de tratamiento de agua residual.

El documento WO2014145825A1- divulga MÉTODO Y SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA Y FLUIDOS PRODUCIDOS CON DIÓXIDO DE CLORO PARA SU REUTILIZACIÓN. Las realizaciones de la invención se refieren en general a métodos y sistemas para tratar sistemas acuosos asociados con aplicaciones de agua residual industrial, en particular la perforación de gas y petróleo crudo, bombeo y producción, con el fin de reducir o eliminar la contaminación y permitir la reutilización del agua tratada, en particular, para ser reutilizada para fracturación hidráulica.

También existen sistemas conocidos, que consisten en un dispositivo integrado de purificación de agua por ultrafiltración, que comprenden, por ejemplo, un bastidor integrado, un grupo de membranas de ultrafiltración, un sistema de alimentación de agua, un sistema de producción de agua, un sistema de retrolavado, un dispositivo de limpieza y filtrado en línea, un dispositivo de adición selectiva de agente y un sistema de control, en donde el grupo de membranas de ultrafiltración comprende al menos un recipiente a presión de membrana de ultrafiltración con al menos diez filamentos de membrana dispuestos en una plomada interior; el sistema de alimentación de agua se comunica con agua sin tratar, se comunica con cada recipiente a presión de membrana de ultrafiltración, y también se comunica con el dispositivo de adición de agente selectivo y el dispositivo de limpieza y filtrado en línea en sucesión; los extremos delantero y trasero del sistema de producción de agua están comunicados con cada recipiente de presión de membrana de ultrafiltración vertical y un tanque de producción de agua respectivamente; el sistema de retrolavado se comunica con el agua de retrolavado y cada recipiente a presión de membrana de ultrafiltración vertical respectivamente; el sistema de control está conectado con otras partes respectivamente. El dispositivo integrado de purificación de agua por ultrafiltración descrito por la invención tiene una estructura simple, logra el uso general y el intercambio de varios elementos de membrana o recipientes a presión, es adecuado para la purificación de diversas calidades de agua, tiene una alta eficacia de purificación y puede reducir eficazmente el coste.

Existen muchos problemas costosos e inconvenientes asociados con la utilización de procesos convencionales para tratar el agua residual.

Por ejemplo, los documentos de modelo de utilidad chinos CN202988930U y CN203474587U describen sistemas de tratamiento de agua para la industria textil, que comprenden biofiltros (filtros aireados biológicos). En el presente documento se considera que el uso de biofiltros no es compatible con el procesamiento de grandes volúmenes o flujos de agua en la industria textil, porque los biofiltros dependen del uso de organismos vivos que requieren largos períodos

de tiempo para limpiar adecuadamente el agua residual. Asimismo, los biofiltros requieren un mantenimiento frecuente y costoso, mientras que también requieren una configuración técnica compleja para controlar los parámetros ambientales tales como la temperatura, porque los organismos vivos de los biofiltros suelen ser muy sensibles a dichos parámetros ambientales. Por lo tanto, en el presente documento se considera que se puede evitar el uso de biofiltros, y la presente solicitud describe un sistema y un método que es compatible con evitar el uso de biofiltros sin comprometer el rendimiento del sistema en términos de velocidad y calidad. De hecho, el sistema actual puede procesar flujos y volúmenes de agua particularmente altos de una manera rentable.

Asimismo, la presente solicitud tiene como objetivo evitar el uso de procesos fisicoquímicos complejos, como la catálisis heterogénea para la conversión de carbono en CO₂ para tratar el agua, y se pueden encontrar ejemplos de tales métodos en la técnica anterior. Por ejemplo, el documento de patente DE60319803T2 describe procesos para el tratamiento de agua residual, en donde los procesos utilizan partículas de catalizador de rutenio y/o iridio en presencia de ozono. El uso de partículas de catalizador para promover la acción del ozono mediante catálisis heterogénea es un proceso complejo que conlleva costes elevados y la necesidad de introducir procesos para eliminar las partículas catalíticas del agua una vez que ha tenido lugar la reacción catalítica. La presente invención no se basa en el uso de catálisis heterogénea para la descomposición de contaminantes orgánicos por el ozono.

Descripción de la invención

Las características esenciales de la presente invención están comprendidas en la reivindicación independiente 1 del sistema y en la reivindicación independiente 14 del método. Adicionalmente, las realizaciones preferentes se describen en las reivindicaciones dependientes 2-13, 15. Se proporciona un sistema de recuperación de agua que comprende: [a] un módulo primario con un medio de separación y un tanque de agua sucia, [b] un módulo secundario con un tanque de tratamiento, un medio generador de ozono, un circuito de recirculación y un filtro de catalizador, [c] un módulo terciario con un medio de filtración, y [d] un tanque de agua tratada, preferentemente para su uso en la recuperación de aguas grises, efluentes industriales y agua residual en la industria del denim y el acabado de la ropa.

Se contempla que el sistema de recuperación de agua de la presente invención se refiere principalmente a la industria textil y a la necesidad de esta última de eliminar fibras y contaminantes orgánicos que se encuentran en el agua que se ha utilizado para el tratamiento o el acabado de materiales textiles, tejidos o ropa. Asimismo, el sistema de recuperación de agua de la presente invención tiene como objetivo evitar el uso de biofiltros que tienden a producir olores desagradables y que son difíciles y costosos de usar, servir, controlar y mantener, al mismo tiempo que implican un proceso de filtrado lento que es incompatible con la necesidad en la industria textil de procesar grandes volúmenes y altos flujos de agua residual. En vista de lo anterior, el sistema de recuperación de agua es un sistema de recuperación de agua para la industria textil. Asimismo, también en vista de lo anterior, se aplica cualquiera de las siguientes condiciones (a)-(l):

a) el medio de separación es un sistema de filtración mecánica;

(b) el módulo primario está configurado para recibir agua residual proporcionada al sistema de recuperación de agua;

(c) el sistema de filtración mecánica está configurado para eliminar partículas del agua residual convirtiéndola así en agua sucia;

(d) el tanque de agua sucia está conectado al sistema de filtración mecánica y configurado para recibir de este último agua sucia;

(e) el tanque de tratamiento del módulo secundario está conectado al módulo primario y configurado para recibir de este último agua sucia;

(f) el medio generador de ozono está conectado al tanque de tratamiento y configurado para suministrar a este último ozono para tratar el agua sucia en el tanque de tratamiento mediante la aplicación del ozono al agua sucia y la reacción de esta última con el ozono;

(g) el circuito de recirculación está conectado al tanque de tratamiento y configurado para bombear continuamente agua sucia desde y hacia el tanque de tratamiento formando un circuito de recirculación dentro del módulo secundario para promover en el mismo el suministro y la mezcla de ozono en el agua sucia promoviendo así la reacción del ozono con el agua sucia;

(h) el filtro de catalizador está configurado para transformar en oxígeno cualquier ozono que no reaccione con el agua sucia en el tanque de tratamiento;

(i) el tanque de tratamiento está cerrado y sellado de manera que la aplicación de ozono se realice en un recinto completamente sellado;

(j) el módulo terciario está conectado al módulo secundario y configurado para recibir de este último agua sucia que ha sido tratada con ozono;

(k) el medio de filtración está configurado para eliminar partículas del agua sucia que ha sido tratada con ozono, convirtiendo así esta última en agua tratada;

(l) el tanque de agua tratada está conectado al módulo terciario y configurado para recibir de este último el agua tratada.

Se aplican todas las condiciones (a)-(l) antes mencionadas y, por lo tanto, de acuerdo con lo anterior, la invención es un sistema de recuperación de agua para la industria textil, que comprende: [a] un módulo primario (1) con un medio de separación y un tanque de agua sucia, [b] un módulo secundario con un tanque de tratamiento, un medio generador

de ozono, un circuito de recirculación (34, 36) y un filtro de catalizador, [c] un módulo terciario con un medio de filtración, y [d] un tanque de agua tratada, en donde el medio de separación es un sistema de filtración mecánica, y:

- 5 - el módulo primario está configurado para recibir agua residual proporcionada al sistema de recuperación de agua;
- el sistema de filtración mecánica está configurado para eliminar partículas del agua residual convirtiéndola así en agua sucia;
- el tanque de agua sucia está conectado al sistema de filtración mecánica y configurado para recibir de este último agua sucia;
- 10 - el tanque de tratamiento del módulo secundario está conectado al módulo primario y configurado para recibir de este último agua sucia;
- el medio generador de ozono está conectado al tanque de tratamiento y configurado para suministrar a este último ozono para tratar el agua sucia en el tanque de tratamiento mediante la aplicación del ozono al agua sucia y la reacción de esta última con el ozono;
- 15 - el circuito de recirculación está conectado al tanque de tratamiento y configurado para bombear continuamente agua sucia desde y hacia el tanque de tratamiento formando un circuito de recirculación dentro del módulo secundario para promover en el mismo el suministro y la mezcla de ozono en el agua sucia promoviendo así la reacción del ozono con el agua sucia;
- el filtro de catalizador está configurado para transformar en oxígeno cualquier ozono que no reaccione con el agua sucia en el tanque de tratamiento;
- 20 - el tanque de tratamiento está cerrado y sellado de manera que la aplicación de ozono se realice en un recinto completamente sellado;
- el módulo terciario está conectado al módulo secundario y configurado para recibir de este último agua sucia que ha sido tratada con ozono;
- el medio de filtración está configurado para eliminar partículas del agua sucia que ha sido tratada con ozono,
- 25 convirtiéndose así esta última en agua tratada;
- el tanque de agua tratada está conectado al módulo terciario y configurado para recibir de este último el agua tratada.

Cabe señalar que ciertas características esenciales u opcionales importantes del sistema diferencian adicionalmente significativamente la presente invención de la técnica anterior. Por ejemplo, la presente invención en su realización preferida mencionada anteriormente difiere en comparación con documentos de la técnica anterior tales como los documentos CN202988930U, CN203474587U y DE60319803T2, por varias razones algunas de las cuales son las siguientes:

- 35 - El medio de separación es un sistema de filtración mecánico y por tanto no un sistema de biofiltración. Esta es una diferencia particularmente importante en comparación con los documentos CN202988930U, CN203474587U que divulgan el uso de biofiltros. En la técnica anterior convencional se utilizan biofiltros porque se consideran importantes para eliminar contaminantes orgánicos del agua que necesita ser limpiada y reutilizada. En el presente documento, se considera que el uso de biofiltros no es compatible con el procesamiento de grandes volúmenes o flujos de agua en la industria textil, porque los biofiltros dependen del uso de organismos vivos que requieren largos períodos de tiempo para limpiar adecuadamente el agua residual. Asimismo, los biofiltros requieren un mantenimiento frecuente y costoso,
- 40 mientras que también requieren una configuración técnica compleja para controlar los parámetros ambientales tales como la temperatura, porque los organismos vivos de los biofiltros suelen ser muy sensibles a dichos parámetros ambientales. Por lo tanto, la presente invención resuelve el problema de cómo evitar el uso de biofiltros sin comprometer el rendimiento del sistema en términos de velocidad y calidad. De hecho, el sistema actual puede procesar flujos y volúmenes de agua particularmente altos de una manera rentable. Asimismo, la presente invención
- 45 resuelve el problema de cómo evitar el uso de procesos fisicoquímicos complejos, como la catálisis heterogénea para la conversión de carbono en CO₂ para tratar el agua. El uso de partículas de catalizador para promover la acción del ozono mediante catálisis heterogénea es un proceso complejo que conlleva costes elevados y la necesidad de introducir procesos para eliminar las partículas catalíticas del agua una vez que ha tenido lugar la reacción catalítica. La presente invención no se basa en el uso de catálisis heterogénea para la descomposición de contaminantes
- 50 orgánicos por el ozono.

- El filtro de catalizador en la presente invención está configurado para destruir el ozono, es decir, transformar las moléculas de ozono que no han reaccionado en oxígeno. Esta es una característica importante relacionada con la seguridad de los usuarios del sistema. Esta característica también está relacionada con el funcionamiento controlado
- 55 y la buena previsibilidad del funcionamiento eficaz del sistema. En contra del pensamiento intuitivo que guiaría a un experto a evitar reducir la concentración de ozono en el tanque de tratamiento cerrado y por tanto evitar destruir parte del ozono contenido en él para maximizar el efecto inducido por el ozono y, por tanto, la tasa de recuperación del agua, los inventores han descubierto que la presencia del filtro catalítico para destruir el ozono que no ha reaccionado es realmente necesaria e importante. La presencia del filtro catalítico es importante para garantizar que la concentración exacta de ozono en el agua esté bien controlada y optimizada, y para garantizar que la concentración de ozono dentro del agua sea lo suficientemente alta para lograr un tratamiento rápido y eficaz del agua, pero que al mismo tiempo no sea excesivamente alta. Cuando la concentración de ozono no es excesivamente alta, el sistema es seguro y el tanque del sistema se puede cerrar y sellar. Asimismo, la presente invención difiere en comparación con las enseñanzas de documentos de la técnica anterior que permanecen completamente en silencio sobre el tema de la
- 60 destrucción del ozono con filtros catalíticos, y/o que enseñan que los catalizadores se usan para mejorar el proceso de oxidación mediante catálisis heterogénea.
- 65

5 - El circuito de recirculación al estar configurado para bombear continuamente agua hacia y desde el tanque de
tratamiento para promover la adecuada inyección de ozono en el sistema y el agua sucia procesada en el módulo
secundario, también permite que la concentración de ozono en todo el volumen de agua sucia en el tanque de
tratamiento esté bien controlada, de manera que se pretende que no queden partes de dicho volumen en las que el
agua no esté adecuadamente tratada con ozono. Esta es una característica muy importante y su presencia es
tecnológicamente crucial en el caso de que el flujo de agua a través del sistema sea alto y que la velocidad a la que
el sistema necesita procesar y limpiar/recuperar el agua sea correspondientemente alta. Asimismo, el circuito de
recirculación puede recircular dentro del tanque agua sucia que debe pasar varias veces a través del tanque que
10 contiene ozono y/o por o cerca del punto de entrada del gas ozono al módulo secundario (donde la concentración de
ozono puede ser particularmente alta), de modo que los contaminantes orgánicos del agua contaminada/sucia sean
descompuestos por el ozono para que el agua sea procesada adecuadamente con ozono antes de pasar al módulo
terciario. Por lo tanto, el conducto de recirculación diferencia significativamente la presente invención en comparación
con los documentos de la técnica anterior que no mencionan el asunto específico. Se aclara además que lo más
15 preferentemente, el circuito de recirculación tiene dos extremos, cada uno de los cuales está conectado/fijado a una
entrada/salida correspondiente en el tanque de tratamiento, recibiendo un extremo del tanque de tratamiento agua
sucia y pasando el otro extremo al tanque de tratamiento agua sucia, recirculando así agua sucia dentro del módulo
secundario y a través del circuito de recirculación en el mismo. El circuito de recirculación mediante la recirculación de
agua a través del tanque de tratamiento, agita la mezcla de agua/ozono dentro del tanque y el módulo secundario y
20 garantiza que el gas ozono mezcle y procese suficientemente el agua residual, y ayuda a la inyección del gas ozono
en el agua sucia.

- El tratamiento con ozono se realiza en un ambiente sellado. Esta es una característica particularmente importante
que contribuye a la alta eficacia del sistema y su capacidad para procesar de manera muy rápida y eficaz grandes
25 volúmenes y flujos de agua residual. Si el tratamiento del agua con ozono no se realiza en un ambiente sellado,
entonces puede ser necesario evitar el uso de altas concentraciones de ozono, lo que a su vez llevaría a la necesidad
de disminuir el flujo de agua residual a través del sistema. Asimismo, el entorno sellado puede contribuir a la capacidad
de evitar el uso de biofiltros y evitar o inhibir el crecimiento de organismos vivos en el sistema como se explica para
los casos siguientes.

30 La invención, especialmente en sus realizaciones más preferidas, permite evitar en el sistema el uso, la presencia y
el crecimiento de organismos vivos a partir del aire ambiente, como se explica más adelante. Por lo tanto, opcional y
preferentemente el sistema de recuperación de agua no comprende un filtro biológico (biofiltro) ni un filtro biológico
aireado. En ese caso, es evidente que el sistema de la presente invención difiere de la manera más significativa y
tecnológicamente crucial de los sistemas que se describen en la técnica anterior y comprenden filtros biológicos o
35 biológicos aireados, como es el caso por ejemplo de los sistemas descritos en los documentos CN202988930U y
CN203474587U. Cabe señalar que la técnica anterior enseña el uso de biofiltros en sistemas de recuperación de agua
destinados a su uso en la industria de la confección porque en la técnica anterior se considera que dichos filtros son
esenciales para la eliminación eficaz de contaminantes orgánicos relacionados con textiles, tales como los tintes.
40 Yendo en contra de las enseñanzas de la técnica anterior, los inventores de la presente invención descubrieron que,
inesperadamente, el agua en la industria del procesamiento textil se puede reutilizar de manera muy eficaz sin tener
que usar biofiltros, siempre y cuando se utilice el sistema de la presente invención y las correspondientes etapas del
procedimiento de tratamiento de agua.

