

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 549**

51 Int. Cl.:

C02F 1/52	(2006.01) <i>C02F 1/32</i>	(2006.01)
C02F 1/66		(2006.01)
C02F 1/56		(2006.01)
C02F 1/50		(2006.01)
C02F 11/12		(2009.01)
C02F 1/00		(2006.01)
C02F 9/00		(2006.01)
C02F 1/28		(2006.01)
C02F 1/78		(2006.01)
C02F 1/76		(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2014 PCT/US2014/030016**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14145282**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2014 E 14764337 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 2969973**

54 Título: **Planta de tratamiento de aguas residuales cíclico, no biológico, portátil**

30 Prioridad:

15.03.2013 US 201361799432 P

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

26.03.2020

73 Titular/es:

**E3WATER LLC (100.0%)
600 North Carroll Avenue Suite 100
Southlake, Texas 76092, US**

72 Inventor/es:

**SMITH, DANIEL R. y
ROBERSON, KENNETH A.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 750 549 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

Planta de tratamiento de aguas residuales cíclico, no biológico, portátil

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención:

5 Esta invención se refiere en general a instalaciones y métodos de tratamiento de aguas residuales municipales, y particularmente a una planta de aguas residuales adaptada para el servicio a corto plazo en ubicaciones temporales para mitigar déficits provisionales de la capacidad de tratamiento de aguas residuales. Más particularmente, esta invención se refiere a un sistema de tratamiento de aguas residuales no biológico, unitario, portátil, adaptado para ser trasladado sin desmontarlo por caminos nacionales y estatales entre sitios temporales, y el aparato y los métodos empleados para hacer que tales instalaciones de tratamiento de aguas residuales sean portátiles.

2. Descripción de la técnica relacionada:

15 La mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales en uso hoy en día para el tratamiento aguas residuales municipales son del tipo biológico. Es bien sabido que los desechos líquidos de tales plantas no son adecuados para reutilizar sin tratamiento avanzado o terciario, que requiere equipo adicional y espacio terrestre. Los desechos sólidos también requieren un manejo y espacio considerable, ya sea para la eliminación o el procesamiento para su reutilización como fertilizante o combustible. Por ende, los requisitos de terreno y tamaño del equipo para tales plantas son bastante grandes, lo que da por resultado una significativa inversión de capital al construir o expandir este tipo de planta. Existe la necesidad de una planta de tratamiento de aguas residuales compacta, unitaria y portátil que no requiera pretratamiento extensivo ni espacio para manejo de materiales.

20 Es ampliamente conocido que el dióxido de azufre es un agente desinfectante eficaz y rápido para líquidos y sólidos, y es una opción económicamente aceptable. Los diseños anteriores para sistemas químicos de desinfección y deshidratación no han logrado una amplia aceptación, principalmente debido a la reducción insuficiente del tamaño del equipo o a limitaciones impuestas por los sistemas diseñados para la operación por lotes. Existe la necesidad de un sistema de tratamiento de aguas residuales que desinfecte continuamente tanto el líquido como los sólidos de manera rápida en un espacio limitado.

25 Las obras en construcción temporales pueden desarrollar campamentos muy grandes ocupados por trabajadores y, a veces, sus familias durante meses e incluso años cada vez. A menudo ubicadas en entornos rurales remotos o cerca de pequeños asentamientos existentes, los requisitos de tratamiento de aguas residuales de tales campamentos pueden superar fácilmente la capacidad de tratamiento local, si es que existe. Esto podría requerir que dichos municipios agreguen mucha más capacidad de la que necesitarán una vez que el campamento se disuelva después de la construcción. Existe la necesidad de instalaciones temporales de tratamiento de aguas residuales que se puedan establecer fácilmente para aumentar la capacidad provisional y que se puedan retirar y reubicar de manera eficiente y rápida cuando ya no se necesiten. Además, existe la necesidad de una planta de tratamiento de aguas residuales que se pueda trasladar por los caminos nacionales y locales de un sitio a otro con poco o ningún desmontaje.

35 El documento US 4 687 574 A describe una planta móvil de tratamiento de agua capaz de manejar aguas residuales confinadas dentro de las dimensiones de un contenedor convencional traccionado por camión. La planta móvil de tratamiento de agua comprende un tamiz para separar sólidos brutos de líquidos, una cámara de retención en la que se airea el líquido, una cámara de floculación para el líquido y un separador laminar. El agua se trata desde el separador laminar con oxígeno activado.

40 El documento US 4 340 489 A describe que las aguas residuales se desinfectan continuamente combinando las aguas residuales con suficiente ácido para reducir el pH del agua residual a menos de aproximadamente 4.

Compendio de la invención

45 En la reivindicación 1 se define un sistema portátil de tratamiento de aguas residuales según la invención. En la reivindicación 8 se define un método mejorado de tratamiento no biológico de aguas residuales no tratadas realizado en el sistema portátil de tratamiento de aguas residuales. En la reivindicación 9 se define el uso de un compuesto ácido en el sistema portátil de tratamiento de aguas residuales. En la reivindicación 10 se define el uso de un compuesto alcalino en el sistema portátil de tratamiento de aguas residuales. En la reivindicación 14 se define el uso de un compuesto floculante en el sistema portátil de tratamiento de aguas residuales. Las respectivas reivindicaciones dependientes se refieren a formas de realización ventajosas.

50 En general, la invención también sostiene que un tratamiento de aguas residuales móvil y un sistema de recuperación de agua para un despliegue rápido a fin de aumentar los sistemas de aguas residuales existentes y/o proporcionar un servicio provisional en lugar de instalaciones permanentes, puede incluir: (a) una etapa de desnaturalización en la que las aguas residuales sin tratar se trituran primero hasta lograr una arena suspendible, su pH primero se reduce para matar los bioorganismos sensibles a los ácidos, luego se eleva para matar los bioorganismos sensibles a las bases, y luego se neutralizada; (b) una etapa de aclaramiento que emplea un tanque de cono invertido para hacer circular la

5 solución después de la inyección con productos químicos para flocular partículas pequeñas para su recolección en una capa para la extracción; y (c) una etapa de eliminación en la que el agua clarificada pasa a través de filtros de medios para eliminar los sólidos y olores restantes, siendo el agua efluente lo suficientemente limpia para el riego, la vida acuática y la descarga en vías fluviales; y en donde el lodo estéril se presiona para formar sólidos semisecos, luego se seca, se tritura, se pulveriza y se embolsa para usar como fertilizante de biomasa con alto contenido de nitrato o para aplicaciones de cogeneración de energía con combustibles fósiles.

Breve descripción de los dibujos

10 La invención, así como un modo de uso preferido y otros objetos y ventajas de la misma, se entenderá mejor con referencia a la siguiente descripción detallada de una forma de realización ilustrativa cuando se lee junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 muestra un esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales de la presente invención.

La Figura 2 detalla el recipiente de reacción del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Figura 1.

La Figura 3 muestra una vista en planta inferior del recipiente de reacción de la Figura 2.

15 Las Figuras 4A – 4B representan vistas en perspectiva y en alzado frontal, respectivamente, del recipiente de reacción de la Figura 2.

Las Figuras 5A – 7 detallan formas de realización alternativas del encabezado mostrado en la Figura 4A.

Las Figuras 8A – 8B muestran un diseño físico de una versión portátil del sistema de tratamiento de aguas residuales de la Figura 1.