45 Por lo tanto, es evidente que en el sistema de la presente invención, opcional y preferentemente el tanque de agua
sucia y el tanque de agua tratada son tanques cerrados y sellados para evitar la presencia y crecimiento de organismos
vivos del aire ambiente y el escape de olores desagradables, gases o líquidos de ellos.

50 Asimismo, considerando lo anterior, en el sistema de recuperación de agua de la presente invención el medio de
separación es un sistema de filtración mecánica. Asimismo, cabe mencionar que los sistemas de filtración mecánica,
es decir, filtros que eliminan los contaminantes del agua mediante procesos mecánicos en lugar de procesos
físicoquímicos o biológicos, tienen las ventajas generales de requerir un mantenimiento menos costoso y menos
frecuente, son capaces de procesar más rápido y sin interrupción grandes flujos y volúmenes de agua, y son más
simples y menos costosos en comparación con otros sistemas, como en comparación con los filtros aireados
55 biológicos, lo que puede implicar requisitos técnicos complejos y controles operativos complejos, como control de
temperatura, etc. Asimismo, en comparación con los filtros biológicos, los filtros mecánicos y los sistemas de filtración
mecánica son compatibles con el uso de tanques sellados para que no se liberen al exterior gases y sustancias
peligrosas y/u olorosas.

60 Opcional y preferentemente el medio de separación está configurado para eliminar del agua partículas con un tamaño
mayor o igual a 0,05 mm. Esta característica técnica es importante para conseguir un tratamiento posterior suficiente
con ozono que debe aplicarse preferentemente sobre agua que no contenga partículas superiores a 0,1 mm, porque
las partículas grandes inhiben la distribución homogénea y la acción del ozono en todo el volumen de agua en el
tanque de tratamiento, y la superficie de los contaminantes que son superiores a 0,05 mm o 0,1 mm también pueden
65 mediar reacciones físicoquímicas no deseadas que pueden consumir parte del ozono, evitando así que estos últimos
degraden los contaminantes orgánicos que deben ser destruidos en el sistema.

En el sistema de recuperación de agua de la presente invención opcional y preferentemente el medio de filtración es capaz de eliminar partículas con un tamaño mayor o igual a 0,05 micrómetros. Esto es particularmente importante considerando que en la práctica el sistema de la presente invención se usa más preferentemente en la industria de
5 prendas de vestir/textil y en conexión con sistemas de procesamiento de materiales textiles. En este caso, el sistema de recuperación de agua está preferentemente conectado con los sistemas de procesamiento de material textil de tal manera que el agua recuperada del sistema o sistemas de procesamiento de material textil se suministra de nuevo al mismo sistema o sistemas, y así sucesivamente. Por lo tanto, el agua filtrada por el medio de filtración, después de ser enviada a un sistema de procesamiento de material textil probablemente pasará eventualmente nuevamente al
10 sistema de recuperación de agua, y por lo tanto pasará nuevamente por el tanque de tratamiento donde se tratará con ozono. Los inventores han descubierto que para optimizar el proceso de tratamiento con ozono, es importante que la concentración de partículas con un tamaño superior a 0,05 micrómetros sea lo más pequeña posible. Por lo tanto, es importante que el medio de filtración pueda filtrar preferentemente tales partículas para contribuir así indirectamente al buen funcionamiento del módulo secundario del sistema.

También debe tenerse en cuenta que, opcionalmente y lo más preferentemente, en el sistema de recuperación de agua de la presente invención, el sistema está configurado para que el agua pase sucesivamente a través del módulo primario, el módulo secundario, el módulo terciario y el tanque de agua tratada. Esto significa que el módulo primario, el módulo secundario, el módulo terciario y el tanque de agua tratada se colocan respectivamente dentro del sistema en serie.

Como se utiliza en el presente documento, la expresión "agua residual" incluye cualquier agua contaminada procedente de procesos de la industria del denim y del acabado de la ropa, incluyendo enjabonado, blanqueado, tinción, ablandamiento, fijación, enjuagues y lavados enzimáticos entre otros. Por tanto, la planta de tratamiento puede utilizarse para tratar aguas residuales contaminadas con una amplia gama de contaminantes, tales como enzimas, hipoclorito de sodio y calcio, tintes, suavizantes, sales, ácidos y bases.

Como se utiliza en el presente documento, la expresión "aguas grises" incluye cualquier corriente contaminada proveniente de procesos de la industria del denim y del acabado de la ropa sin agua contaminada de inodoros o contaminación fecal.

El agua utilizada por la lavadora de prendas, conocida como agua residual, se transfiere a un tanque de almacenamiento de aguas grises y desde el tanque de almacenamiento de aguas grises el agua de lavado se transfiere al sistema de recuperación de agua de lavado de la invención. El sistema de recuperación de agua de lavado limpia el agua de lavado y devuelve el agua tratada (también denominada "agua limpia" o agua "limpia") a la lavadora de
35 prendas para su reutilización o envía el agua al tanque de almacenamiento de agua tratada para su uso posterior por la lavadora de prendas. El sistema de recuperación de agua de lavado puede ser activado manualmente por el usuario o mediante un sistema de detección en el tanque de almacenamiento de agua que detecta cuando se ha acumulado una cantidad predeterminada de aguas grises. La lavadora de ropa, el sistema de recuperación de agua de lavado y el tanque de almacenamiento son un sistema cerrado donde no se pierde agua. El sistema de recuperación de agua
40 de lavado se puede configurar para eliminar jabón, colorante, trozos de tela tales como microfibras u otros contaminantes del agua de lavado. Después de limpiar el agua de lavado, la lavadora de ropa utiliza el agua limpia para lavar otra carga de ropa.

La ecología industrial combina resultados perpetuamente deseables en el medio ambiente, la economía y la tecnología de forma sostenible. En el tratamiento de agua residual, la ecología industrial significaría que todos los llamados "residuos" se reintroducen en el mismo proceso o en otro, formando circuitos continuos. El sistema de recuperación de agua de lavado de acuerdo con la invención, considerado como un sistema de ecología industrial, tiene muchas ventajas sobre otras plantas y sistemas de tratamiento de agua residual desarrollados anteriormente, incluida la capacidad de fabricarse en un tamaño muy compacto, su modularidad, menos emisiones volátiles debido a la no utilización de productos químicos, y una automatización total que conduce a una simplificación de la gestión requerida y a la minimización de la necesidad de mano de obra y mantenimiento. Su tamaño compacto puede alcanzar las siguientes dimensiones en el peor de los casos: 15 metros de longitud, 4 metros de anchura y 3 metros de altura. Dichas dimensiones son menores que la gran superficie de explotación de las plantas de tratamiento de efluentes o agua residual convencionales, que necesitan cientos de metros en cada dimensión para cumplir sus objetivos en términos de calidad del agua. Por ejemplo, la planta de tratamiento de agua residual de Detroit en EE.UU. tiene una superficie de explotación de 0,53 km² o el tratamiento de agua residual de Viikinmäki en Finlandia tiene una superficie de aproximadamente 0,1 km². De la misma manera, estas plantas de tratamiento de agua residual convencionales no pueden eliminar de manera eficaz los contaminantes específicos generados en la industria textil y el acabado de la ropa porque están diseñadas en gran medida para eliminar otros, bien conocidos, contaminantes. Sin embargo, la implementación de técnicas de separación en el sistema de recuperación de agua de lavado de acuerdo con la invención permite la reducción de espacio sin afectar a las eficacias de eliminación de los parámetros de calidad del agua afectados por dichos contaminantes, incluyendo sólidos sedimentables y suspendidos, color, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO). Por este motivo, la combinación de tratamientos físicos y químicos orientados a la no utilización de productos químicos hace del actual sistema de recuperación del agua de lavado una alternativa ecológica industrial sostenible a los métodos más comunes utilizados en el tratamiento de agua residual.

La tarea del operario se simplifica principalmente gracias a la implementación de un sistema de recuperación de agua totalmente automático, en el que se minimizan las tareas de mantenimiento y monitorización para limitarse a controlar el buen funcionamiento del sistema (comprobación de señales en una pantalla), los reemplazos de filtros cuando sea necesario y la eliminación de residuos sólidos. Como consecuencia de esta automatización de la tecnología, la necesidad de mano de obra se está reduciendo a uno o dos operarios.

El nuevo sistema de recuperación de agua es una tecnología innovadora que es capaz de tratar el agua combinando técnicas de oxidación con tecnología de filtración refinada, dando como resultado por tanto una notable reducción del tiempo y espacio ocupado en comparación con los sistemas de tratamiento fisicoquímicos y biológicos.

La reducción de tiempo es destacable dado que el nuevo sistema de regeneración de agua de acuerdo con la invención es capaz de tratar 1000 litros de agua contaminada en un tiempo aproximado que varía entre 15 o 20 minutos. Este tiempo ha de entenderse como el tiempo que se tarda en recoger esos 1000 litros en el prefiltro hasta salir al tanque de agua limpia.

En cuanto a las emisiones volátiles, compuestos orgánicos volátiles olorosos, tales como compuestos que contienen azufre, haluros de alquilo, aminas aromáticas o hidrocarburos alifáticos, se originan a partir de la descomposición aeróbica y anaeróbica de los contaminantes del agua presentes en el agua residual y pueden detectarse en los afluentes, efluentes o en el aire ambiente de un efluente en una planta de tratamiento de agua residual o incluso en el aire urbano, ignorando la importancia de los contaminantes no tratados. En algunos casos, se podrían detectar contaminantes en exceso en el aire urbano, que presenta por tanto una concentración superior al umbral de detección del sentido del olfato humano. Problemas con las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (tanto tóxicos como no tóxicos) de las plantas de tratamiento de agua residual, incluida la industria textil, en el aire urbano han sido reportados por varias investigaciones durante las últimas décadas (Muezzinoglu, *Chemosphere* 51, 2003, 245-252; Wu *et al.*, *Analytica Chimica Acta* 576, 2006, 100-111; Ning *et al.*, *Chemosphere* 136, 2015, 50-55). Debido a la preferencia por no utilizar productos químicos, las emisiones volátiles en el nuevo sistema de recuperación de agua están muy limitadas a la concentración orgánica del agua residual, la cual se reduce mediante la combinación de ozonización y aireación que eliminan significativamente los compuestos orgánicos complejos y de cadena larga (y algunos compuestos inorgánicos tales como el metabisulfito de sodio) hasta su completa biodegradación. De la misma manera, el uso preferente de tanques cerrados y sellados tanto durante el almacenamiento como durante los tratamientos evita la presencia y el crecimiento de organismos vivos del aire ambiente y la fuga de olores desagradables, gases o líquidos de ellos.

La invención también se refiere a un método para reutilizar el agua involucrada en todos los procesos mencionados anteriormente, lo cual es capaz de superar el desperdicio de agua antes mencionado reduciendo el coste final del producto debido principalmente a la reducción del tiempo necesario para tratar el agua, y el espacio requerido para tratar adecuadamente el agua residual obteniendo un agua tratada con alta calidad. De la misma manera, el método propuesto en el presente documento permite simplificar el diseño de una planta de tratamiento del efluente o agua residual y el proceso de producción de agua regenerada.

La aplicación de ozono deberá realizarse en un recinto completamente sellado para evitar fugas al exterior y evitar daños a los trabajadores. Por lo tanto, el módulo secundario incluye un filtro de catalizador en el tanque de tratamiento (es decir, un filtro con destructor de ozono) con el objetivo de que dicho catalizador transforme las moléculas de ozono residuales no reaccionadas en oxígeno.

La inyección de ozono se puede realizar de dos formas diferentes, una mediante inyector Venturi y otra mediante difusor de aire colocado en el fondo del tanque de tratamiento, siendo el inyector Venturi la solución preferida.

Preferentemente se produce una cierta agitación del agua dentro del tanque de tratamiento con el fin de mejorar el proceso de ozonización. En este sentido, preferentemente el tanque de tratamiento tiene una entrada de agua, que está colocada a una altura entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de la altura total del tanque de tratamiento) y más preferentemente está colocada aproximadamente en el centro del tanque de tratamiento. Alternativa o adicionalmente el tanque de tratamiento tiene en su interior un promotor de turbulencia, que es preferentemente una capa de elementos helicoidales retorcidos.

En un aspecto, la invención reside en un sistema de tratamiento de agua residual para la industria del denim y el acabado de la ropa, incluyendo:

- procesos de oxidación utilizados como tratamiento químico principal basados en la ozonización para reducir la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO).
- técnicas de separación, preferentemente tecnologías de membrana, que aumentan significativamente la eficacia de eliminación de los sólidos, sales y compuestos orgánicos restantes después de la ozonización y por lo tanto, refinan la calidad del agua tratada.

Preferentemente, el medio de separación comprende un filtro de tambor rotatorio y un tamiz rotativo. De manera ventajosa, el filtro de tambor rotatorio es capaz de eliminar partículas con un tamaño mayor o igual a 0,5 mm y/o el

tamiz rotativo es capaz de eliminar partículas con un tamaño mayor o igual a 0,1 mm. De hecho, el tratamiento con ozono degrada los compuestos orgánicos en otros más simples, pero no los elimina por completo. Por lo tanto, una separación precisa, en particular de las fibras textiles, tiene dos ventajas: reduce el consumo de ozono, y reduce las partículas degradadas que serán necesarias filtrar tras la etapa de ozonización. De manera adicional, el uso de filtros rotativos (el filtro de tambor rotatorio y/o el tamiz rotativo) ha demostrado ser muy eficaz para eliminar grandes acumulaciones y/o aglomeraciones de fibra.

El módulo terciario con el medio de filtración es uno de los aspectos más relevantes de la presente invención. Como el agua tratada se utilizará nuevamente en el proceso de lavado de prendas nuevas, tiene que cumplir estrictos parámetros de calidad para no afectar negativamente a la calidad del proceso de lavado. En este sentido, se ha observado que la presencia de pequeñas acumulaciones de fibras y microfibras no sólo reduce el rendimiento de la ozonización, como se ha indicado anteriormente, sino que también implica la contaminación de la prenda en los siguientes procesos de lavado con el agua reutilizada. Por lo tanto, preferentemente el medio de filtración comprende un filtro multimedia o un filtro multilecho para retener estos pequeños sólidos que quedan en el agua después de la ozonización. Preferentemente, el filtro multimedia es capaz de eliminar partículas con un tamaño mayor o igual a 5 micrómetros y preferentemente comprende un lecho de vidrio, un lecho de zeolita y un lecho de arena. El filtro multimedia también tiene como objetivo eliminar las sales complejas y los pequeños sólidos del agua, tales como restos de piedras o lodos.

Los inventores han observado que el filtro multimedia se llenaba u obstruía muy rápidamente debido a la cantidad de microfibras existentes en el agua contaminada. Esta es la razón por la cual, preferentemente, el módulo terciario incluye un sistema de autolimpieza del filtro multimedia que utiliza agua tratada como agente limpiador. Normalmente, los filtros que se utilizan para eliminar sólidos tienen una configuración sin salida o convencional, donde un líquido colisiona frontalmente con el lecho filtrante. Los inventores han visto que esto provoca obstrucciones muy rápidas de dichos filtros. Es posible instalar varios filtros multimedia en paralelo para realizar la limpieza de los mismos sin afectar a la producción, pero esto implica un gasto mayor. En la presente invención, se ha implementado un sistema de limpieza automático para que no afecte a la producción y que se proporcionen mejores condiciones en cada momento.

Como alternativa o adicionalmente, preferentemente el medio de filtración comprende un sistema de filtración por membrana sumergida, que preferentemente tiene un tamaño de poro promedio comprendido entre 0,05 y 0,1 micrómetros. El sistema de filtración por membrana sumergida permite una gran eliminación de compuestos orgánicos e inorgánicos mediante la aplicación de muy bajas presiones y aireación para dificultar el paso de los sólidos contaminantes, degradándolos por efecto de dicha aireación y minimizando la suciedad en la membrana provocada por las turbulencias creadas. En el caso de que el sistema comprenda también una etapa de desalinización, el sistema de filtración por membrana sumergida también ayuda a suministrar a la etapa de desalinización un agua más limpia, en particular sin materia orgánica. De manera ventajosa, el sistema de filtración por membrana sumergida cuenta con membranas de ultrafiltración de PVDF.

Preferentemente, el medio de filtración comprende un filtro de carbón activado. Así, también se pueden eliminar del agua tratada contaminantes que podrían proporcionar colores y olores. También es muy útil para eliminar el cloro, compuestos clorados y organoclorados. En este sentido, también es ventajoso que el sistema de recuperación de agua de acuerdo con la invención también comprenda medios de control del color para controlar el color del agua que sale del tanque de tratamiento. Preferentemente, el sistema de recuperación de agua de acuerdo con la invención también comprende [e] un módulo de desalinización. De hecho, los inventores han descubierto que existen dos posibles estrategias preferidas (módulo de desalinización en serie o en paralelo con el resto del sistema) y dos posibles tecnologías preferidas (ósmosis inversa o destilación por membrana que pueden usarse para el sistema de recuperación de agua de acuerdo con la invención, para la eliminación de sales monovalentes y divalentes en el agua ozonizada. Uno de los criterios para seleccionar una u otra alternativa es el tamaño del sistema (en el sentido de la cantidad de agua que se va a tratar). Entonces, una solución preferida es cuando el módulo de desalinización está conectado al tanque de agua tratada, que recibe el agua que se va a desalar del tanque de agua tratada a través de una válvula de drenaje y un flujo, donde la válvula de drenaje y el flujo están en paralelo a un flujo de agua tratada que sale del sistema de recuperación de agua (el módulo de desalinización está en paralelo con el circuito principal de agua del sistema). En este caso, preferentemente el módulo de desalinización comprende un sistema de destilación por membrana. Este sistema necesita un circuito de trabajo separado (el circuito paralelo), pero tiene como ventaja que genera un residuo sólido que se puede verter directamente sin necesidad de una gestión costosa o, incluso, sin necesidad de ser gestionado. Preferentemente, el sistema de recuperación de agua comprende además medios de medición de la conductividad eléctrica del agua para el control de la conductividad eléctrica del agua en el tanque de agua tratada y medios para desviar agua del tanque de agua tratada al módulo de desalinización si la conductividad eléctrica del agua supera un valor preestablecido.

La otra solución preferida es cuando el módulo de desalinización se conecta en serie entre el medio de filtración y el tanque de agua tratada, donde la única entrada de agua al tanque de agua tratada es agua libre de sal procedente del módulo de desalinización. En este caso, preferentemente el módulo de desalinización comprende un sistema de ósmosis inversa. Este sistema es ampliamente conocido en la industria y tiene una alta aceptación en el tratamiento de aguas. El problema relacionado con esto es la generación de un flujo de rechazo (cargado de sales) que debe ser devuelto al sistema. La gran ventaja de este sistema es el rendimiento del mismo. De manera ventajosa, el módulo de

desalinización tiene una bomba de alta presión que alimenta agua filtrada al sistema de ósmosis inversa, donde la bomba de alta presión tenga una presión nominal máxima inferior o igual a 2000 kPa (20 bar).

5 Como uno de los objetivos de la presente invención es un sistema sostenible capaz de tratar agua, preferentemente se recuperan todos y cada uno de los drenajes y se envían al tanque de agua sucia.

Como otro objetivo de la presente invención es un equipo automatizado, todos los sistemas de drenaje están automatizados para descargar después de un cierto período de tiempo o una cantidad de ciclos para aliviar el sistema de la contaminación formada en diferentes etapas del tratamiento.

10 Otro de los objetivos de la presente invención es un sistema de tamaño compacto. Esto se logra mediante una combinación específica de tamaños y diseño que hacen que el sistema sea flexible y tenga un tamaño óptimo. Así, preferentemente:

15 - la relación entre el volumen del tanque de tratamiento y el volumen del tanque de agua sucia está entre 1/5 y 1/2, y más preferentemente entre 1/4 y 3/8.

- la relación entre el volumen del tanque de agua sucia y el volumen del tanque de agua tratada está entre 1/4 y 1, y más preferentemente entre 1/3 y 4/5.

20 - el sistema dispone de un flujo de desbordamiento que conduce el agua desde el tanque de agua tratada hasta el sistema de filtración por membrana sumergida.

- el sistema dispone de un flujo de desbordamiento que conduce el agua desde el sistema de filtración por membrana sumergida hasta el tanque de agua sucia.

25 - el sistema dispone de un flujo de desbordamiento que conduce el agua desde el tanque de tratamiento hasta el tanque de agua sucia. Esta conexión también se puede utilizar como salida de ozono que permite inyectar el ozono no reaccionado del tanque de tratamiento al tanque de agua sucia.

30 Esta invención tiene aplicación particular, pero no exclusiva, a las llamadas plantas de "minería hidráulica" para el tratamiento de agua residual y aguas grises. Sin embargo, la invención también podría utilizarse como una instalación de "tubo terminal".

35 La expresión "minería hidráulica" se refiere a un enfoque del tratamiento de agua residual que es fundamentalmente diferente de los tratamientos de agua convencionales. Tradicionalmente, el agua residual ha sido reticulada desde su fuente hasta una planta de tratamiento distante de "tubo terminal" donde las aguas grises y el agua residual se tratan y separan en una serie de subproductos.

40 En otro aspecto, la invención reside en el desarrollo de un sistema de tratamiento de agua residual totalmente automático, completo y compacto que no necesita la presencia de mano de obra calificada para su correcto funcionamiento.

45 Este objetivo se consigue preferentemente mediante un método para el tratamiento de agua residual de prendas de vestir del tipo indicado anteriormente, caracterizado por que dicha función consiste en una combinación de tratamientos físicos y químicos basados en el uso completo de tecnologías de separación que incluyen:

50 a) tratamiento físico mecánico basado en filtración rotativa para eliminar los sólidos de mayor tamaño y espesor incluyendo aglomeraciones y agregaciones de fibras y los restos de piedras de los lavados a la piedra. Estos sólidos tienen tamaños grandes que varían de 0,1 mm a varios milímetros de diámetro. Por este motivo, el sistema de filtración instalado debe presentar un tamaño de malla inferior a estas partículas sólidas para evitar que pasen por las siguientes etapas. El primer filtro giratorio tiene un tamaño de malla variable entre 0,5 y 2 mm que permite que pequeños sólidos pasen a través de su tamiz de malla. Después, estos pequeños sólidos serían retenidos en un tamiz rotativo de malla redonda de 0,1 mm (un segundo filtro giratorio). Los tamaños de malla seleccionados se eligen debido a la necesidad de obtener un flujo alto y constante durante el funcionamiento. Esta configuración permite al sistema proteger la bomba de dichos residuos para prolongar su vida útil y también reducir su carga contaminante y mejorar el rendimiento de tratamientos posteriores.

b) procesos de oxidación controlados por presión en un tanque cerrado y sellado mediante el uso de ozono para degradar químicamente contaminantes orgánicos grandes y de cadena larga que se descomponen en moléculas menos dañinas y más pequeñas con una mayor hidrofilia y biodegradabilidad.

60 c) un sistema de filtración refinado para eliminar notablemente estas moléculas más pequeñas, macromoléculas orgánicas e inorgánicas, fibras restantes y, en especial, bacterias y virus combinando filtración multilecho o multimedia, tecnología de membrana y procesos de adsorción. Este sistema se divide en tres etapas diferentes:

65 • filtración mediante filtro multilecho, multicapa o multimedia formado por lechos filtrantes bien diferenciados compuestos de vidrio, una zeolita a base de silicato de aluminio y arena. El objetivo de esta etapa de filtración es proteger la última etapa de tratamiento y clarificar el agua eliminando turbidez y sólidos en suspensión con un tamaño

mayor a 5 micrómetros, eliminando así por completo las microfibras de la prenda.

● un sistema de membrana sumergida formado por membranas de fluoruro de polivinilideno (PVDF) con un tamaño de poro que varía de 0,05 a 0,1 micrómetros (pertenecientes por tanto a la microfiltración o ultrafiltración según el tamaño de sus poros) que permite la eliminación de pequeños sólidos y partículas aplicando presiones muy bajas, lo que conduce a altos flujos de agua con un bajo consumo de energía.

● un filtro de carbón activado (que puede ser lechos de carbón activado granular o en polvo) para adsorber los restantes contaminantes que puedan dar olor o color al agua tratada obtenida tras pasar por el sistema de recuperación de aguas de lavado.

d) opcionalmente, un sistema de desalinización basado en tecnologías de membranas diseñado para eliminar la creciente conductividad eléctrica del sistema y que funciona independientemente de la etapa de tratamiento oxidativo para lograr que el agua óptima se reintroduzca en las lavadoras. De acuerdo con los requisitos de flujo de diseño y volumen, se pueden aplicar diferentes configuraciones existentes como etapa de desalinización y difieren en su implementación. Para volúmenes más pequeños, una etapa de desalinización paralela que consiste en un proceso de destilación por membrana es una buena opción para eliminar el contenido excesivo de sal en el agua tratada sin necesidad de un sistema de recuperación principal. No obstante, para requisitos de volúmenes más grandes y de flujo de diseño más altos, la implementación del sistema de nanofiltración/ósmosis inversa después del tratamiento de refinado permite que el sistema de recuperación de agua logre la eliminación deseada del contenido de sal y mantenga la producción general de agua tratada.

Esta divulgación también se refiere a una máquina para el tratamiento de agua residual industrial de ropa del tipo indicado anteriormente, caracterizada por que comprende además medios de control diseñados para llevar a cabo el método descrito anteriormente.

La invención también comprende otras características detalladas ilustradas en la memoria descriptiva detallada, las realizaciones de la invención y las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Las ventajas y características de la invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción que, sin limitar la reivindicación principal, explica ciertas realizaciones preferidas de la invención, con referencia a las figuras.

La figura 1A es un diagrama esquemático de una primera realización de un sistema de recuperación de agua de acuerdo con la invención, ilustrando cada parte específica del proceso, para requisitos de volúmenes pequeños y de flujo de diseño bajos.

La figura 1B es un diagrama esquemático de una segunda realización de un sistema de recuperación de agua de acuerdo con la invención, para requisitos de volúmenes grandes y de flujo de diseño de mediano a alto, ilustrando cada parte específica del proceso.

La figura 2A representa la primera realización de la figura 1A con los diferentes módulos que forman el sistema.

La figura 2B muestra la segunda realización de la figura 1B con los diferentes módulos que forman el sistema.

La figura 3A es un diagrama de bloques del sistema de la primera realización de la figura 1A con el método seguido en el tratamiento de agua residual para su recuperación y reutilización en la industria textil y del acabado de la ropa cuando se requieren pequeños volúmenes y bajos flujos de diseño.

La figura 3B representa un diagrama de bloques del sistema de la segunda realización de la figura 1B con el método seguido en el tratamiento de agua residual para su recuperación y reutilización en la industria textil y de acabado de la ropa cuando se requieren grandes volúmenes y flujos de diseño tanto medios como altos.

La figura 4A es una vista esquemática del módulo o tratamiento primario de la figura 2A, donde se muestra el sistema de filtración mecánica formado por el prefiltro y tamiz rotativo y todos los equipos complementarios necesarios para asegurar su correcto funcionamiento.

La figura 4B corresponde a la vista esquemática del módulo primario de la figura 2B, donde se muestra el sistema de filtración mecánica formado por el prefiltro y tamiz rotativo y todos los equipos complementarios necesarios para asegurar su correcto funcionamiento.

La figura 5A es una vista esquemática del tratamiento secundario de la figura 2A, donde se aplica el proceso de oxidación ilustrando el sistema de inyección, circuito de recirculación y las diferentes corrientes formadas durante el proceso.

La figura 5B es una vista esquemática del tratamiento secundario de la figura 2B, donde se representan los diferentes

elementos para realizar un adecuado proceso de oxidación.

La figura 6A es una visualización esquemática del módulo o tratamiento terciario de la figura 2A, donde se realiza el tratamiento de refinado ilustrando la separación por filtración y los flujos generados durante la operación.

La figura 6B representa una vista esquemática del tratamiento terciario de la figura 2B, donde se representan específicamente los componentes del tratamiento de refinado.

La figura 7A es un esquema generalizado de una realización del proceso de desalinización que ilustra el sistema de destilación por membrana.

La figura 7B es un esquema generalizado de otra realización del proceso de desalinización que ilustra el sistema de nanofiltración/ósmosis inversa y su equipo suplementario para asegurar su correcto funcionamiento durante la producción de agua tratada.

La figura 8 es una vista en perspectiva de un promotor de turbulencia.

La figura 9 es un diagrama de bloques del sistema de realizaciones preferidas del sistema de recuperación de agua según la presente invención, que describe la interconexión entre los módulos del sistema y los componentes del mismo.

Descripción detallada de las realizaciones de la invención

El sistema de recuperación de agua se describirá a continuación en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Las figuras 1A y 1B muestran dos ejemplos de realizaciones del sistema general de recuperación de agua junto con el equipo auxiliar que incluye bombas, tanques, válvulas y manómetros, entre otros, donde las principales diferencias se observan en los volúmenes de los tanques (que dependen de los requisitos de flujo de diseño) y el módulo de desalinización (que se describe a continuación). Ambas realizaciones del sistema consisten principalmente en un prefiltro 11, un tamiz rotativo 16, un tanque de agua sucia 19, un tanque de tratamiento 29, un filtro multimedia 45, un sistema de filtración por membrana sumergida 51, una adsorción con carbón activado 60, un tanque de agua tratada 62, y un sistema de desalinización por membrana. En la siguiente descripción, los sistemas de tratamiento antes mencionados se pueden dividir en tres módulos diferentes que se pueden comparar con un tratamiento de agua residual convencional y un módulo adicional empleado para eliminar el exceso de contenido de sal en el agua tratada. La figura 2A ilustra la vista esquemática del sistema de recuperación de agua con las diferentes secciones o módulos que brindan cohesión al método de tratamiento para requisitos de volúmenes más pequeños y de flujo de diseño más bajos. La figura 2B muestra la versión del sistema de recuperación de agua de lavado para requisitos de volúmenes más grandes y de flujo de diseño, que presenta algunas variaciones en comparación con el sistema de recuperación para volúmenes más pequeños representados en la figura 2A, especialmente en el módulo terciario y cuaternario (o de desalinización). El sistema de recuperación de aguas de lavado ha sido desarrollado con diferentes dimensiones para lograr los requisitos de flujo de diseño entre 0,5 y 25 m³/h. Las figuras 3A y B representan el método de tratamiento descrito mediante un diagrama de flujo, donde el proceso de desalinización cambia dependiendo de los requisitos de volumen y de flujo de diseño del sistema, implementándose como una etapa paralela en volúmenes más pequeños (definidos en los flujos de diseño entre 0,5 a 2 m³/h) y como parte del sistema de producción para volúmenes mayores (definidos en flujos de diseño de 2 a 25 m³/h).

El módulo primario 1 implica la captación de agua residual mediante la eliminación de los sólidos grandes y más gruesos del sistema mediante cribado, filtrado y tamizado. Estas etapas enfocadas a eliminar impurezas sólidas no deseadas son muy importantes para mejorar la calidad del agua contaminada que se bombea al módulo secundario.

El tratamiento secundario u ozonización 2 está estrictamente enfocado a descomponer químicamente los contaminantes presentes en el agua residual en compuestos más simples, menos dañinos, más hidrófilos y biodegradables. El ozono se genera in situ a partir de oxígeno y su uso se produce en un tanque presurizado en condiciones de operación controladas (temperatura y presión) para garantizar la oxidación de los materiales.

El módulo terciario 3 está enfocado al tratamiento de agua residual mediante procesos de filtración, que implican filtración por muchos lechos filtrantes diferentes en un filtro multicapa o multimedia, procesos de separación por membrana y adsorción.

Se añade un cuarto módulo conocido como proceso de desalinización 4 para asegurar la reducción del contenido de sal y conductividad eléctrica presente en el agua tratada mediante la implementación de tecnología de desalinización por membrana, tales como procesos de ósmosis inversa o destilación por membrana.

Como se muestra en la figura 4A, el módulo primario 1 consiste en una criba 8, un prefiltro 11 y un tamiz rotativo 16 con todos los equipos complementarios necesarios para asegurar su correcto funcionamiento. Después de ser utilizada en lavadoras, el agua con algunos contaminantes añadidos durante los procesos de lavado 5 se drena a un tanque de almacenamiento de agua residual 6 donde se acumula hasta alcanzar un cierto nivel BWS1, poniendo en marcha automáticamente el sistema de tratamiento de agua residual.

El flujo de agua residual 7 se filtra pasando a través de una malla grande (en adelante criba 8) para proteger la bomba de circulación 10. Esta criba 8 está diseñada para retener sólidos indeseables que podrían afectar negativamente al rendimiento de la propia bomba 10. El agua residual restante 9 se bombea al filtro de tambor rotatorio (en adelante prefiltro 11), donde los sólidos más gruesos y grandes no deseados (que van desde 0,5 mm hasta varios milímetros de diámetro) se retienen mediante filtración mecánica. Este prefiltro 11 está formado por, pero sin limitación, acero inoxidable 304 y debe tener un tamaño de malla variable de aproximadamente 0,5 a 2 mm para garantizar una alta retención de sólidos. Del mismo modo, con este prefiltro 11 también se rechazan grandes aglomeraciones de fibras, lo que genera dos flujos diferentes, donde un flujo de agua residual 12 se bombea (usando una bomba centrífuga 13 para proporcionar el flujo y la presión suficientes) al tamiz rotativo 16, y el otro flujo contaminado 14 generado se drena al tanque de almacenamiento de agua residual 6. Además, el prefiltro 11 se emplea para proteger la bomba centrífuga 13 y prolongar su vida útil.