20 La Figura 9 representa una vista en perspectiva lateral elevada del remolque del recipiente del reactor del sistema de tratamiento de aguas residuales de las Figuras 1 y 8B.

La Figura 10 muestra el remolque del recipiente de pretratamiento del sistema de tratamiento de la Figura 1.

Las Figuras 11A – 11H representan pantallas para el módulo de control para el sistema de la Figura 1.

Descripción de una forma de realización preferida

25 Con referencia ahora a las figuras, y particularmente a las Figuras 1 – 7, el sistema portátil de tratamiento de aguas residuales de la presente invención comprende un método y un aparato adaptados para proporcionar un sistema portátil, unitario, de despliegue rápido en dos remolques que se puede configurar para proporcionar tratamiento de aguas residuales y de desecho en forma temporal o permanente. Primero se discutirá el sistema como un método, o proceso, y luego se presenta una discusión sobre el diseño físico que permite una rápida implementación y movilidad.

Proceso

30 El método empleado por la presente invención comprende el tratamiento químico de las aguas residuales primero con un ácido, tal como dióxido de azufre (SO₂), y luego con un alcalino, tal como cal (hidróxido de calcio (Ca(OH)₂), para desinfectar el líquido y los sólidos de organismos tolerantes a alto y bajo pH, neutralizando luego el pH del fluido resultante y procesándolo para precipitar y separar los sólidos del agua líquida, donde ambos pueden ser devueltos al medio ambiente.

35 La Figura 1 es una representación esquemática del proceso. El agua residual sin procesar se introduce en el sistema a través del conducto 1, donde ingresa en una etapa de maceración, representada en la Figura 1 por la bomba de maceración 20, que reduce los sólidos suspendidos en las aguas residuales a un rango de tamaño de 30 a 200 μm (30 a 200 micras). En una forma de realización preferida discutida en detalle a continuación, la etapa de pretratamiento separada 130 amortigua el flujo de aguas residuales afluente y lo alimenta de manera constante al sistema de tratamiento en el conducto 1. La etapa de pretratamiento 130 incluye tamices (no mostrados) para filtrar objetos grandes y sólidos y un sistema de maceración 20A que reduce los sólidos restantes a los rangos especificados anteriormente. El experto en la materia reconocerá que se pueden emplear diversos medios para procesar las aguas residuales sin tratar en aguas residuales afluente satisfactorias para alimentar al sistema en el conducto 1, sin apartarse del alcance de la presente invención.

45 Las aguas residuales pretratadas fluyen hacia el sistema a través de la válvula de retención 22 y pasan directamente al tanque de compensación afluente 7, donde se desinfectan parcialmente. Justo aguas arriba del tanque de compensación afluente 7, las aguas residuales se inyectan con un ácido como dióxido de azufre (SO₂) que reduce su pH para matar los microorganismos intolerantes al ácido. Preferiblemente, el ácido se inyecta en una cantidad suficiente para reducir el pH de las aguas residuales a un valor entre 2 y 2.5, lo que da por resultado un contenido residual de dióxido de azufre de al menos 20 ppm hasta 100 ppm, preferiblemente alrededor de 75 ppm.

El experto en la técnica reconocerá que otros ácidos inorgánicos, tales como compuestos de bromo y cloro, compuestos de halógeno, cloraminas y ozono, pueden servir para reducir el pH de las aguas residuales afluentes. Asimismo, las aguas residuales pueden ser tratadas con equipos de luz ultravioleta, aunque la desinfección UV con la tecnología actual es bastante costosa. Por lo tanto, se prefiere el dióxido de azufre, porque es abundante y económico, comparativamente seguro de manejar, no carcinogénico y puede proporcionarse fácilmente de varias maneras, dependiendo de la preferencia de los operadores del sistema.

Sistema de inyección de ácido

El ácido sulfuroso líquido (H_2SO_3), cuando se mezcla con agua, se ioniza en dióxido de azufre y agua. Una forma de realización preferida del sistema de inyección de ácido incluye un tanque de almacenamiento a bordo **50** que contiene ácido sulfuroso líquido que, cuando se alimenta mediante la bomba de avance químico **52** a través de los conductos de alimentación **15**, **15A**, **15B**, se inyecta directamente en la corriente de aguas residuales tanto aguas arriba (a través de válvula de alimentación química **54**) como aguas abajo (a través de la válvula de alimentación química **55**) del tanque de compensación afluente **7**. Esta disposición permite al operador (no mostrado) seleccionar un punto de inyección de dióxido de azufre deseado basado en la operación del sistema y la naturaleza del agua residual afluente.

Una forma de realización alternativa para el sistema de inyección de dióxido de azufre comprende usar dióxido de azufre gaseoso en cilindros comerciales. Estos reemplazan el tanque de almacenamiento químico **50**, la válvula del tanque de almacenamiento químico **51** y la bomba química **52** por un cilindro de gas y una válvula de inyección (que no se muestran), que fluye a través de los conductos de alimentación química restantes **15**, **15A**, **15B** y las válvulas de alimentación química **54**, **55** para la disposición del tanque de almacenamiento químico a bordo discutido anteriormente.

Otra forma de realización alternativa para el sistema de inyección de dióxido de azufre comprende un generador de dióxido de azufre (no mostrado) instalado aguas abajo de la válvula de verificación afluente **22**, de modo que el agua residual afluente fluya a través de una cámara en presencia de azufre y oxígeno en combustión, absorbiendo así el dióxido de azufre necesario producido en el proceso de combustión. En esta disposición, el tanque de almacenamiento químico **50**, la válvula del tanque de almacenamiento químico **51**, la bomba de alimentación química **52**, la válvula de alimentación química **53**, los conductos de alimentación química **15**, **15A**, **15B** y las válvulas de alimentación química **54**, **55** podrían eliminarse.

Después de pasar menos de dos (2) minutos en la etapa de desinfección a bajo pH dentro del tanque de compensación afluente **7**, el agua residual sale del tanque de compensación **7** a través del conducto de salida **2**, presionada por la bomba de presurización **23** hacia el punto de ramificación **2A**, donde una primera porción se recicla de nuevo al tanque de compensación afluente **7** a través del conducto de reciclaje **3**. El reciclaje de una porción del agua residual da por resultado un tiempo de contacto promedio de al menos cinco (5) minutos con el ambiente ácido y permite que el dióxido de azufre complete el proceso de desinfección. Una segunda porción del agua residual avanza hacia la mezcladora estática **27** a través del conducto de alimentación del clarificador **4**. La mezcladora estática **27** se trata con más detalle a continuación.

Desinfección a alto pH

Aguas abajo del punto de ramificación **2A** pero aguas arriba de la mezcladora estática **27**, las aguas residuales se inyectan con una solución alcalina para elevar su pH por encima del neutro y desinfectar de organismos que pueden prosperar a pH bajo pero para los cuales el pH alto es letal. El sistema de inyección alcalino comprende un tanque de almacenamiento alcalino **61** desde el cual la bomba de avance alcalina **63** alimenta el producto químico a través del conducto de alimentación alcalina **17** al punto de inyección alcalina justo aguas abajo del punto de ramificación **2A**. Preferiblemente, la solución alcalina es un compuesto de hidróxido fuerte, tal como cal (hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$), hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH), dependiendo de las aguas residuales a tratar. El experto en la materia reconocerá que se puede elegir cualquier solución básica adecuada para elevar el pH de las aguas residuales sin apartarse del alcance de la presente invención.

Inyección floculante

Aguas abajo del punto de inyección alcalina pero aún aguas arriba de la mezcladora estática **27**, las aguas residuales se inyectan con un floculante para promover la aglomeración y precipitación de partículas sólidas dentro de la etapa de clarificación. El sistema de inyección de floculante comprende un tanque de almacenamiento de floculante **56** a partir del cual la bomba de avance de floculante **58** alimenta el producto químico a través del conducto floculante **16** hasta el punto de inyección en la corriente de agua residual justo aguas arriba de la mezcladora estática **27**.

Las diferentes composiciones de aguas residuales requieren diferentes tratamientos floculantes. Los desechos municipales, aunque sorprendentemente consistentes, que incluso incluyen sistemas sépticos como inodoros portátiles que contienen altas concentraciones de biocidas, son ricos en compuestos orgánicos y microorganismos que se alimentan de ellos. Los desechos agrícolas también pueden ser ricos en microorganismos, pero también incluyen altas concentraciones de nitratos y nitritos a partir de la escorrentía de fertilizantes. Los desechos industriales pueden variar radicalmente, pero a menudo contienen bioorganismos y nitratos. Los tres pueden requerir diferentes compuestos floculantes.

Los floculantes a base de metal, como los compuestos de hierro, atraen fácilmente dichas partículas y hacen que se aglomeren para una mejor precipitación y eliminación como lodo. Preferiblemente, para el típico afluente de aguas residuales municipales, el floculante es un químico inorgánico líquido a base de hierro, tal como cloruro férrico (FeCL), sulfato ferroso (FeSO₄) o sulfato de aluminio (AlSO₄), dependiendo de las aguas residuales a tratar.

5 Inyección de polímeros

También se proporciona para inyección justo aguas arriba de la mezcladora estática **27**, según sea necesario, en base al agua residual real que se esté tratando, un polímero tolerante al alto pH. Los polímeros pueden ayudar en el proceso de aglomeración desencadenado por los floculantes, y pueden disuadir la adherencia del lodo a las paredes laterales de la etapa de clarificación, que se analiza con más detalle a continuación. Un sistema de inyección de polímero comprende un tanque de almacenamiento de polímero **66** desde el cual la bomba de avance de polímero **68** alimenta el producto químico a través del conducto de alimentación de polímero **18** para ser inyectado en la corriente de aguas residuales inmediatamente aguas arriba de la mezcladora estática **27**.

Los diferentes tipos de aguas residuales afluentes pueden requerir el uso de diferentes tipos de polímeros. El polímero correcto para cada aplicación se determina evaluando las aguas residuales afluentes. Algunos polímeros que pueden usarse con el sistema incluyen, entre otros: CAT FLOC, CAT FLOC+HI, CAT FLOC+LO, CAT CO HI, AN FLOC HI, AN FLOC MED y AN CO. Todos son fabricados y distribuidos por PFP Technology, de Houston, Texas.

Mezcladora estática

La mezcladora estática **27** comprende un tanque pequeño de un (1) pie de diámetro para mezclar los químicos inyectados en las aguas residuales justo aguas arriba del mismo. Como dispositivo estático, es preferible a las mezcladoras y los impulsores, que pueden obstruirse y romperse con el tiempo. A medida que las aguas residuales ingresan en la mezcladora estática **27**, el dispositivo amortigua y crea turbulencia en el flujo de aguas residuales, haciendo que los químicos inyectados se mezclen completamente. La mezcladora estática **27** no contiene partes móviles, y realiza la mezcla dirigiendo el flujo tangencialmente hacia adentro y hacia afuera de un pequeño tanque. La entrada y salida tangencial hacen que la solución se mueva en un movimiento circular dentro del tanque pequeño, causando así la turbulencia necesaria para el mezclado. El agua residual luego sale de la mezcladora estática **27**, y pasa a través del conducto de alimentación del clarificador 4 al recipiente de reacción **28**, donde se eliminan los sólidos.

Precipitación y eliminación de sólidos

Tal como se ve mejor en las Figuras 2 – 4B, el clarificador, o recipiente de reacción, **28** comprende una cámara con forma de cono invertido que tiene una sección superior cilíndrica donde se acumula el agua líquida desinfectada en espera del filtrado. El agua residual ingresa en el punto más bajo **82** del recipiente de reacción **28** (Figuras 2–3) y fluye radialmente hacia arriba en una trayectoria giratoria y rotatoria para salir a través del cabezal **85** dispuesto en la parte superior del tanque cilíndrico del recipiente de reacción **28**. La importancia de este patrón de flujo se discute con más detalle a continuación.

El recipiente de reacción **28** está diseñado para que las aguas residuales ingresen en el recipiente de reacción **28** en una tangente en el fondo a través del puerto de inyección **82**. Esto hace que las aguas residuales fluyan en un movimiento circular (en sentido contrario a las agujas del reloj en el hemisferio norte, y en el sentido de las agujas del reloj en el hemisferio sur), mientras se elevan a través del recipiente. Esta disposición única ayuda a la sedimentación de los sólidos al usar el efecto de gravedad en combinación con la fuerza centrífuga radial impartida por el movimiento circular.

La porción inferior en forma de cono del recipiente de reacción **28** tiene paredes que se inclinan en un ángulo no mayor de 29 grados respecto de la vertical. En tal pendiente, la gravedad impide que los grumos de materiales sólidos suspendidos floculados se adhieran a las caras interiores del recipiente de reacción **28**. Esto ayuda a la sedimentación de los sólidos y da como resultado una capa flotante de lodo (no se muestra) dispuesta en el tercio inferior del recipiente de reacción **28**. Esta capa de lodo se mantiene con un espesor de 0.91 a 1.21 m (tres a cuatro pies) retirando periódicamente el lodo del recipiente de reacción **28** a través de la válvula de salida de lodo **41** y el conducto de lodo **12** al tanque de almacenamiento de lodo **42**. El sistema de procesamiento de lodo se describe con más detalle a continuación.

Encabezados

En la parte superior del recipiente de reacción **28**, el medio de encabezado para extraer las aguas residuales desinfectadas y floculadas lo dirige hacia los filtros de acabado **35, 36**. El medio de encabezado permite que suficiente fluido salga del clarificador **28** para que no se cree un diferencial de presión. El medio de encabezado permite la recolección del líquido a través de toda la superficie superior del recipiente de reacción **28**, promoviendo así un flujo laminar suave hacia los filtros **35, 36**, lo que se analiza con más detalle a continuación.

En una forma de realización preferida, el medio de encabezado comprende el encabezado **85** representado en la Figura **4A**. El encabezado **85** es una estructura lateral en forma de árbol que tiene un colector central **86** con brazos colectores paralelos **87** dispuestos paralelamente y cubriendo la superficie del agua en la parte superior del recipiente

de reacción **28**. Véase las Figuras **5A – 5C**. Las formas de realización alternativas del encabezado **85** para el medio de encabezado incluyen un diseño de núcleo radial **185** (Figuras **6A – 6B**) y un diseño de colector superior **285** (Figura **7**). El experto en la materia reconocerá que todas las variaciones del diseño del encabezado se consideran dentro del alcance de la presente invención.