La entrada de agua al tamiz rotativo 16 se controla mediante una válvula de control direccional neumática 15. El tamiz rotativo 16 (tamiz rotativo mecánico o tamiz rotativo de malla redonda) se produce en una sola etapa e implica el mecanismo de exclusión por tamaño o tamizado para separar sólidos pequeños mayores de 0,1 mm para proteger la bomba principal 26 y mejorar el rendimiento del proceso de oxidación que se realizará en el interior del tanque de tratamiento 29. También se pretende reducir la carga contaminante del agua residual rechazando pequeños sólidos que pueden dificultar el efecto del ozono en el agua residual, para mantener un alto flujo constante durante la operación, y mejorar los tratamientos fisicoquímicos posteriores con esta filtración mecánica. Este tamiz rotativo 16 también está formado por, pero sin limitación, acero inoxidable 304. De manera alternativa, los materiales que componen tanto el prefiltro 11 como el tamiz rotativo 16 deben resistir el ataque de diferentes productos químicos utilizados a menudo en la industria textil y en el acabado de la ropa, tal como hipoclorito de sodio y calcio, disolventes orgánicos, agentes oxidantes, bases, sales, ácidos y compuestos orgánicos tales como jabones, enzimas, suavizantes o agentes descolantes, entre otros. El tamiz rotativo 16 tiene un cepillo en espiral 17 para eliminar los sólidos retenidos en la superficie macroporosa del tamiz rotativo 16 sin reducir el flujo de agua residual 12 que circula hacia el tanque de agua sucia 19. Estos sólidos retenidos se depositan en un sitio de eliminación de residuos 18 para ser eliminados manualmente. Del mismo modo, el sistema de recuperación de agua de lavado para requisitos de volúmenes más grandes y de flujos de diseño, representado en la figura 4B, presenta la misma configuración pero diferente geometría. En este caso, los residuos líquidos formados por los sólidos retenidos en la superficie del tamiz rotativo 16 fluyen hacia el drenaje general 68 (explicado más adelante), el cual se envía al tanque de almacenamiento de agua residual 6 para ser tratado.

El tanque de agua sucia 19 es un tanque cerrado y sellado construido en acero inoxidable 316 con un volumen total que varía de 800 a 10000 litros, dependiendo de los requisitos de flujo de diseño, como se puede ver en la figura 4A y figura 4B para flujos de diseño más pequeños (800 a 1500 litros) y más grandes (1500 a 10000 litros), respectivamente. Como se indicó anteriormente en el caso del prefiltro 11 y el tamiz rotativo 16, los materiales que componen el tanque de agua sucia 19 deben resistir el ataque de los diferentes químicos utilizados en la industria textil y de acabado de la ropa. Tiene tres niveles: nivel mínimo BT1, óptimo BT2 y máximo BT3. El sistema llena automáticamente el tanque de agua sucia 19 hasta alcanzar el nivel máximo BT3. Cuando el nivel del agua cae a niveles inferiores a BT2, el sistema reinicia el proceso de llenado con agua residual de las etapas anteriores del sistema de recuperación de agua de lavado hasta llegar nuevamente a BT3 y el sistema detiene la bomba 13, indicando que el proceso de llenado se realiza de forma controlada y continua. En los casos en los que no hay agua residual que tratar pero el sistema exige que se trate agua sin tratar, una entrada de agua fresca 20 y una válvula de control 21 están instaladas en la parte superior del tanque de agua sucia para proporcionar suficiente agua para que el sistema continúe. Una válvula de drenaje 22 está ubicada en el fondo del tanque y abre automáticamente el drenaje 23 en intervalos regulares y controlados para reducir el contenido sólido dentro del tanque de agua sucia 19.

La figura 5A ilustra el módulo secundario donde se aplica el proceso de oxidación, representando el sistema de inyección y el circuito de recirculación. Después de abrir automáticamente ambas válvulas de control neumático 25 y 27, el flujo entrante 24 desde el tanque de agua sucia 19 se transfiere al tanque de tratamiento 29 por la acción de la bomba principal 26, obteniendo la entrada de agua 28. La entrada de agua 28 puede estar ubicada en cualquier punto del tanque de tratamiento 29, pero es recomendable ubicarla en la parte central del depósito para garantizar una mezcla adecuada de agua y ozono. El tanque de tratamiento 29 está construido de, pero sin limitación, acero inoxidable 316 con un volumen total que varía de 300 a 2500 litros, de acuerdo con los requisitos de flujo de diseño. El volumen de este tanque está diseñado con el propósito de ozonizar completamente el agua objetivo y eliminar el mayor contenido orgánico en menos de 6 minutos de tratamiento para satisfacer los requisitos de producción y calidad. El material del tanque de tratamiento puede ser cualquier material (otro tipo de acero inoxidable, acero inoxidable con revestimiento de PVDF o PTFE, etc.) que resista el efecto oxidante del ozono y de los grupos radicales (como $\cdot\text{OH}$, $\text{HO}_2\cdot$ y $\cdot\text{O}_2$) generados durante la ozonización. Del mismo modo, su espesor debe ser el adecuado para resistir los gradientes de presión resultantes de este tratamiento con ozono. Además, una única capa metálica de elementos helicoidales retorcidos se coloca dentro de este tanque de tratamiento 29 y se utiliza como malla del promotor de turbulencia 122 para trabajar en un régimen de flujo turbulento, lo que mejora la transferencia de masa y las condiciones hidrodinámicas (véase la figura 8). Durante la ozonización, la presencia de una malla del promotor de turbulencia 122 en el tanque de tratamiento aumenta la inestabilidad del flujo, limitando así la generación de espuma durante la reacción del ozono, y favoreciendo la recirculación del agua residual y la acción oxidante del ozono sobre

los contaminantes orgánicos mezclándolo completamente con el agua no tratada. Se pueden usar varias mallas del promotor de turbulencia 122 para reemplazar la capa metálica seleccionada de elementos helicoidales retorcidos con resultados muy similares, incluyendo barras cuadradas, barras cilíndricas, varillas lisas y espaciadores de tejido, entre otros, que han sido probados con éxito. Además de la geometría, el tamaño y la longitud del promotor de turbulencia 122 son relevantes para mejorar las eficacias de eliminación con ozono, donde las dimensiones de la malla del promotor de turbulencia 122 seleccionada son preferentemente el diámetro del tanque de tratamiento en longitud, 70 - 75 % de la altura del tanque de tratamiento en altura, y 0,6 cm en anchura. Esta operación de llenado se ejecuta de forma continua hasta alcanzar el nivel superior BA2, cuando se detiene el funcionamiento y comienza la ozonización con un retraso de 2 segundos (cerrando las válvulas 25 y 27 y abriendo las válvulas 30 y 35, respectivamente). La ozonización 2 degrada químicamente los contaminantes presentes en el agua residual, que se dividen en compuestos más simples, menos dañinos, más hidrófilos y biodegradables. La ozonización 2 tiene lugar en el tanque de tratamiento 29 donde se añade gas ozono 33 al agua mediante el uso de un inyector venturi 31. El flujo combinado 34, que consiste en una mezcla de agua y ozono, pasa a través de un mezclador estático 32 y se transfiere al tanque de tratamiento 29, mientras que el flujo combinado 36 está formado por agua y ozono residual que no puede reaccionar durante el proceso. Ambos flujos combinados (34 y 36) definen un circuito de recirculación que se bombea continuamente hacia y desde el tanque de tratamiento 29 para asegurar tanto la reacción del ozono con el agua contaminada como la inyección apropiada de ozono en el sistema de tratamiento de agua residual. Cuando se aplica ozono al sistema, la caída de presión existente se controla por dos manómetros P ubicados en el flujo combinado 34, que se utilizan para evaluar el rendimiento del inyector venturi 31. El autómata programable monitoriza el tiempo de funcionamiento tanto de la inyección como de la recirculación de ozono, así como la concentración de ozono inyectado. Para destruir el gas ozono que no puede reaccionar con el agua, se coloca un filtro de catalizador cerámico 37 en la parte superior del tanque de tratamiento 29. También se puede utilizar un filtro de catalizador metálico como destructor de ozono. Con este fin, el material del portafiltro debe ser un material resistente al ozono, tales como aleaciones específicas de acero inoxidable, PTFE, vidrio o muchos otros materiales. Esta destrucción catalítica del ozono da como resultado la formación de oxígeno 38, que se libera al medio ambiente. Una válvula de alivio de presión 39 se instala en la parte superior del tanque de tratamiento 29 para evitar la sobrepresión. Cuando la presión de funcionamiento supera los 450 kPa (4,5 bar), esta válvula 39 se activa, el sistema de tratamiento de agua residual deja de funcionar y el autómata programable avisa al usuario mediante una señal acústica. Hay otras alarmas implementadas en el autómata como alarma por sobrecalentamiento, fallo de la bomba, inversor, interruptor o generador de ozono, que ayudan al operador a saber qué tipo de inconvenientes pueden ocurrir y la causa del problema aparecido. Para la variación del sistema preparado para volúmenes mayores (figura 5B), el tanque de tratamiento 29 muestra una configuración diferente en su parte superior. La salida de ozono 115 fluye desde el tanque de tratamiento 29 al tanque de agua sucia sellado 19, donde el ozono residual reacciona con el agua acumulada sin tratar ubicada dentro de este tanque. El ozono restante 116 es entonces destruido por el filtro de catalizador cerámico 37, formándose así oxígeno 38 en esta reacción de descomposición. La salida de ozono 115 se puede utilizar también como flujo de desbordamiento desde el tanque de tratamiento 29 al tanque de agua sucia 19.

Cuando la ozonización 2 ha terminado, la válvula neumática 30 se cierra inmediatamente, mientras que las válvulas 35 y 42 se abren automáticamente. La bomba principal 26 funciona hasta reducir el nivel de volumen del tanque de tratamiento 29 al nivel BA1. Cuando se alcanza este nivel BA1, el proceso de llenado del tanque de tratamiento 29 comienza de nuevo automáticamente.

Una válvula de drenaje 40 está ubicada en el fondo del tanque de tratamiento 29 y abre automáticamente el drenaje 41 en intervalos regulares y controlados para reducir el contenido sólido dentro del tanque de tratamiento 29.

La figura 6A representa un esquema del tratamiento terciario o de refinado para requisitos de volúmenes pequeños y de flujo de diseño, ilustrando los procesos de separación, tal como filtración (filtración multimedia y tecnología de membrana) y adsorción con carbón activado (etapa opcional dependiendo de la calidad del agua buscada), empleados para obtener un agua tratada de alta calidad para ser reutilizada nuevamente en el sistema de recuperación de aguas de lavado. Con estas condiciones, el flujo tratado 43 se bombea a un filtro multimedia 45 que pasa a través de un flujómetro 44 para controlar tanto el flujo como el color del agua tratada. El filtro multimedia 45 clarifica el agua tratada eliminando pequeños sólidos suspendidos y disueltos con un tamaño superior a 5 µm. Por lo tanto, las microfibras de la prenda se eliminan por completo, asegurando así un buen nivel de limpieza. El filtro multimedia 45 consiste en tres lechos filtrantes bien diferenciados de vidrio, zeolita (a base de silicato de aluminio) y arena. De manera alternativa, en su lugar, también se pueden utilizar diferentes capas del mismo material filtrante (tal como vidrio o arena con diferentes tamaños y porosidades) como lechos filtrantes. Los sólidos retenidos se eliminan del filtro multimedia 45 mediante lavados programables que se activan automáticamente cuando se excede el control de presión diferencial, después de un número determinado de ciclos de filtración o en función de un tiempo definido indicado en el autómata programable (valores definidos por el usuario). En este caso, la válvula de drenaje 46 se abre automáticamente y el flujo contaminado formado 47 se devuelve al tamiz rotativo 16 para ser tratado nuevamente. El filtro multimedia 45 puede lavarse periódicamente. Para no interferir con la producción de agua tratada, los lavados se ejecutan durante la ozonización y su duración debe ser inferior al tiempo de inyección de ozono. El flujo contaminado 47 está compuesto principalmente por aglomeraciones y agregaciones de pequeñas fibras que pasan por los tratamientos anteriores (prefiltro 11 y tamiz rotativo 16). En versiones más grandes del sistema que corresponden al sistema de recuperación de agua de lavado representado en la figura 6B, la configuración de válvulas para ejecutar tanto la filtración como lavados programables ha sido mejorada y programada para conseguir el mejor rendimiento en el menor espacio.

Durante el funcionamiento, las válvulas 97 y 49 están normalmente abiertas, mientras que las 98, 99 y 100 están cerradas. Cuando el modo de lavado está activado, la válvula 49 se cierra y las válvulas 98, 99 y 100 se abren en estas condiciones para eliminar el golpe de ariete en la tubería. Esta operación se realizará después de los procesos de retrolavado y enjuague. Después de la secuencia antigolpe de ariete, las válvulas 97, 49 y 100 están cerradas, mientras las válvulas 98 y 99 están abiertas. Durante esta configuración, se está realizando la ozonización 2 y el tratamiento secundario 2 no está enviando agua a este módulo terciario 3. El agua para la limpieza 108 fluye desde el fondo hasta la parte superior del filtro multimedia 45, realizando así un retrolavado del filtro y eliminando los sólidos que taponaban y obstruían los lechos filtrantes. Para obtener el flujo de agua 108, se instala una válvula 107 en el fondo del tanque de agua tratada 62 para abrirse automáticamente cuando comienza el lavado y se bombea el flujo de agua 108 usando la bomba centrífuga 109 y una válvula de control abierta 119. Después del retrolavado y de una segunda secuencia antigolpe de ariete, se realiza un enjuague automático para eliminar las fibras suspendidas presentes dentro del filtro multimedia 45. Durante la operación de enjuague, las válvulas de control 97 y 100 están abiertas mientras que las válvulas de control restantes en el filtro multimedia 45 están cerradas. Cuando el enjuague y la última secuencia antigolpe de ariete han finalizado correctamente, se restablece el funcionamiento normal. La duración de cada etapa (secuencias antigolpe de ariete, contralavado y aclarado) puede ser programada por el usuario y controlada por el autómatas programable.

El flujo de agua filtrada 48 que ha pasado a través del filtro multimedia 45 y la válvula de control 49 pasa a través del flujómetro 50 y llega al tanque de tratamiento de membrana 51. La válvula de control 49 regula la presión y el caudal del flujo de agua filtrada 48, que es controlado visualmente por el flujómetro 50. El tanque de tratamiento de membrana 51 consiste en un sistema de membrana sumergida formado por membranas de PVDF en particular pero sin limitarse a un tamaño de poro promedio de 0,07 micrómetros que permite la eliminación de pequeños sólidos, partículas específicas, moléculas y sustancias aplicando presiones muy bajas. El sistema de filtración por membrana podría tener un tamaño de poro que varía de 0,05 a 0,1 μm , dependiendo de los requisitos de flujo de diseño y de la calidad del agua buscada. En cuanto al material de la membrana, se pueden utilizar poliarilsulfonas (como polietersulfona o polisulfona, entre otras) como alternativa al material PVDF, pero se recomienda el PVDF frente a otros materiales debido a su buena resistencia al ozono puro y residual. La cantidad de membranas en el sistema de filtración por membrana sumergida también depende del flujo de diseño y hace que el sistema se adapte a la demanda requerida, principalmente debido a la modularidad de la tecnología de las membranas. Esto permite que este sistema proporcione altos flujos de agua con un bajo consumo de energía. Para minimizar los fenómenos de incrustación de la membrana y ayudar a la difusividad y permeación del agua a través de la membrana, se utiliza un soplador de aire 52. El tanque de tratamiento de membrana 51 recibe agua hasta un nivel máximo BM2, en el que se detiene el proceso de llenado. Cuando el nivel del agua es inferior al nivel BM2, el proceso de llenado se reinicia hasta alcanzar nuevamente el nivel BM2. Cuando se alcanza el nivel BM1, el autómatas programable activa tanto la filtración por membrana como el soplador de aire 52. Si se produce un desbordamiento, el flujo 53 junto con el flujo 47 forman un flujo combinado 54 que circula hacia el tamiz rotativo 16. De la misma manera, cuando el contenido de sólidos en el tanque de tratamiento de membrana 51 excede un cierto valor (más de 15000 ppm), la válvula de drenaje 55 se abre automáticamente y el flujo contaminado 56 se descarga en el tanque de almacenamiento de agua residual 6. Este flujo contaminado 56 está compuesto por los sólidos de gran tamaño acumulados, partículas, macromoléculas y sustancias retenidas por las membranas en el agua.