- 5 El agua residual desinfectada sale del recipiente de reacción **28** a través del conducto de agua **5** y pasa a la cavidad de aquietamiento **30**. La cavidad de aquietamiento **30** comprende un acumulador en columna simple que reduce la turbulencia y el flujo, permitiendo así un tiempo adicional para que las partículas remanentes, diminutas y sin decantar, se depositen fuera de la suspensión. Luego, el agua residual sale de la cavidad de aquietamiento **30** por los conductos **6, 7A**, donde es presurizada nuevamente por la bomba presurizadora **33** hasta una presión de conducto de entre 2.76 y 4.14 bar (40 y 60 PSI [libras por pulgada cuadrada]).

Filtrado de acabado

- 15 Desde la bomba **33**, el agua residual ingresa en el filtro de profundidad **35**, un filtro multimedia convencional que utiliza medios filtrantes que consisten en capas alternadas de arena, granate y antracita. A medida que el agua residual viaja en una trayectoria descendente a través del filtro de profundidad **35**, elimina las partículas remanentes mayores de aproximadamente 15 a 20 micras. A medida que las partículas eliminadas se acumulan en el filtro, se requiere un retrolavado ocasional. Esto se logra utilizando agua del tanque de almacenamiento de agua terminada **37**, utilizando el conducto de retrolavado **10** y la bomba de presurización **33**.

- 20 A medida que el agua residual filtrada y desinfectada sale del filtro de profundidad **35**, aún puede retener cantidades residuales de dióxido de azufre. El dióxido de azufre en sí mismo desodoriza la corriente de agua residual, pero tiene su propio olor, que puede ser notable en el efluente de agua descargada. Entonces, el agua residual se dirige a través del conducto de filtro **8A** al filtro de acabado **36**. El filtro de acabado **36** es un filtro de carbón convencional que utiliza un medio de carbón activo granular. A medida que el agua residual filtrada y desinfectada viaja en una trayectoria descendente a través del filtro de acabado **36**, se elimina cualquier color y olor residual que pueda estar presente (aunque es poco probable).

- 25 Para ambos filtros de presión **35, 36**, un sistema de drenaje inferior permite que salga suficiente líquido de los filtros mientras se mantiene una presión diferencial de entre 0.03 y 0.21 bar (0.5 psi a 3 psi). Esto crea una contrapresión en los filtros **35, 36** que mantiene el líquido fluyendo uniformemente y por toda el área cuadrada del recipiente.

- 30 El sistema de tratamiento de aguas residuales de la presente invención controla el proceso de desinfección regulando automáticamente la cantidad de H₂SO₃ (ácido sulfuroso) o SO₂ (dióxido de azufre), en función de la salida de un analizador de sulfito residual (no mostrado). El analizador se coloca en la salida de los filtros de acabado y proporciona un circuito de retroalimentación a los módulos de control del sistema, que se analizan a continuación. Un analizador de sulfito residual adecuado sería el número de modelo A15/66–2–1, fabricado por Analytical Technology Incorporated.

- 35 Desde el filtro de acabado **36**, las aguas residuales filtradas y desinfectadas se transportan a través del conducto de agua terminada **9** al tanque de almacenamiento de agua terminada **37**. Desde el tanque de almacenamiento de agua terminada **37**, el agua residual tratada se puede descargar para la reutilización deseada a través de la bomba de descarga **38** y el conducto de descarga **11**, aunque parte de ella se utilizará periódicamente para el retrolavado del filtro a través del conducto de retrolavado **10**, como se discutió anteriormente en este documento. El agua terminada puede usarse directamente para riego, descargarse en un canal de agua o procesarse adicionalmente para obtener agua potable.

- 40 Almacenamiento y procesamiento de lodo

El sistema de almacenamiento de lodo recibe partículas sedimentadas, o lodo, del recipiente de reacción **28** a través de la válvula de salida de lodo **41** y el conducto de lodo **12**. La sección de almacenamiento de lodo consta del tanque de almacenamiento de lodo **42** y la mezcladora de lodo **43**. La mezcladora de lodo **43** mantiene las partículas en el lodo en suspensión en espera del procesamiento a través de la prensa del filtro **48**.

- 45 El lodo sale del tanque de almacenamiento de lodo **42** a través de la bomba de diafragma accionada por aire **44** y se dirige al tanque de lodo **42**. El lodo luego se bombea a través del conducto de prensa del filtro **13** y dentro de la prensa del filtro **48** para deshidratar. La prensa del filtro **48** acumula lodo y lo comprime, extrayendo material líquido del lodo y devolviéndolo al tanque de compensación afluente **7** a través del conducto de retorno de líquido **14**. Un módulo de prensa del filtro **48** adecuado para este propósito está disponible como Modelo FP00456–FP630G32L–22–7AXC, de M.W. Watermark, LLC, de Holland, Michigan.

- 50 Una vez que se ha llenado la prensa del filtro **48**, se detiene el flujo de lodo y se deja que la prensa del filtro **48** drene durante aproximadamente 5 minutos. Luego se abre la prensa del filtro **48** y se eliminan los sólidos prensados para el secado y otro procesamiento para su reutilización. Estos sólidos pueden usarse como enmiendas del suelo, aditivos para alimentación de animales, o quemarse como combustible para generar calor o posiblemente electricidad.

- 55

Consumo de energía, capacidad y controles

5 El sistema de aguas residuales descrito anteriormente puede ser de diversos tamaños, pero para la característica de transportabilidad descrita a continuación tiene un tamaño limitado para tratar entre 54.509 y 218.039 litros (14.400 galones y 57.600 galones) de aguas residuales durante un período de 24 horas. Esto es suficiente para la mayoría de las aplicaciones temporales, y puede servir a un sistema municipal con cientos de casas típicas conectadas. Si se requieren volúmenes mayores, se pueden organizar varias unidades en paralelo en cantidades suficientes para manejar el flujo requerido.

En esta forma de realización de tamaño preferido, el consumo de energía requiere solo un suministro de 240 voltios, ya sea monofásica o trifásica, con una capacidad de quince kilovatios (15 kw) o menos.

10 Las Figuras **11A – 11H** representan impresiones de pantalla de diversos módulos de control para que un operador controle el tratamiento de aguas residuales de la presente invención. En una forma de realización preferida, las imágenes de las Figuras **11A – 11F** representan botones de control en tiempo real para operar el equipo representado.

Transportabilidad

15 Volviendo ahora también a las Figuras 8A – 10, el sistema portátil de tratamiento de aguas residuales de la presente invención se muestra completamente contenido en dos remolques alargados 100, 200, adaptados para ser remolcados por un tractor 91 por caminos nacionales y locales de un sitio a otro. Todo el sistema permanece en los remolques 100, 200, y opera sin tener que ser antes ensamblado ni desmontado para el transporte. Para lograr esta notable hazaña, se debe realizar una cuidadosa disposición de los diversos equipos que se analizaron individualmente en este documento con anterioridad.

20 El remolque 100 comprende una plataforma alargada 101 rodeada por rieles laterales 105 y que tiene un eje longitudinal que se extiende entre la lengüeta delantera 103 y el camión trasero 110. El camión 110 comprende un eje transversal acoplado al remolque 100 por medios convencionales y equipado con ruedas dobles y neumáticos de tamaño y resistencia adecuados para soportar el peso del remolque 100 con todo el equipo instalado en la plataforma 101. La lengua 103 incluye un equipo de enganche de remolque convencional (no mostrado) adaptado para aparearse con el aparejo del remolque de “quinta rueda” del tractor 91 para un transporte seguro en las carreteras. Como se ve mejor en la Figura 8A, cuando el remolque 100 está en modo de transporte, para ser remolcado por el tractor 91, la lengüeta 103 se eleva por encima del ruedas traseras del tractor 91, con las ruedas traseras del remolque 100 acopladas al suelo 93.