La separación se produce por impedimento estérico o efecto de tamizado en modo de filtración de flujo cruzado o de flujo tangencial. Se prefieren las operaciones de flujo cruzado al modo sin salida debido a su menor tendencia a la contaminación. Aquí, el agua filtrada fluye paralela a la superficie de la membrana a una velocidad suficiente para limitar la formación de una capa incrustante sobre la superficie polimérica y las paredes de los poros de la membrana. Esta capa no deseada se forma por la adsorción y deposición de solutos sobre ellas y podría provocar la saturación y obstrucción de la membrana. Por tanto, la rápida disminución del flujo causada por los fenómenos de incrustación se reduce trabajando con estas configuraciones. El flujo de permeado que pasa selectivamente tangencialmente a la capa activa de las membranas es bombeado por acción de una bomba de succión (en adelante bomba de membrana 59) al tanque de agua tratada 62 en el que se almacena el agua filtrada. Los solutos más pequeños que el tamaño de los poros pasan a través de la membrana, mientras que los solutos más grandes quedan retenidos. Este proceso se produce de forma automática hasta alcanzar el nivel BM1 en el tanque de tratamiento de membrana o BAT2 en el tanque de agua tratada. El tanque de agua tratada 62 tiene fondo plano y puede construirse de cualquier material o combinación de materiales que pueda resistir la corrosión causada por el almacenamiento de agua (polímero, acero al carbono, acero inoxidable, acero recubierto de polímero, fibra de vidrio, entre otros). Su volumen varía entre 1.000 y 30.000 litros pero podría ser incluso mayor en función de la producción de agua tratada. La válvula de control 58 está instalada en el flujo de permeado 57 para controlar la presión y el flujo de la filtración de membrana, que es controlado visualmente por el flujómetro 61. Antes de ser almacenado en el tanque de agua tratada 62, el flujo de permeado 57 se filtra a través de un filtro de carbón activado 60 para eliminar el olor restante y las moléculas coloreadas mediante adsorción. Como se mencionó anteriormente, la implementación de la adsorción de carbono depende de la calidad buscada. El flujo de agua tratada 63 circula a las lavadoras mediante el uso de una bomba centrífuga 64. Un medidor de agua 65 se sitúa en la salida del tanque de agua tratada 62 para controlar la cantidad de agua recuperada con el sistema de recuperación de agua de lavado. En el caso de no alcanzar el nivel BAT1, el sistema de recuperación de agua cierra sus funcionamientos tan pronto como sea posible hasta que se pueda restablecer el nivel BAT1 con agua tratada. En el caso del desbordamiento 70, este flujo circula hacia el tanque de tratamiento de membrana 51. De manera adicional, una válvula de drenaje neumática 66 se abre automáticamente en intervalos regulares programables y el flujo 67 se descarga en el tanque de almacenamiento de agua residual 6 para eliminar cualquier sólido sedimentable ubicado en

el fondo del tanque de agua tratada 62. El flujo 68 es la combinación de los flujos 14, 23, 41, 56 y 67, que correspondía al drenaje del prefiltro 11, tanque de agua sucia 19, tanque de tratamiento 29, tanque de tratamiento de membrana 51 y tanque de agua tratada 62, respectivamente. El flujo 68 circula hacia el tanque de almacenamiento de agua residual 6 con el propósito de recuperar la máxima cantidad de agua que se introdujo en el sistema de recuperación de agua de lavado. Se genera un flujo residual 69 por la sedimentación de sólidos y fibras de gran tamaño.

A continuación se detalla el módulo de desalinización 4, que se muestra en la figura 7A. El proceso de desalinización elimina el contenido de sal existente en el agua tratada sin comprometer el proceso principal del sistema de recuperación de agua de lavado. Cuando la conductividad eléctrica muestra valores superiores a un límite configurable y predeterminado en la automatización programable, la válvula de drenaje 71 se abre automáticamente y el flujo 73 se bombea con la ayuda de una bomba de circulación 72 a un tanque de almacenamiento de agua limpia 74. Este tanque cilíndrico-cónico tiene un volumen total de 3000 litros aproximadamente y debe estar construido con materiales resistentes a la sal (o a la corrosión), tales como aleaciones específicas de acero inoxidable, materiales poliméricos (tal como TFE, PTFE, LDPE, SAN o PFA) o materiales híbridos. De manera alternativa, el volumen y dimensiones de este tanque se pueden adaptar a las exigencias de la instalación. El tanque de almacenamiento de agua limpia 74 está equipado con un calentador 75 para aumentar la temperatura del agua hasta 70 - 80 °C. El proceso de desalinización comienza cuando las válvulas neumáticas 76 y 78 se abren automáticamente y la válvula 92 se cierra, bombeando (mediante el uso de una bomba de circulación 77) el flujo calentado 79 al sistema de destilación de membrana 80 donde tiene lugar el proceso de desalinización. El sistema de destilación por membrana es un proceso de separación térmica que utiliza una membrana polimérica con una alta hidrofobicidad donde la fuerza impulsora está dada por un gradiente parcial de presión de vapor (provocado por una diferencia de temperatura) entre ambos lados de la membrana. El sistema de destilación por membrana de contacto directo consiste en dos cámaras, alimentación y permeado, y se compone de, pero sin limitación, acero inoxidable 304. Cabe señalar que los materiales que componen el sistema deben poder soportar grandes diferencias de temperatura (hasta 50 °C) entre ambas cámaras. Ambas cámaras cuentan además con unos separadores de caucho de muy pequeño espesor (inferior a 5 mm). El flujo calentado 79 circula tangencialmente a la capa activa hidrófoba de la membrana. En el otro lado del sistema de destilación por membrana 80, un flujo frío de agua del grifo 88 circula en dirección contracorriente para favorecer la transferencia de calor y masa entre el flujo calentado y el frío. El flujo concentrado saliente 82, generado inmediatamente después de la transferencia de masa, regresa al tanque de almacenamiento de agua limpia 74 pasando a través de una válvula de control 81 y un flujómetro 83, que se instalan para controlar la presión y el caudal del flujo concentrado 82. Por otro lado, cuando la válvula neumática 86 se abre automáticamente, este flujo frío 88 se transfiere usando una bomba de circulación 87 desde el tanque de almacenamiento de agua fría 85 (alimentado por una fuente de agua corriente 84) al sistema de destilación por membrana 80, donde el flujo saliente 91 arrastra el líquido condensado obtenido después del proceso de desalinización y regresa al tanque de almacenamiento de agua fría 85. El tanque de almacenamiento de agua fría 85 tiene también una salida del agua condensada (no mostrada en las figuras) y una válvula de drenaje 120 con el correspondiente drenaje 121. La presión y el flujo están controlados respectivamente por una válvula de control 89 y un flujómetro 90 que están ubicados en el flujo de salida 91. Cuando el contenido de sal dentro del tanque de almacenamiento de agua clara 74 alcanza su punto de saturación característico, las sales precipitan en el fondo del tanque y la válvula de drenaje 94 se abre automáticamente y se genera un flujo residual 95 para ser gestionado. El agua tratada sin sal 93 sobrenadante se bombea luego al tanque de agua tratada 62 abriendo automáticamente las válvulas 76 y 92 y cerrando la válvula neumática 78 al mismo tiempo.

Para requisitos de volúmenes más grandes y de flujo de diseño más altos, el proceso de desalinización 4 se implementa en el módulo terciario como una etapa de producción más y se muestra en las figuras 6B y 7B. Después de filtrar el agua a través del sistema de adsorción con carbón activado 60 opcional, el agua filtrada inodora 101 se trata en el módulo de desalinización 4 para producir agua libre de sal 106, que se almacena en el tanque de agua tratada 62. El agua filtrada inodora 101 es bombeada por una bomba de alta presión 102 que proporciona presiones que varían de 500 a 2000 kPa (5 a 20 bar) para reducir significativamente su contenido de sal. El sistema de desalinización 103 está formado por diferentes membranas de nanofiltración hermética y/o ósmosis inversa sueltas configuradas para lograr los requisitos de flujo de diseño. No es necesario trabajar con presiones superiores a las indicadas porque la implementación de equipos suplementarios resistentes a altas presiones encarecerá enormemente todo el sistema de nanofiltración/ósmosis inversa 103 sin obtener diferencias significativas en su rendimiento. Por ejemplo, las membranas de nanofiltración ajustadas y las de ósmosis inversa sueltas (con pesos moleculares inferiores a 300 Da) muestran altas eficacias de eliminación de NaCl, MgSO₄ o CaCO₃ (85-95 %, >97 % y >95 % respectivamente), lo que las hace competitivas en la industria textil y acabado de la ropa en comparación con la ósmosis inversa de alta presión. La presión transmembrana (definida como el gradiente de presión entre ambos lados de una única membrana) se controla mediante la acción de la válvula de control 104 y dos manómetros P ubicados en la entrada y la salida del sistema de nanofiltración/ósmosis inversa 103, mientras que el flujómetro 118 monitoriza el flujo de permeado 106 obtenido después del tratamiento. El retenido o flujo concentrado con alta concentración de sal 105 circula hacia el tanque de tratamiento de membrana 51. El número de membranas dependerá de los requisitos de flujo del diseño, que varía de 2 a 25 m³/h. El mismo circuito de limpieza utilizado para el filtro multimedia 45 se puede emplear para realizar la limpieza del módulo de desalinización 4 implementando dos válvulas de control, a saber, 110 y 117, que se activan durante el proceso de limpieza. En este proceso, el flujo de permeado 112 se recircula al tanque de tratamiento de membrana 51 para ser retirado y reducir la carga orgánica depositada en el sistema de nanofiltración/ósmosis inversa 103. El flujo de alimentación 111 estaría formado por agua tratada sin sal y, en el peor de los casos, productos químicos 113 introducidos en el sistema (conectado al flujo de agua libre de sal

108) mediante una válvula de control 114 con el fin de realizar un mantenimiento completo del sistema. Esta etapa es opcional y se puede añadir para eliminar los solutos adsorbidos en el sistema y en la estructura interna del equipo.

De lo anterior es evidente que el sistema de recuperación de agua de la presente invención, cuya realización preferida se describe esquemáticamente en la figura 9, es un sistema de recuperación de agua para la industria textil, que comprende: [a] un módulo primario 1 con un medio de separación 291 y un tanque de agua sucia 19, [b] un módulo secundario 2 con un tanque de tratamiento 29, un medio generador de ozono 293, un circuito de recirculación 34, 36 y un filtro de catalizador 37, [c] un módulo terciario 3 con un medio de filtración 292, y [d] un tanque de agua tratada 62, en donde el medio de separación 291 es un sistema de filtración mecánica, y:

- el módulo primario 1 está configurado para recibir agua residual proporcionada al sistema de recuperación de agua;
- el sistema de filtración mecánica está configurado para eliminar partículas del agua residual convirtiéndola así en agua sucia;
- el tanque de agua sucia 19 está conectado al sistema de filtración mecánica y configurado para recibir de este último agua sucia;
- el tanque de tratamiento 29 del módulo secundario 2 está conectado al módulo primario 1 y configurado para recibir de este último agua sucia;
- el medio generador de ozono 293 está conectado al tanque de tratamiento 29 y configurado para suministrar a este último ozono para tratar el agua sucia en el tanque de tratamiento 29 mediante la aplicación del ozono al agua sucia y la reacción de esta última con el ozono;
- el circuito de recirculación 34, 36 está conectado al tanque de tratamiento 29 y configurado para bombear continuamente agua sucia desde y hacia el tanque de tratamiento 29 formando un circuito de recirculación dentro del módulo secundario 2 para promover en el mismo el suministro y la mezcla de ozono en el agua sucia promoviendo así la reacción del ozono con el agua sucia;
- el filtro de catalizador 37 está configurado para transformar en oxígeno cualquier ozono que no reaccione con el agua sucia en el tanque de tratamiento 29;
- el tanque de tratamiento 29 está cerrado y sellado de manera que la aplicación de ozono se realiza en un recinto completamente sellado;
- el módulo terciario 3 está conectado al módulo secundario 2 y configurado para recibir de este último agua sucia que ha sido tratada con ozono;
- el medio de filtración 292 está configurado para eliminar partículas del agua sucia que ha sido tratada con ozono, convirtiendo así esta última en agua tratada;
- el tanque de agua tratada 62 está conectado al módulo terciario 3 y configurado para recibir de este último el agua tratada.

En la figura 9, las flechas negras indican el flujo de agua preferible entre y dentro de los módulos y componentes de los mismos. Se indican específicamente los siguientes flujos:

- el suministro 300 de agua residual al sistema y al módulo primario 1 y medio de separación 291 del sistema,
- el suministro 301 de agua sucia desde el medio de separación 291 al tanque de agua sucia (19)
- el suministro 302 de agua sucia desde el módulo primario 1 y el tanque de agua sucia 19 al módulo secundario 2 y al tanque de tratamiento 29,
- el flujo 306 de agua sucia desde y hacia el tanque de tratamiento 29 y a través del circuito de recirculación 34 y el bucle de recirculación formado con este último,
- el suministro 303 de agua sucia procesada con ozono desde el módulo secundario 2 y el tanque de tratamiento 29 al módulo terciario 3 y el medio de filtración 292,
- el suministro 304 de agua tratada desde el módulo terciario 3 y el medio de filtración al tanque de agua tratada 62,
- el suministro 305 del agua tratada hacia el exterior del sistema para que el agua tratada pueda reutilizarse. En la figura 9, el medio de generación de ozono 293, se representa conectado al tanque de tratamiento 29 proporcionando ozono en el mismo. Opcionalmente, el medio generador de ozono 293 está configurado para inyectar/suministrar ozono de cualquiera de las siguientes maneras:

- directamente dentro del agua sucia contenida en el tanque de tratamiento 29, y/o
- directamente en el agua sucia que pasa por el circuito de recirculación 34, y/o
- en una parte del tanque de tratamiento 29 que no está llena de agua sucia pero que se comunica con el agua sucia en el tanque de tratamiento 29 permitiendo que el ozono entre en contacto y se mezcle progresivamente con el agua sucia.

Asimismo, es evidente que la presente invención también se refiere a un método para la recuperación y el tratamiento del agua. Lo más preferentemente, el método se refiere a la recuperación de agua y al tratamiento de agua en la industria textil. De acuerdo con la invención, el método comprende el uso de un sistema de recuperación de agua que es de acuerdo con cualquiera de las realizaciones anteriores del sistema, el sistema comprende [a] un módulo primario 1 con medio de separación 291 y un tanque de agua sucia 19, [b] un módulo secundario 2 con un tanque de tratamiento 29, un medio generador de ozono 293, un circuito de recirculación 34, 36 y un filtro de catalizador 37, [c] un módulo terciario 3 con un medio de filtración 292, y [d] un tanque de agua tratada 62, en donde el medio de separación 291 es un sistema de filtración mecánica,

comprendiendo el método además las etapas de:

- convertir el agua residual en agua sucia mediante la eliminación de partículas del agua residual mediante el sistema de filtración mecánica;
- suministrar ozono al tanque de tratamiento 29 usando el medio generador de ozono 293;
- dentro del tanque de tratamiento 29, tratar el agua sucia con ozono;
- 5 - usar el circuito de recirculación 34, 36 bombeando continuamente agua sucia desde y hacia el tanque de tratamiento 29;
- utilizar el filtro de catalizador 37 para transformar en oxígeno cualquier ozono que no reaccione con el agua sucia en el tanque de tratamiento 29;
- utilizar el medio de filtración 292 para eliminar las partículas del agua sucia que ha sido tratada con ozono, convirtiendo así esta última en agua tratada.

10 En una realización aún más preferida del método que es de acuerdo con la realización mencionada anteriormente, el método no comprende aplicar biofiltración.

15 Se aclara que todas las variaciones y realizaciones del sistema de la invención descrito en el presente documento se pueden utilizar para implementar el método de tratamiento de agua de la invención, y cualquier acción que se mencione explícita o implícitamente en el presente documento en relación con los elementos del sistema de recuperación de agua, también pueden considerarse como parte, etapa o característica del método de la invención.

20 Como ejemplo del funcionamiento del sistema de recuperación del agua de lavado con agua residual real procedente de la industria textil y de acabado de la ropa, el Ejemplo 1 muestra los resultados obtenidos para diferentes indicadores de calidad del agua antes y después de ser tratada con el presente sistema de recuperación del agua de lavado y las eficacias de eliminación de dichos parámetros. Los resultados se obtuvieron bajo las siguientes condiciones: los flujos de diseño variaron de 0,5 a 25 m³/h, el flujo de ozono fue de 9 m³/h, la concentración de ozono del 90% en peso, los tanques de tratamiento de membrana de lámina plana fueron diseñados para proporcionar el mismo flujo que el flujo de diseño de todo el sistema y se utilizaron como alimentación para el tratamiento de desalinización. En el caso de volúmenes grandes, el tratamiento de desalinización estuvo compuesto por módulos de membranas a presión dispuestos en un "árbol de Navidad" con membranas estancas de nanofiltración, que se organizan para mantener una alta velocidad de alimentación a través de los módulos.