30 Como se ve mejor en la Figura 8B, cuando el remolque 100 está instalado y preparado para la operación del sistema de tratamiento de desechos de la presente invención, la lengüeta 103 está en una posición mucho más baja que la mostrada en la Figura 8A, y los rieles de base 106 se acoplan al suelo 93 para soportar el remolque 100. Las ruedas 111 del camión 110 se levantan del suelo 93 y ya no soportan el peso del remolque 100. El experto en el arte reconocerá, por supuesto, que el terreno 93 comprende preferiblemente una plataforma de concreto nivelada al menos a lo largo y ancho del remolque 100 para que el sistema de tratamiento de desechos de la presente invención esté nivelado y estabilizado contra las condiciones cambiantes del suelo. Dado el peso conocido del sistema de tratamiento de desechos y su equipo, las cargas químicas y de aguas residuales, tal losa preferiblemente tiene al menos 30.48 cm (doce pulgadas [12 pulg.]) de espesor y está reforzada con varillas de acero de refuerzo suficientes para resistir las fuerzas de momento que tienden a doblarla y agrietarla.

40 Como se ve mejor en la Figura 9, el equipo más pesado transportado por el remolque **100** son los recipientes de reacción **28**, que están dispuestos en la parte trasera de la plataforma **101** más cercana al camión **110**. Los recipientes de reacción **28** también son los componentes más grandes, y son los más altos de todo el equipo del remolque **100**. Al colocarlos en la parte trasera del remolque **100**, el camión más cercano **100**, deben moverse lo menos posible en la dirección vertical cuando se levanta la lengüeta **103** sobre el tractor **91** para remolcar. Además, al levantar los recipientes de reacción **28**, en la menor medida necesaria para la separación de la carretera debajo de los rieles de base **106**, se logra la altura más baja del remolque **100** en modo de transporte. Esto puede ser de vital importancia cuando el remolque **100** debe pasar por debajo de espacios bajos, como túneles de carreteras o similares. Si es necesario, se puede proporcionar una cavidad **102** como un receso para que el fondo de los recipientes de reacción **28** se extienda por debajo de la plataforma **101** para lograr un espacio libre lo suficientemente bajo como para transportar el remolque **100** en las carreteras nacionales y locales con el menor grado de licencias regulatorias y supervisión. Las cavidades **102** pueden ser tan profundas como la altura de los rieles de base **106**.

55 Dispuesto en la plataforma **101** aproximadamente en el medio longitudinal del remolque **100** e inmediatamente delante de los recipientes de reacción **28**, el tanque de compensación afluyente **7** representa el punto de entrada al remolque **100** del agua residual afluyente, como se discutió anteriormente en este documento junto con la Figura 1. Inmediatamente delante del tanque de compensación afluyente **7** están los filtros **35, 36**, que son la última etapa del tratamiento del agua desinfectada y floculada antes de que se descargue del sistema a través del tanque de almacenamiento de agua terminada **37**, también dispuesto inmediatamente delante de los recipientes de reacción **28**. El equipo más ligero y más fácil de levantar en el remolque **100** son los tanques químicos **50, 56, 61, 71** que contienen los aditivos ácidos, alcalinos, floculantes y poliméricos introducidos en la corriente de aguas residuales como se

discutió antes. Convenientemente dispuesto entre los recipientes de reacción **28**, el tanque de almacenamiento de lodo **42** está posicionado para recoger el lodo de ambos recipientes **28**. La prensa del filtro **48** (no mostrada) puede instalarse sobre la plataforma del camión **120** hacia atrás respecto de los recipientes de reacción **28** y arriba del camión **110**.

- 5 El experto en el arte reconocerá que se requieren tuberías, conductos y válvulas apropiadas (no mostrados) para interconectar el equipo en la secuencia de etapas descritas anteriormente en este documento junto con la Figura **1**. Dichas tuberías, conductos y válvulas están contenidos completamente dentro de los límites de los rieles **105** que rodean la plataforma **101**.

- 10 Volviendo ahora también a la Figura **10**, el depósito pretratamiento **130** está dispuesto en el segundo remolque **200** y adaptado para ser remolcado por su lengüeta **203**, soportado por su camión **210**, e instalado en una segunda losa de concreto **93** como se discutió anteriormente para el sistema de tratamiento de aguas residuales de la presente invención. El depósito pretratamiento **130** comprende un gran tanque a prueba de agua y de gases de cloacas **131** adaptado para recibir aguas residuales sin tratar de sistemas de alcantarillado sanitario municipal, camiones cisterna séptica y otras fuentes de aguas residuales destinadas a ser procesadas por la presente invención. El depósito pretratamiento **130** también proporciona un sistema de amortiguación mediante el cual se alimenta un flujo constante de aguas residuales afluentes al tanque de compensación afluente **7**, manteniendo el sistema de tratamiento de aguas residuales de la presente invención funcionando sin problemas y a la máxima capacidad a pesar de la llegada potencialmente errática de aguas residuales sin tratar, especialmente a partir de la llegada de camiones sépticos.

- 20 Las aguas residuales entrantes primero pasan a través de un molinillo (no se muestra) para reducir el tamaño de los sólidos a partículas en el rango de 200 µm (200 micras) (nominal). Cuando el tanque **130** se carga con aguas residuales que se almacenan antes del tratamiento, las aguas residuales circulan continuamente a través del molinillo utilizando un par de bombas de refuerzo **20A** que funcionan en paralelo. A medida que el agua residual se recircula en el tanque **131**, pasa a través de un par de educadores / mezcladoras que causan suficiente turbulencia en el tanque **131** para mantener los sólidos de las aguas residuales suspendidos en solución. Como se ilustra en la Figura **10**, la plataforma de lengüeta **204** proporciona una plataforma para el equipo anterior, incluida la bomba de maceración **20** y otros dispositivos adaptados para llevar a cabo dicho trabajo preparatorio, de modo que no sea necesario alojarlo en el remolque del sistema de tratamiento de aguas residuales **100**. La válvula **22** se acopla al conducto **1** para alimentar las aguas residuales del depósito pretratamiento **130** al tanque de compensación afluente **7** situado en el remolque **100**.

- 30 Un molinillo adecuado para la aplicación descrita anteriormente es el “Muffin Monster” modelo 30004T–1204–D1, disponible de JWC Environmental of Costa Mesa, California, EE. UU. El molinillo se debe suministrar con una “trampa de rocas” compatible para evitar que material muy denso, como rocas, pernos, tuercas, etc., llegue al molinillo. Las bombas adecuadas para la aplicación de pretratamiento descrita anteriormente están disponibles como Modelo AC8SJS1V800B012104 de Finish Thompson, Inc., de Erie, Pensilvania, EE. UU. Las válvulas adecuadas para el sistema pretratamiento pueden ser válvulas mariposa de acero inoxidable accionadas de forma manual o automática, disponibles como Modelo 4–396–967–000 de ABZ, Inc., de Chantilly, Virginia, EE. UU. Las válvulas de verificación adecuadas requeridas en el sistema de pretratamiento anterior están disponibles como Center Line Valve Company, Modelo 04R1644D1X de MCC HOLDINGS, Inc., de Stamford, Connecticut, EE. UU.

- 40 Completamente cargado con el sistema de tratamiento de aguas residuales descrito anteriormente y representado en la Figura **8A**, el remolque **100** pesa aproximadamente 11.340 kg (25.000 libras). El remolque **100** preferiblemente es de aproximadamente 2.59 m (ocho pies y medio) de ancho, 13.72 m (cuarenta y cinco pies) de largo, y con el equipo representado en la Figura **8A** a bordo, no más de 4.11 m (trece pies y medio) de altura. El remolque **200**, aunque tiene sustancialmente las mismas dimensiones horizontales, no necesita ser tan alto, y preferiblemente tiene aproximadamente 3.05 m (diez pies) de alto.

- 45 Por lo tanto, los remolques **100**, **200** como se ilustra y describe son lo suficientemente pequeños y ligeros para que todo el sistema pueda transitar por las rutas y carreteras locales de la mayoría de los estados de los Estados Unidos, si no todos, sin tener que obtener permisos para transporte de equipos pesados y de carga ancha, y sin necesitar escoltas y supervisión de espacio libre para sobrepaso, puentes y similares. Esto hace que la presente invención sea fácilmente transportable de un sitio a otro con solo el costo y el tiempo requeridos para conectarla y desconectarla y para viajar entre los distintos lugares.

- 50 Si bien la invención se ha mostrado y descrito particularmente con referencia a las formas de realización preferidas y alternativas, los expertos en la materia entenderán que se pueden realizar diversos cambios en la forma y los detalles sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema portátil de tratamiento de aguas residuales, que comprende:
medios de toma de aguas residuales adaptados para recibir aguas residuales no tratadas y dirigirlas hacia dicho sistema de tratamiento en una corriente de aguas residuales;
- 5 un clarificador (28) acoplado a dicho medio de toma de aguas residuales, donde dicho clarificador (28) tiene:
un tanque que tiene
un eje vertical que se extiende entre una parte superior y una parte inferior;
paredes del tanque (81, 83, 84) que rodean dicho eje vertical y definen un clarificador (28) interior, donde dichas paredes del tanque (81, 83, 84) definen además
- 10 una cámara de retención dispuesta adyacente a dicha parte superior, donde dicha cámara de retención tiene lados cilíndricos sustancialmente verticales (84) que se extienden una distancia espaciada debajo de dicha parte superior; y
una cámara de circulación dispuesta debajo de dicha cámara de retención y que se extiende hasta dicho fondo, donde dicha cámara de circulación tiene paredes sustancialmente cónicas (83) que convergen en un ángulo
15 seleccionado con respecto a dicho eje vertical desde dicha cámara de retención adyacente a dicho fondo adyacente;
un puerto de inyección de corriente de aguas residuales (82) acoplado a dicha cámara de circulación adyacente a dicho fondo y en comunicación fluida con dicho clarificador (28) interior; y
- 20 medios de encabezado (85) dispuestos dentro de dicha cámara de retención y adaptados para extraer una corriente de agua residual tratada del agua residual tratada desde dicho clarificador (28);
un desinfectante acoplado entre dicho medio de toma de aguas residuales y dicho clarificador (28) y adaptado para desinfectar no biológicamente dichas aguas residuales,
donde dicho desinfectante tiene:
- 25 medios de inyección de ácido (50 a 55, 15, 15A, 15B) acoplados aguas abajo de dichos medio de toma de agua residual y adaptados para inyectar en dicha corriente de agua residual un compuesto ácido seleccionado de un grupo de compuestos ácidos;
medios de inyección de compuestos alcalinos (61, 63, 17) acoplados aguas abajo de dichos medios de inyección de ácido (50 a 55, 15, 15A, 15B) y adaptados para inyectar en dicha corriente de agua residual un compuesto alcalino seleccionado de un grupo de compuestos alcalinos; y
- 30 medios de inyección de neutralizante acoplados aguas abajo de dichos medios de inyección de compuestos alcalinos (61, 63, 17) y adaptados para inyectar un neutralizador de pH en dicha corriente de agua residual;
medios de floculación (56, 58, 16) acoplados aguas abajo de dicho desinfectante y entre dicho desinfectante y dicho clarificador (28) y adaptados para hacer que los materiales sólidos suspendidos en dicha agua residual se precipiten fuera de la solución y se agrupen para su eliminación;
- 35 medios de tratamiento polimérico (66, 68, 18) adaptados para tratar dicha agua residual para evitar que los materiales sólidos floculados se peguen a dichas paredes del tanque (81, 83, 84) dentro de dicho interior del clarificador (28); y
medios de filtración (30, 35, 36) acoplados a dichos medios de encabezado (85) y adaptados para filtrar dicha agua residual tratada desde dicho clarificador (28).
- 40 2. El sistema portátil de tratamiento de aguas residuales de la reivindicación 1, en donde los medios de toma de aguas residuales comprenden:
un depósito (130, 131) adaptado para acumular aguas residuales afluentes de diversas fuentes de aguas residuales;
una bomba de circulación adaptada para crear una corriente de agua residual que circula dentro de dicho depósito (130, 131);
un filtro de materiales densos acoplado aguas abajo de dicha bomba de circulación dentro de dicha corriente de agua
45 residual;

- al menos un molinillo acoplado aguas abajo de dicho filtro de materiales densos y adaptado para moler materiales sólidos de tamaño indeterminado dentro de dicha corriente de agua residual en partículas de material sólido de tamaño sustancialmente similar;
- 5 al menos una bomba de maceración (20A) adaptada para reducir aún más el tamaño de dicho material sólido en partículas de tamaño sustancialmente similar;
- una bomba de avance acoplada aguas abajo de dicha bomba de maceración (20A) y adaptada para reenviar dicha corriente de aguas residuales dentro de dicho sistema portátil de tratamiento de aguas residuales; y
- un tanque de compensación (7) acoplado aguas abajo de dicha bomba de avance y adaptado para igualar la presión de la corriente de aguas residuales dentro de dicho sistema portátil de tratamiento de aguas residuales.
- 10 3. El sistema portátil de tratamiento de aguas residuales de la reivindicación 1, en donde:
- dicho puerto de inyección de corriente de agua residual (82) está adaptado para inyectar dicha corriente de agua residual en dicho clarificador (28) en una dirección tangencial a dichas paredes cónicas (83).
4. El sistema portátil de tratamiento de aguas residuales de la reivindicación 1, en donde:
- dicho ángulo seleccionado no es mayor de 29° (29 grados).
- 15 5. El sistema portátil de tratamiento de aguas residuales de la reivindicación 2, en donde dichos medios de inyección de ácido (50 a 55, 15, 15A, 15B) comprenden un generador de dióxido de azufre (50 a 53, 15, 15A, 54) acoplado dentro de dicha corriente de aguas residuales aguas arriba de dicho tanque de compensación (7) y que tiene:
- una cámara de retención de aguas residuales;
- una fuente de oxígeno; y
- 20 un incinerador de azufre acoplado a dicha cámara,
- donde dicho incinerador de azufre está adaptado para hacer que el azufre reaccione con el oxígeno de dicha fuente de oxígeno para producir gas de dióxido de azufre (SO₂) dentro de dicha cámara de retención de aguas residuales y en presencia de dichas aguas residuales; y
- donde dicha agua residual absorbe una cantidad seleccionada de dicho gas de dióxido de azufre.
- 25 6. El sistema portátil de tratamiento de aguas residuales de la reivindicación 1, que comprende además un sistema de manejo de lodo acoplado a dicho clarificador (28) y que tiene:
- un puerto de salida de lodo dispuesto dentro de dichas paredes cónicas (83);
- una válvula de salida de lodo (41) acoplada a dicho puerto de salida de lodo;
- un tanque de lodo (42) acoplado a dicha válvula de salida de lodo (41);
- 30 una mezcladora de lodo (43) acoplada dentro de dicho tanque de lodo (42); y
- una prensa del filtro de lodo (48) acoplada a dicho tanque de almacenamiento de lodo.
7. El sistema portátil de tratamiento de aguas residuales de la reivindicación 1, que comprende además:
- al menos un remolque (100) adaptado para transportar dicho sistema portátil de tratamiento de aguas residuales por caminos públicos, donde dicho remolque (100) tiene:
- 35 una plataforma sustancialmente plana (101) que tiene:
- un eje longitudinal que se extiende entre un extremo de lengüeta (103) y un extremo del camión;
- una superficie superior sustancialmente coextensiva con dicho eje longitudinal y una superficie inferior opuesta;
- una pluralidad de rieles (106) dispuestos en dicha superficie inferior paralelos y a una distancia separada en lados opuestos de dicho eje longitudinal, donde dichos rieles están adaptados para enganchar una superficie de apoyo (93) para soportar dicho sistema portátil de tratamiento de aguas residuales cuando dicho sistema portátil de aguas residuales está en la operación;
- 40 medios de lengüeta (103) acoplados a dicho extremo de lengüeta (103) y adaptados para acoplarse a un tractor de remolque (91) para remolcar dicho al menos un remolque (100) en dichas carreteras públicas; y