30 Ejemplo 1. Características fisicoquímicas del agua utilizada para trabajar con el sistema H₂Cero.

Elemento	Indicadores	Antes de H ₂ Zero	Después de H ₂ Zero	Eliminación (%)
1	DQO (mg de O ₂ /l)	2200 - 4000	5 - 23	98,9-99,8
2	DBO ₅ (mg de O ₂ /l)	70 - 150	0 - 2	98,7 - 99,9
3	SST (ppm)	400 - 600	<5	>98,0
4	N _{total} (mg/l)	20 - 30	1 - 4	80,0 - 96,7
5	Color (PCU)	≥ 900	5 - 30	96,7 - 98,0
6	pH	7 - 10	7 - 10	---

35 Aunque se usan términos específicos en la anterior descripción en aras de la claridad, estos términos se han presentado con fines ilustrativos y de **Descripción de la invención**. No pretenden ser exhaustivos ni limitar la invención a la forma precisa descrita y son posibles muchas modificaciones y variaciones a la luz de las enseñanzas anteriores. Las realizaciones se eligieron y describieron para explicar mejor los principios de la presente invención y sus aplicaciones prácticas. Esta descripción permitirá a otros expertos en la materia utilizar y practicar mejor la invención en diversas realizaciones y con diversas modificaciones que sean adecuadas para un uso particular.

40 Bibliografía:

- X.A. Ning, J.Y. Wang, R.J. Li, W.B. Wen, C.M. Chen, Y.J. Wang, Z.Y. Yang, J.Y. Liu, Fate of volatile aromatic hydrocarbons in the wastewater from six textile dyeing wastewater treatment plants, Chemosphere 136 (2015) 50-55.
- 45 A. Muezzinoglu, A study of volatile organic sulfur emissions causing urban odours, Chemosphere 51 (2003) 245-252.
- B.Z. Wu, T.Z. Feng, U. Sree, K.H. Chiu, J.G. Lo, Sampling and analysis of volatile organics emitted from wastewater treatment plant and drain system of an industrial science park, Analytica Chimica Acta 576 (2006) 100-111.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de recuperación de agua para la industria textil, que comprende: [a] un módulo primario (1) con medio de separación (291) y un tanque de agua sucia (19), [b] un módulo secundario (2) con un tanque de tratamiento (29), un medio generador de ozono (293), un circuito de recirculación (34, 36) y un filtro de catalizador (37), [c] un módulo terciario (3) con un medio de filtración (292), y [d] un tanque de agua tratada (62), en donde el medio de separación (291) es un sistema de filtración mecánica, y:
- el módulo primario (1) está configurado para recibir agua residual proporcionada al sistema de recuperación de agua;
 - el sistema de filtración mecánica está configurado para eliminar partículas del agua residual convirtiéndola así en agua sucia;
 - el tanque de agua sucia (19) está conectado al sistema de filtración mecánica y configurado para recibir de este último agua sucia;
 - el tanque de tratamiento (29) del módulo secundario (2) está conectado al módulo primario (1) y configurado para recibir de este último agua sucia;
 - el medio generador de ozono (293) está conectado al tanque de tratamiento (29) y configurado para suministrar a este último ozono para tratar el agua sucia en el tanque de tratamiento (29) mediante la aplicación del ozono al agua sucia y la reacción de esta última con el ozono;
 - el circuito de recirculación (34, 36) está conectado al tanque de tratamiento (29) y configurado para bombear continuamente agua sucia desde y hacia el tanque de tratamiento (29) formando un circuito de recirculación dentro del módulo secundario (2) para promover en el mismo el suministro y la mezcla de ozono en el agua sucia promoviendo así la reacción del ozono con el agua sucia;
 - el filtro de catalizador (37) está configurado para transformar en oxígeno el ozono que no reaccione con el agua sucia en el tanque de tratamiento (29);
 - el tanque de tratamiento (29) está cerrado y sellado de manera que la aplicación de ozono se realiza en un recinto completamente sellado;
 - el módulo terciario (3) está conectado al módulo secundario (2) y configurado para recibir de este último agua sucia que ha sido tratada con ozono;
 - el medio de filtración (292) del módulo terciario está configurado para eliminar partículas del agua sucia que ha sido tratada con ozono, convirtiendo así esta última en agua tratada;
 - el tanque de agua tratada (62) está conectado al módulo terciario (3) y configurado para recibir de este último el agua tratada.
2. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el sistema no comprende un filtro biológico ni un filtro biológico aireado, y en donde el medio de separación (291) del módulo primario y el medio de filtración (292) del módulo terciario no comprenden un filtro biológico ni un filtro biológico aireado.
3. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el medio de separación (291) del módulo primario está configurado para eliminar del agua partículas con un tamaño mayor o igual a 0,05 mm, y en donde el medio de filtración (292) es capaz de eliminar partículas con un tamaño mayor o igual a 0,05 micrómetros.
4. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho medio de separación (291) del módulo primario comprende un filtro de tambor rotatorio (11) y un tamiz rotativo (16).
5. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho medio generador de ozono (293) comprende un proceso de oxidación avanzado para reducir la DQO y el color en agua no tratada.
6. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho medio de filtración (292) del módulo terciario comprende un sistema de filtración por membrana sumergida.
7. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con la reivindicación 6, en donde dicho sistema de filtración por membrana sumergida tiene un tamaño de poro promedio comprendido entre 0,05 y 0,1 micrómetros.
8. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con la reivindicación 6, en donde dicho sistema de filtración por membrana sumergida tiene membranas de ultrafiltración de PVDF.
9. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho tanque de tratamiento (29) tiene una salida de ozono (115) que está conectada con dicho tanque de agua sucia (19).
10. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende [e] un módulo de desalinización (4).
11. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con la reivindicación 10, donde dicho módulo desalinizador (4) está conectado a dicho tanque de agua tratada (62), recibiendo agua que se debe desalinizar de dicho tanque de agua tratada (62) a través de una válvula de drenaje (71) y un flujo (73), donde dicha válvula de drenaje (71) y dicho flujo

(73) están en paralelo a un flujo de agua tratada (63) que sale de dicho sistema de recuperación de agua.

5 12. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con la reivindicación 10, donde dicho módulo de desalinización (4) está conectado en serie entre dicho medio de filtración (292) del módulo terciario y dicho tanque de agua tratada (62), donde la única entrada de agua de dicho tanque de agua tratada (62) es agua libre de sal (106) procedente de dicho módulo de desalinización.

10 13. Sistema de recuperación de agua de acuerdo con la reivindicación 12, donde dicho módulo de desalinización (4) comprende un sistema de ósmosis inversa (103).

14. Un método para el tratamiento de agua residual para la industria textil, el método que comprende el uso del sistema de recuperación de agua que está de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y que comprende las etapas de:

15 - convertir el agua residual en agua sucia mediante la eliminación de partículas del agua residual mediante el sistema de filtración mecánica;

- suministrar ozono al tanque de tratamiento (29) usando el medio generador de ozono (293);

- dentro del tanque de tratamiento (29) tratar el agua sucia con ozono;

20 - utilizar el circuito de recirculación (34, 36) bombeando continuamente agua sucia desde y hacia el tanque de tratamiento (29);

- utilizar el filtro de catalizador (37) transformándolo en oxígeno y ozono que no reacciona con el agua sucia en el tanque de tratamiento (29);

- utilizar el medio de filtración (292) del módulo terciario eliminando partículas del agua sucia que ha sido tratada con ozono, convirtiendo así esta última en agua tratada.

25

15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el método no comprende aplicar biofiltración.