ES 2 750 549 T3

un camión (111) dispuesto en dicho extremo del camión (111) y que tiene una pluralidad de ruedas de camión adaptadas para

engancharse a dicha carretera y soportar dicho remolque (100) cuando dicho medio de lengüeta (103) está acoplado a dicho tractor de remolque (91); y

5 suspenderse por encima de dicha superficie de apoyo (93) cuando dicho sistema portátil de tratamiento de aguas residuales está en funcionamiento.

8. Un método de tratamiento no biológico de aguas residuales no tratadas realizado en el sistema de una de las reivindicaciones 1 a 7, donde el método comprende las siguientes etapas consecutivas:

- dirigir dicha agua residual no tratada hacia dicho medio de toma de agua residual;

10 - desinfectar dicha agua residual no tratada realizando las siguientes etapas:

- inyectar una cantidad seleccionada de ácido en dicha agua residual utilizando dichos medios de inyección de ácido (50 a 55, 15, 15A, 15B) para reducir el pH de dicha corriente de agua residual a un valor inferior a 7.0; luego

15 - inyectar una cantidad seleccionada de compuestos alcalinos en dicha agua residual utilizando dichos medios de inyección de compuestos alcalinos (61, 63, 17) para elevar el pH de dicha corriente de agua residual a un valor superior a 7.0; luego

- inyectar una cantidad seleccionada de neutralizador en dicha agua residual para volver el pH de dicha corriente de agua residual a un valor sustancialmente igual a 7.0;

- operar dichos medios de floculación (56, 58, 16) para hacer que los materiales sólidos suspendidos en dicha agua residual se precipiten fuera de la solución y se agrupen;

20 - introducir un polímero de dichos medios de tratamiento polimérico (66, 68, 18) en dicha agua residual para evitar que los materiales sólidos floculados se peguen a dichas paredes del tanque dentro de dicho interior del clarificador; y

- clarificar dicha agua residual utilizando dicho clarificador (28) para eliminar dichos materiales sólidos de dicha agua residual realizando las siguientes etapas consecutivas:

25 - inyectar dicha agua residual en una corriente continua de agua residual en dicho puerto de inyección de corriente de agua residual (82);

- extraer dicha agua residual tratada en una corriente continua de agua residual tratada desde dicha cámara de retención utilizando dichos medios de encabezado (85);

- dirigir dicha corriente de agua residual tratada a dichos medios de filtración (30, 35, 36); luego

- filtrar dicha agua residual tratada con dichos medios de filtración (30, 35, 36); y

30 - descargar dicha agua residual tratada de dicho sistema de tratamiento de aguas residuales.

9. El uso de un compuesto ácido en el sistema portátil de tratamiento de aguas residuales de la reivindicación 1, donde dicho compuesto ácido se selecciona de dicho grupo de compuestos ácidos que comprende azufre, bromo, cloro, halógeno, cloraminas y ozono (O₃).

35 10. El uso de un compuesto alcalino en el sistema portátil de tratamiento de aguas residuales de la reivindicación 1, donde dicho compuesto alcalino se selecciona de dicho grupo de compuestos alcalinos que comprende hidróxido de calcio (Ca(OH)₂), hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de potasio (KOH).

11. El uso del compuesto ácido de la reivindicación 9, en donde dicho compuesto ácido seleccionado es azufre, que se ioniza dentro de dicha corriente de agua residual para producir dióxido de azufre (SO₂) disuelto.

40 12. El uso del compuesto ácido de la reivindicación 11, en donde dicho compuesto ácido seleccionado está adaptado para ionizarse para producir una concentración de dióxido de azufre suspendido dentro de dicha corriente de agua residual entre 20 ppm (partes por millón) y 100 ppm por volumen.

13. El uso del compuesto ácido de la reivindicación 12, en donde dicha concentración de dióxido de azufre es de 75 ppm.

45 14. El uso de un compuesto floculante en el sistema portátil de tratamiento de aguas residuales de la reivindicación 1, donde dicho compuesto floculante se selecciona de un grupo de compuestos de hierro que comprende cloruro férrico (FeCl₃), sulfato ferroso (FeSO₄) y sulfato de aluminio (AlSO₄).