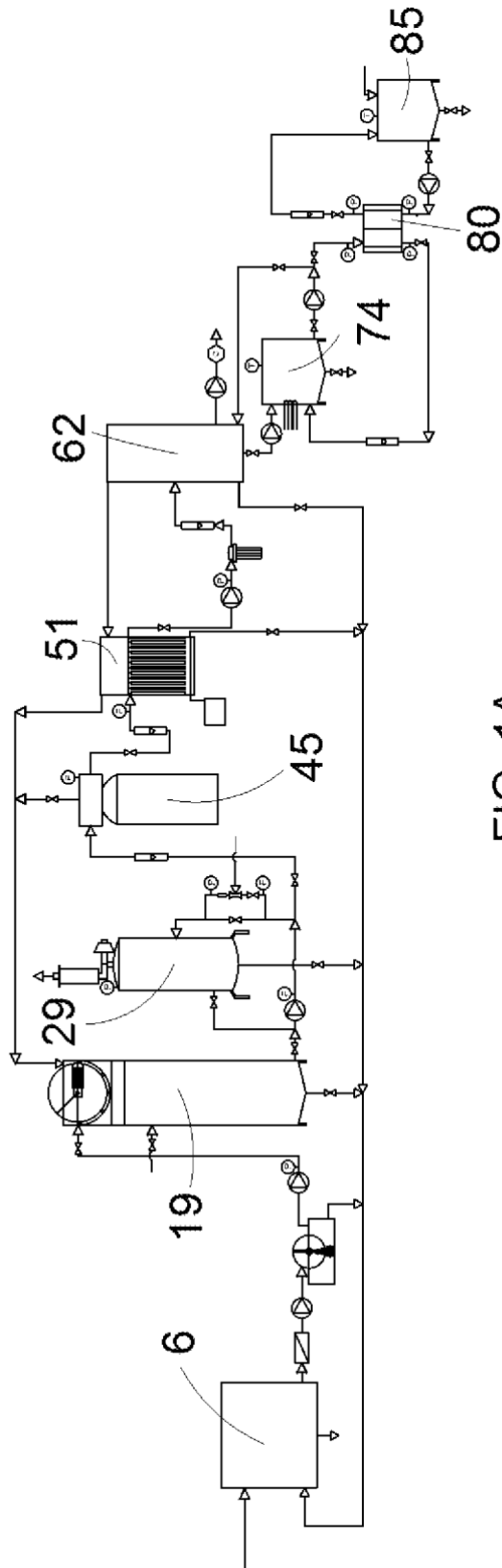


FIG. 1A

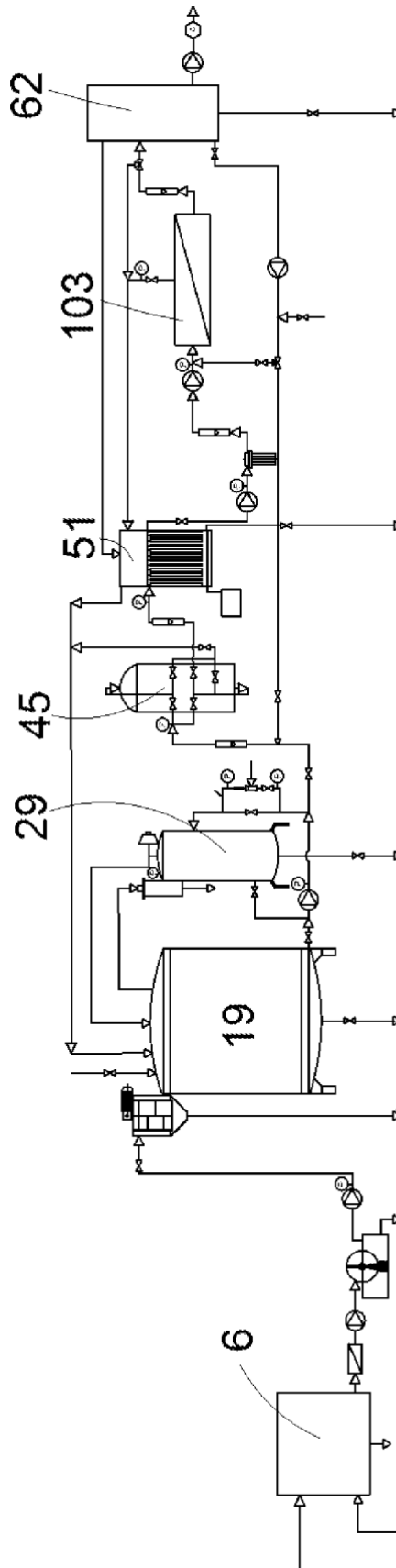


FIG. 1B

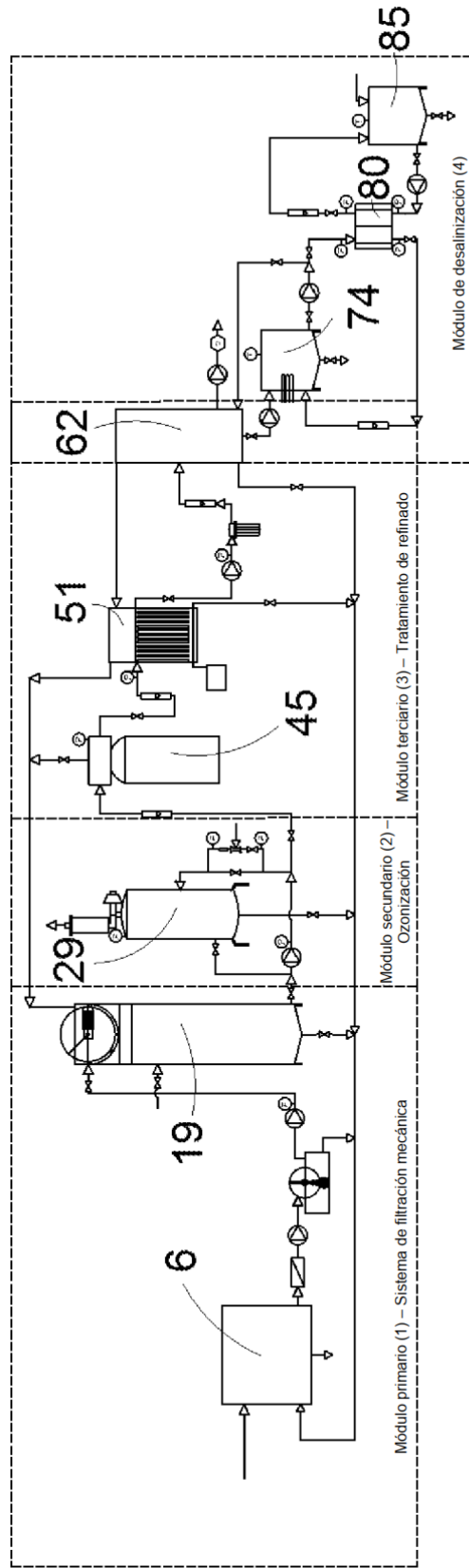


FIG. 2A

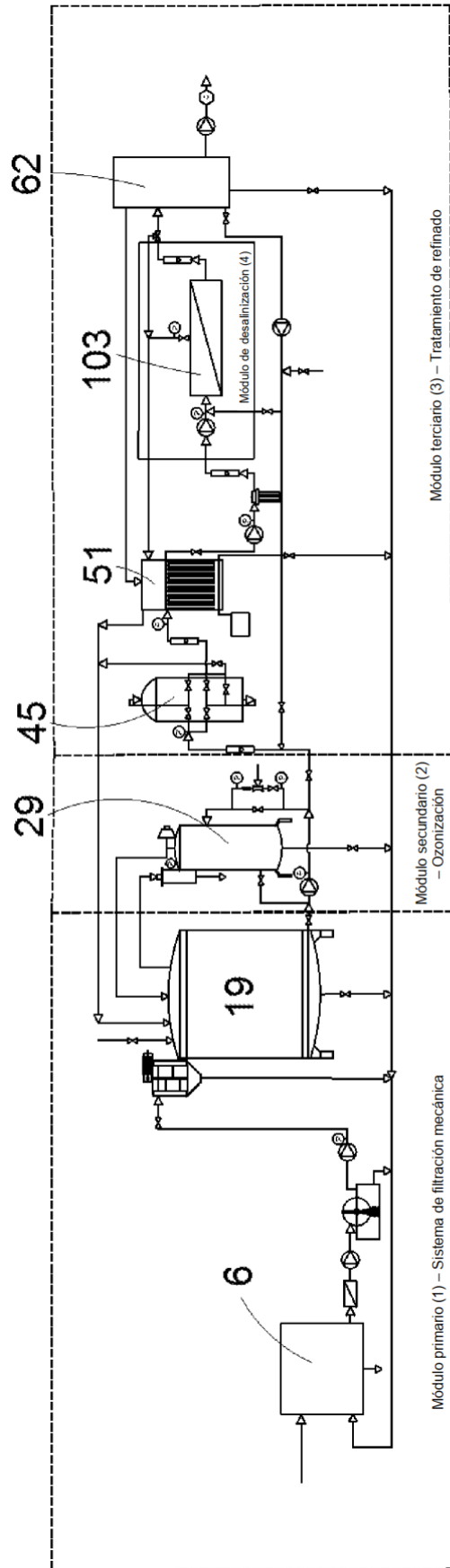


FIG. 2B

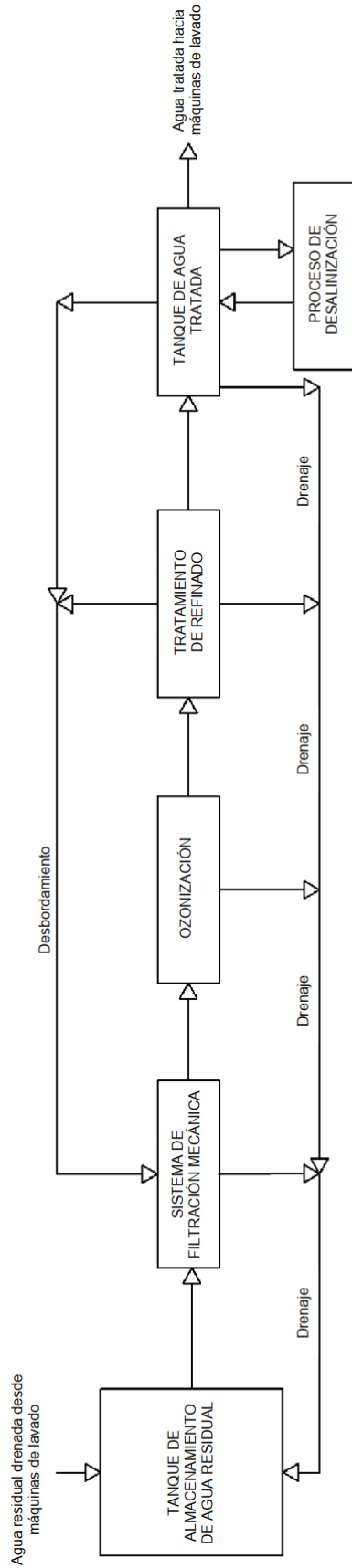


FIG. 3A

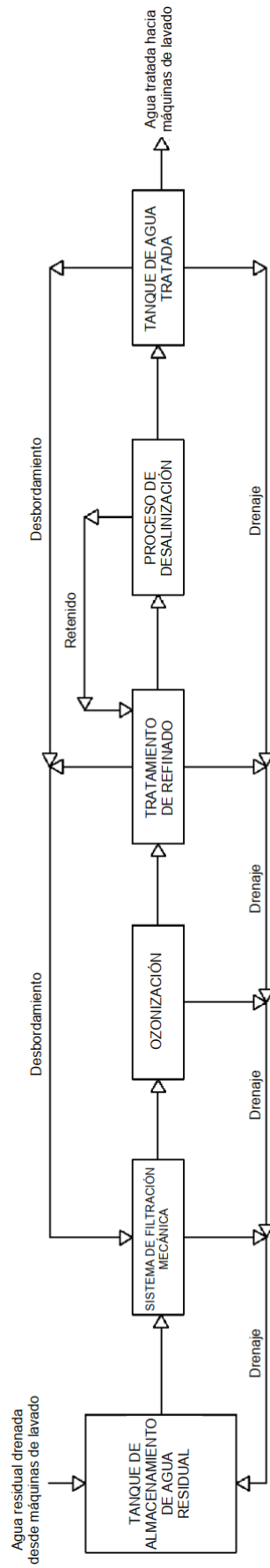


FIG. 3B

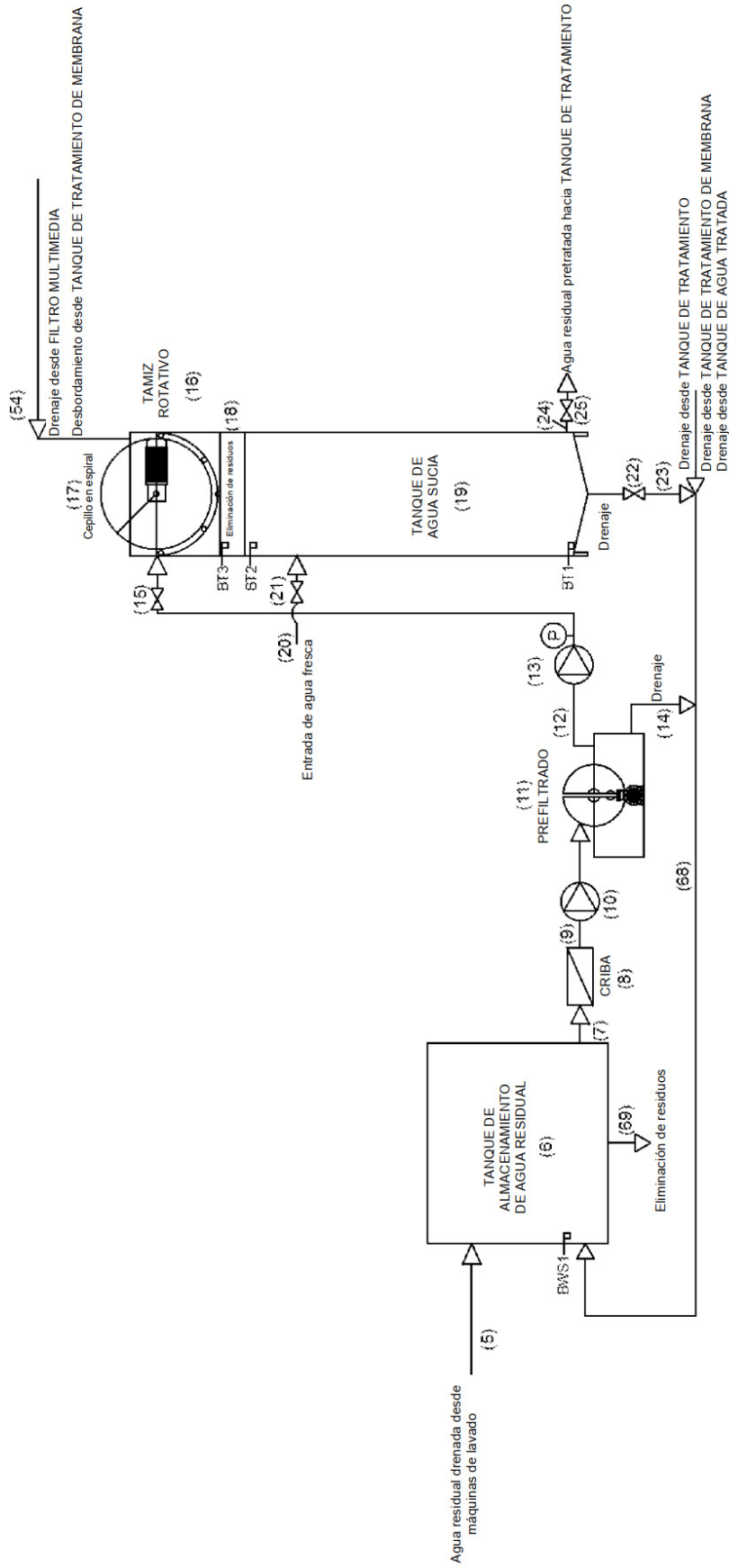


FIG. 4A

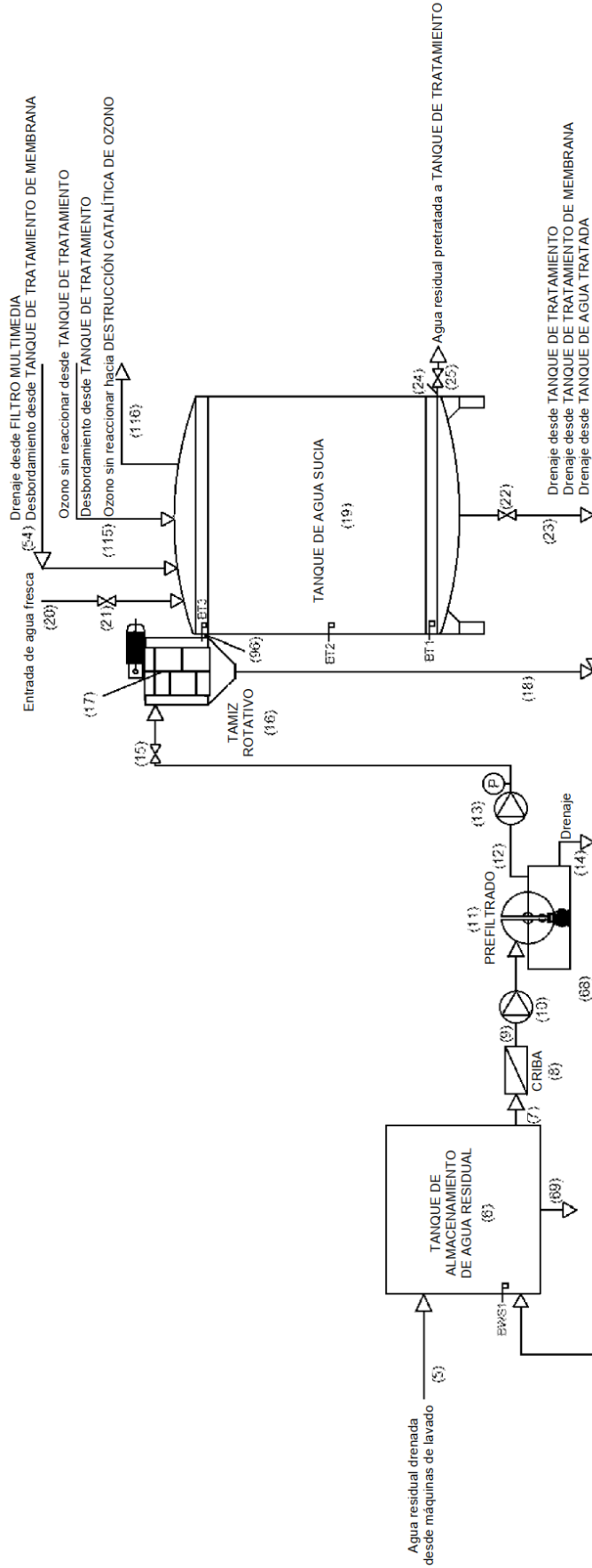


FIG. 4B

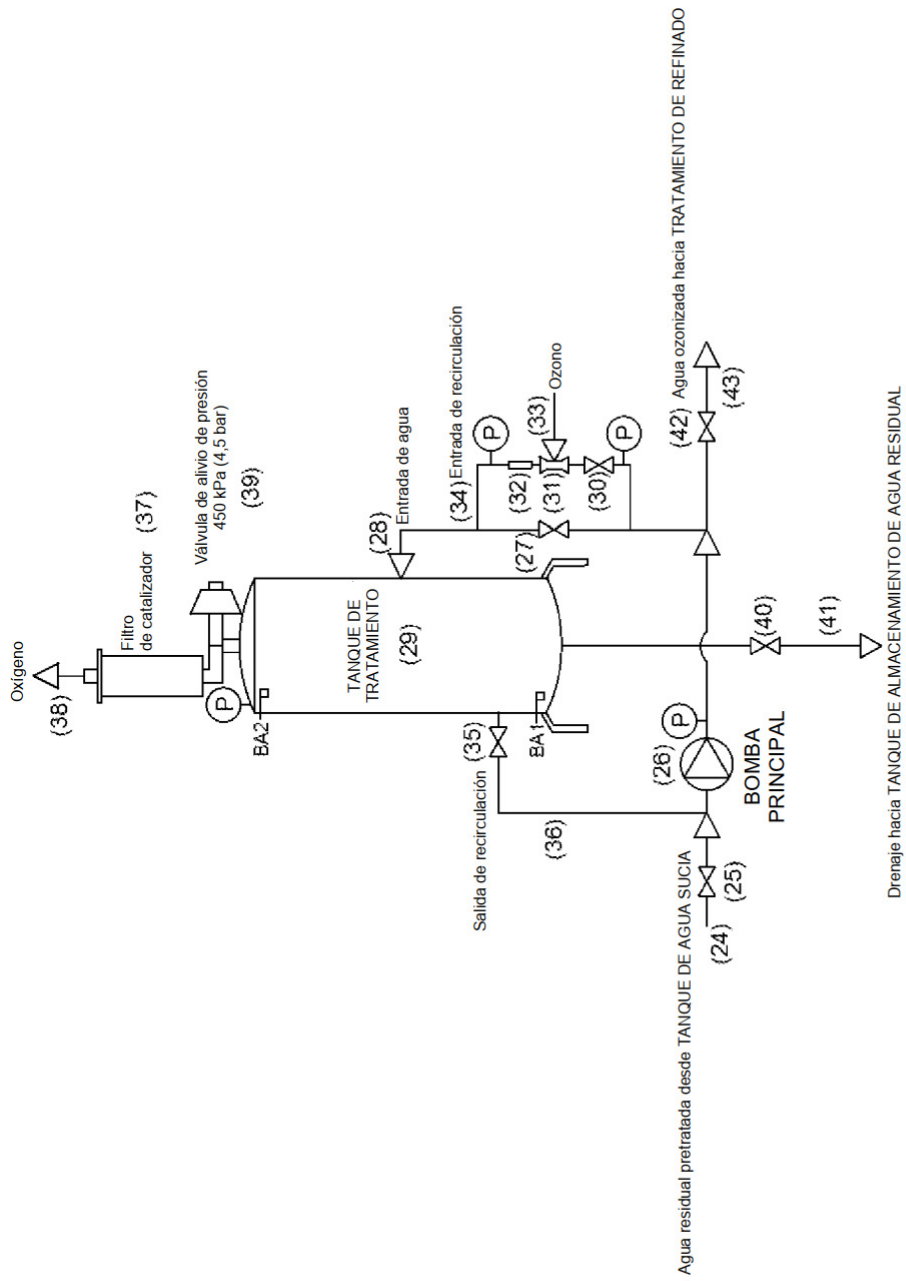


FIG. 5A

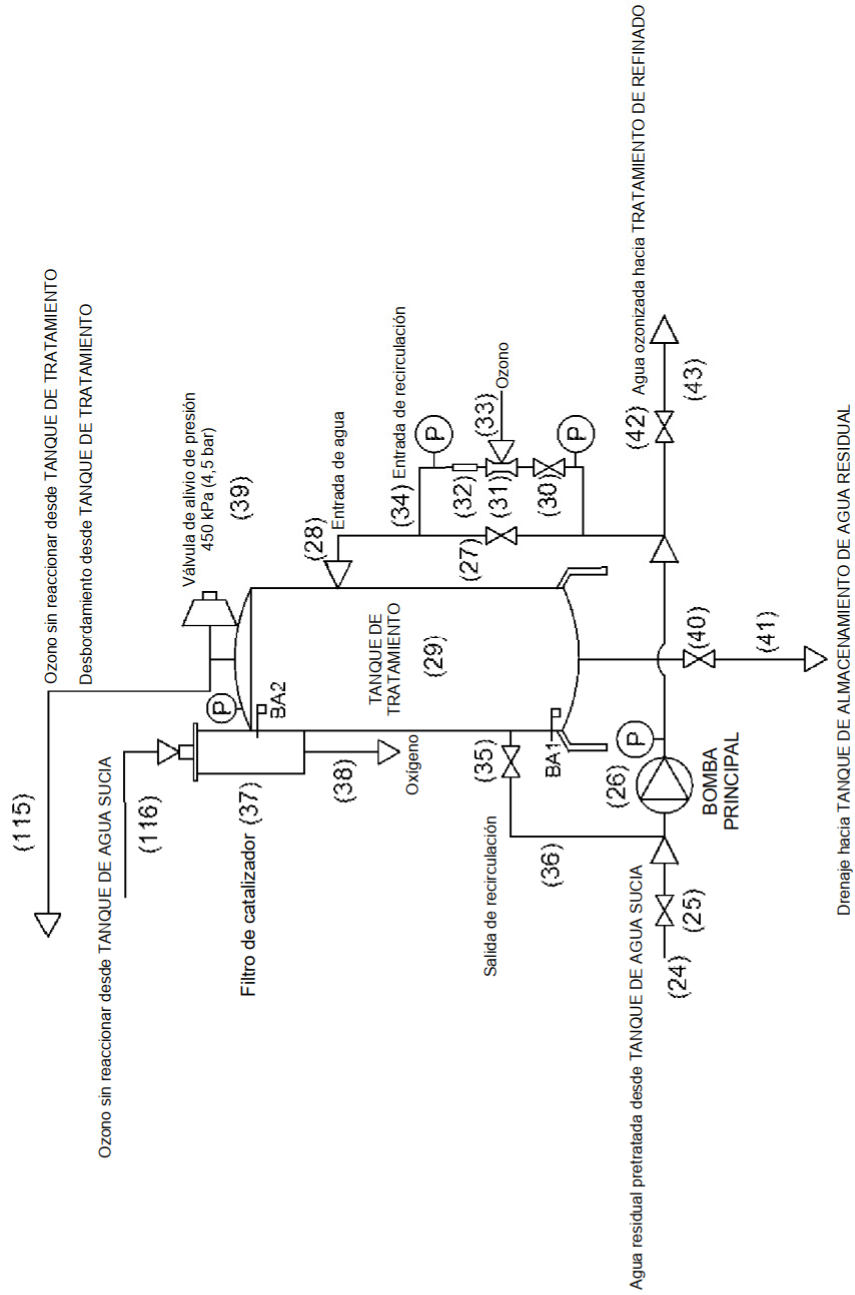


FIG. 5B

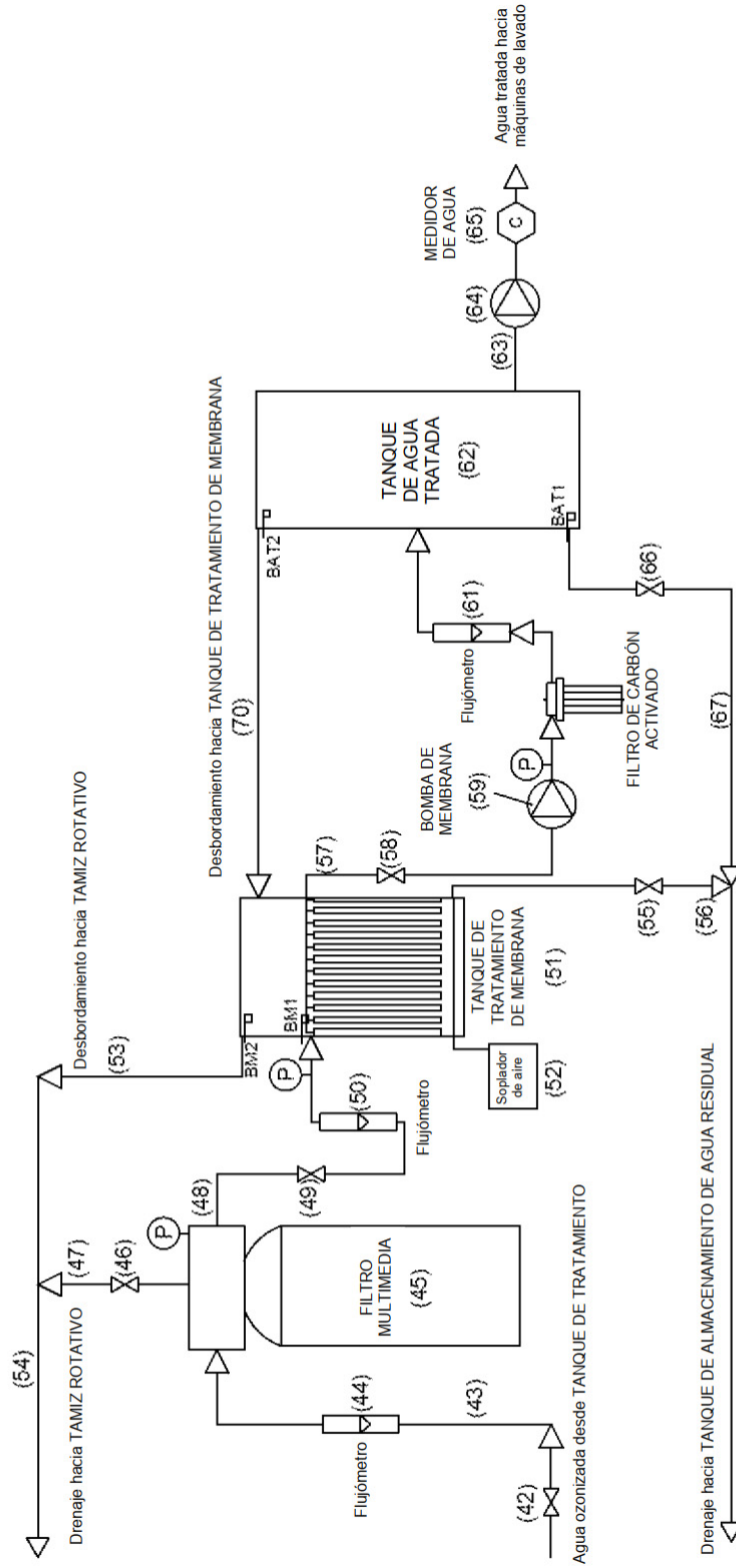


FIG. 6A

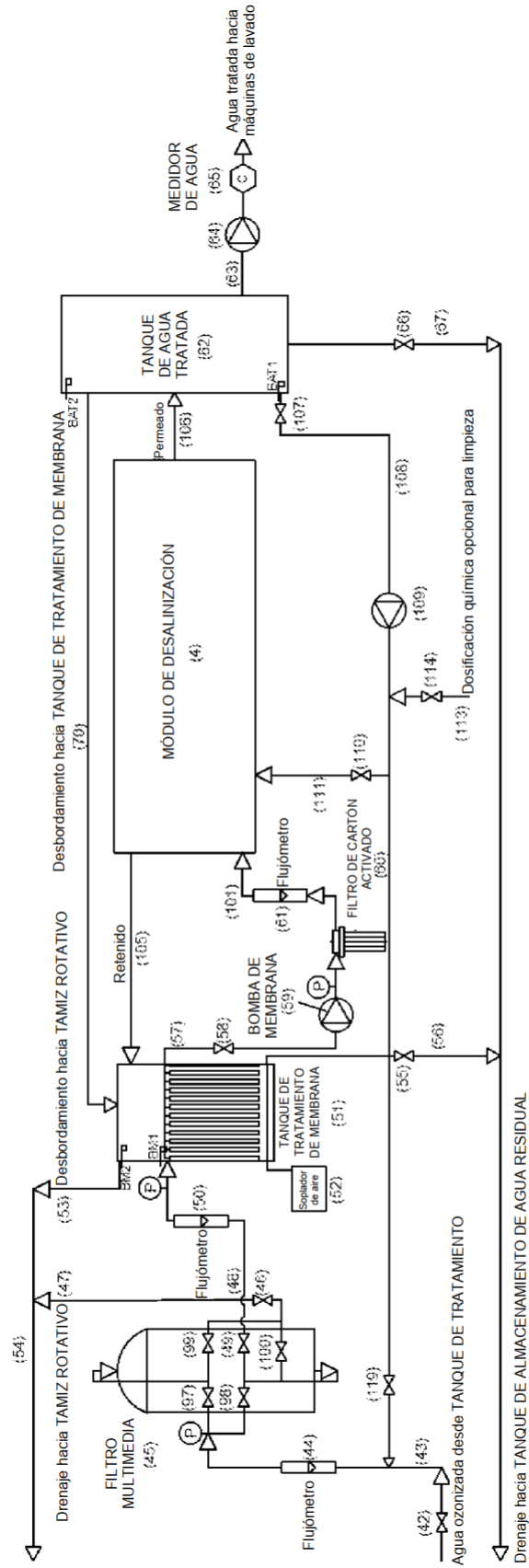


FIG. 6B

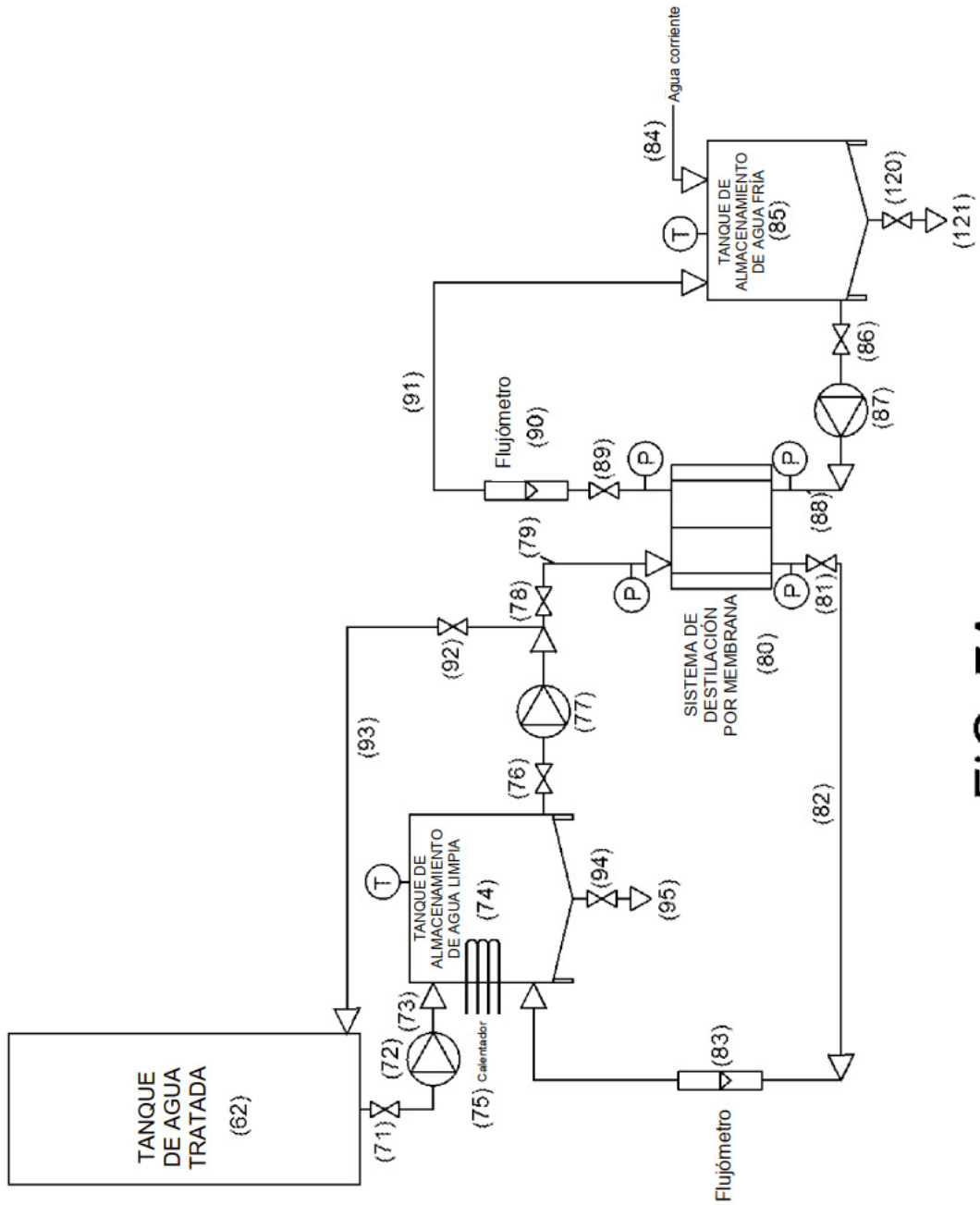


FIG. 7A

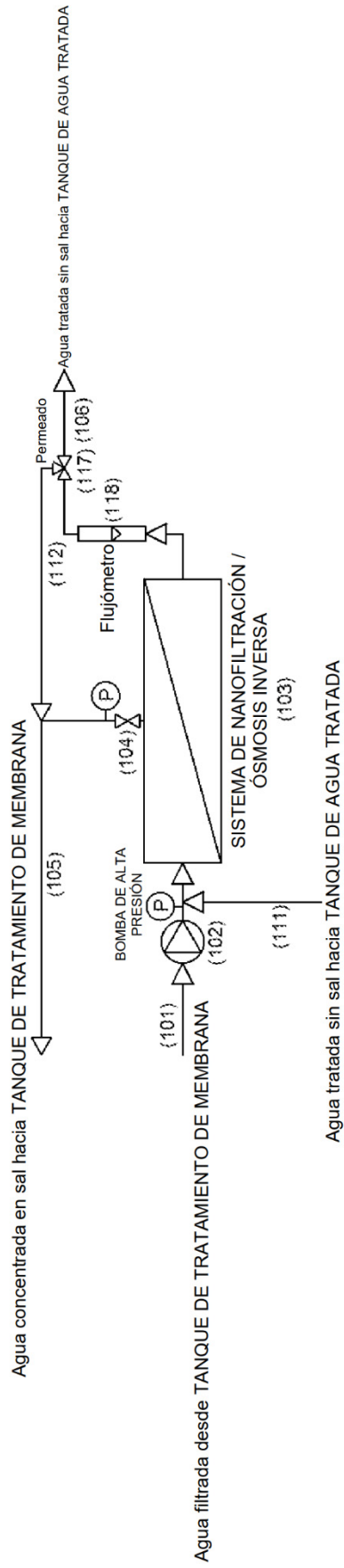


FIG. 7B

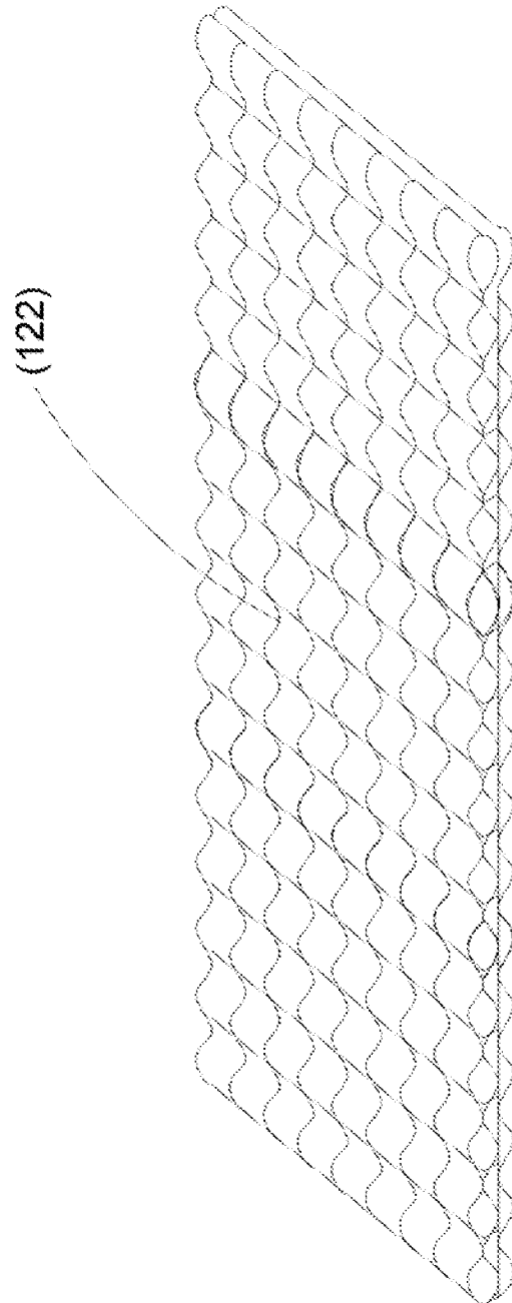


FIG. 8

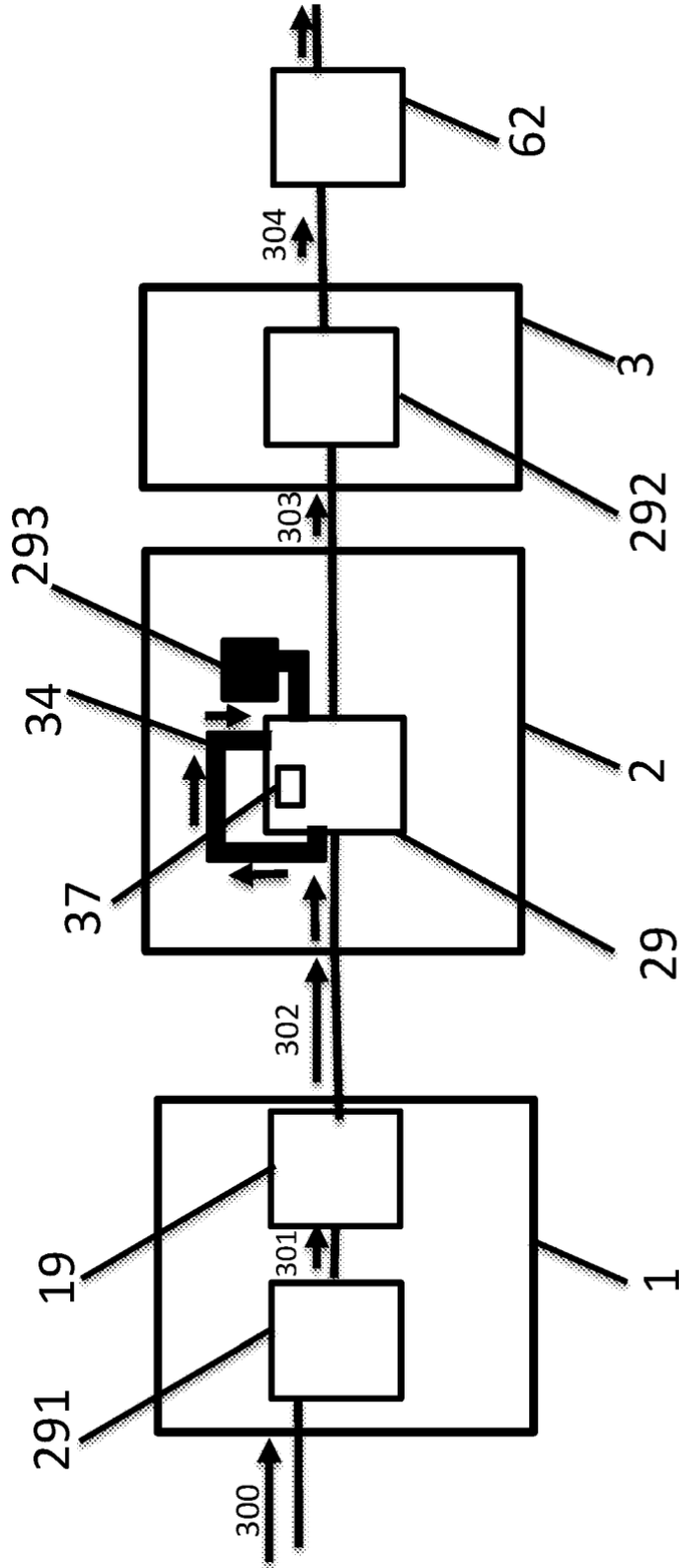


FIG. 9