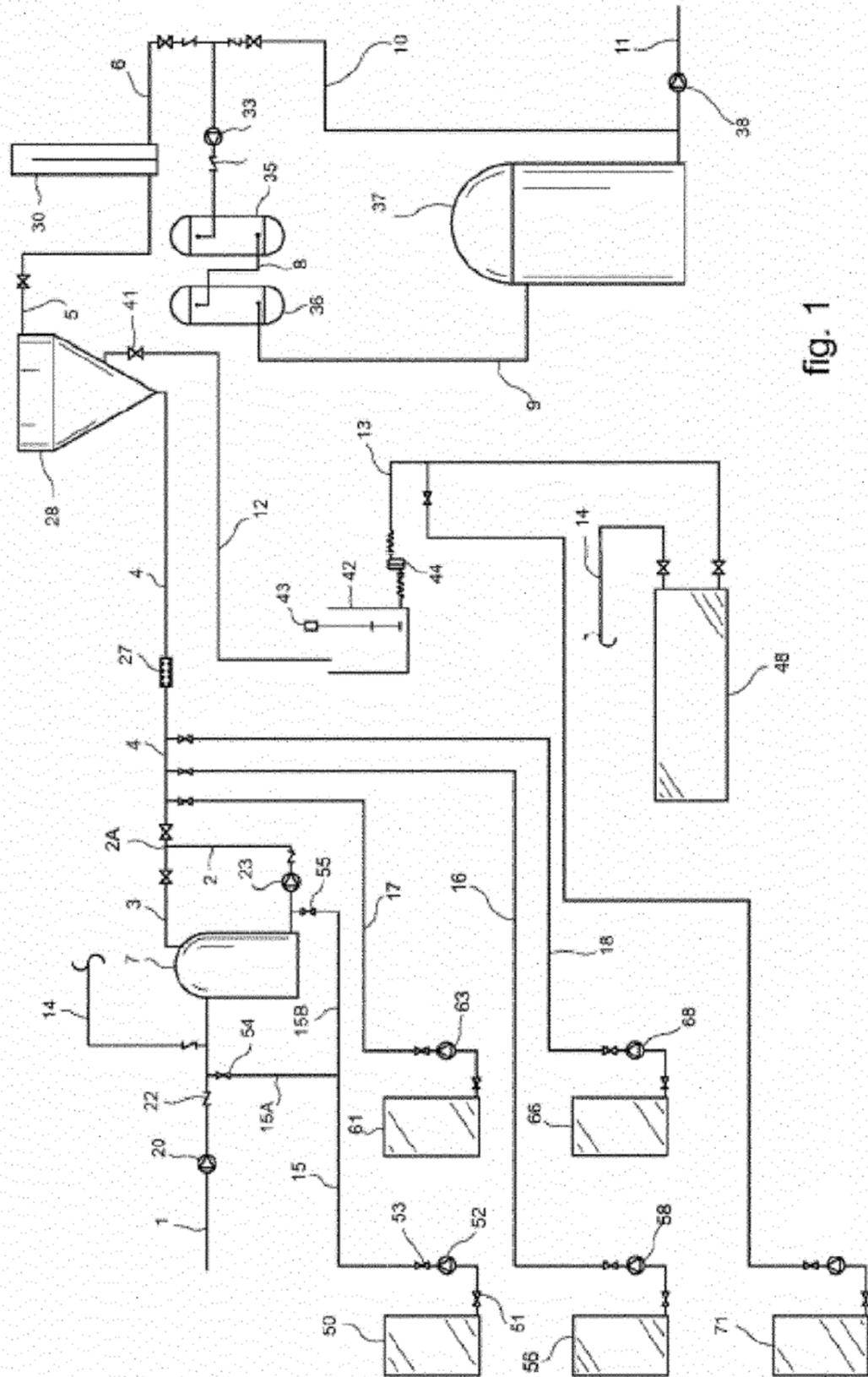


fig. 1

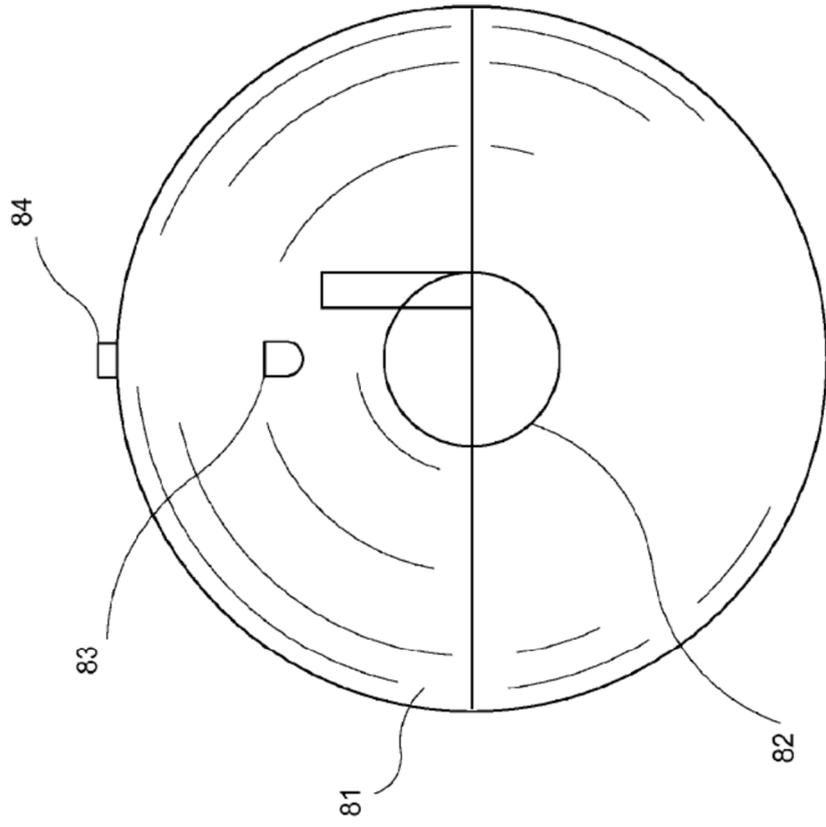


fig. 3

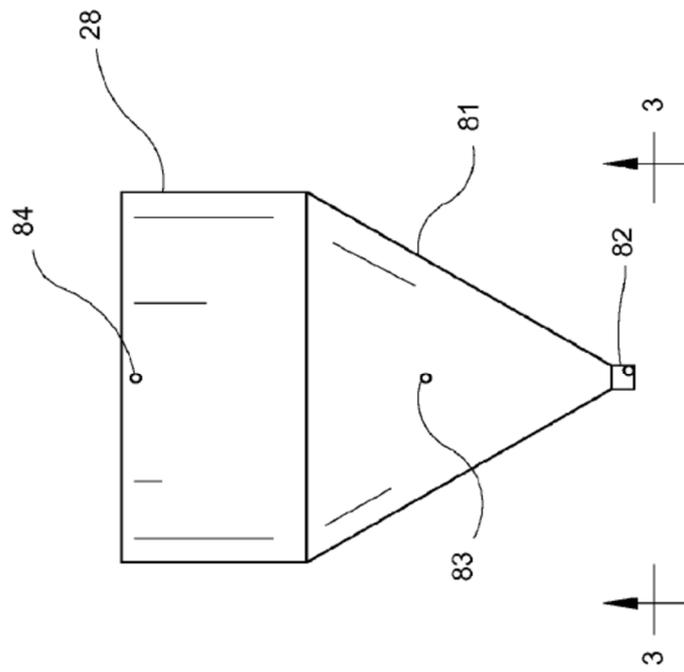


fig. 2

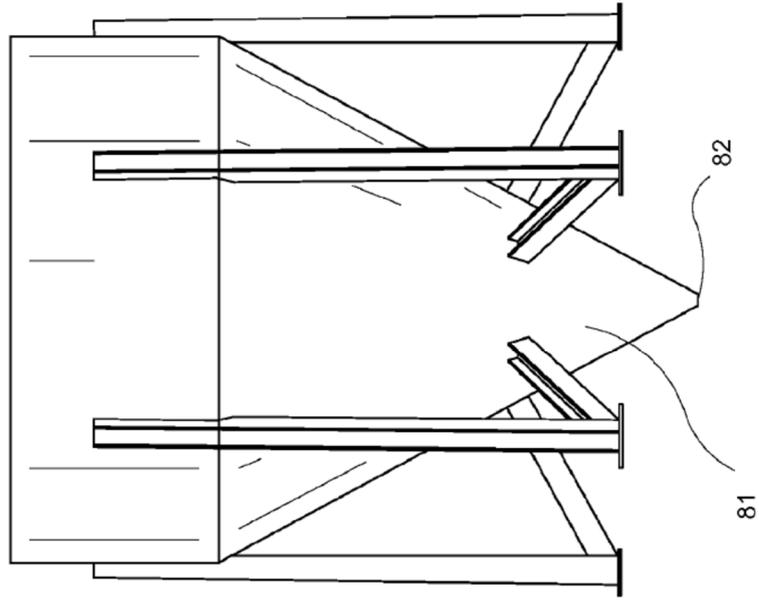


fig. 4B

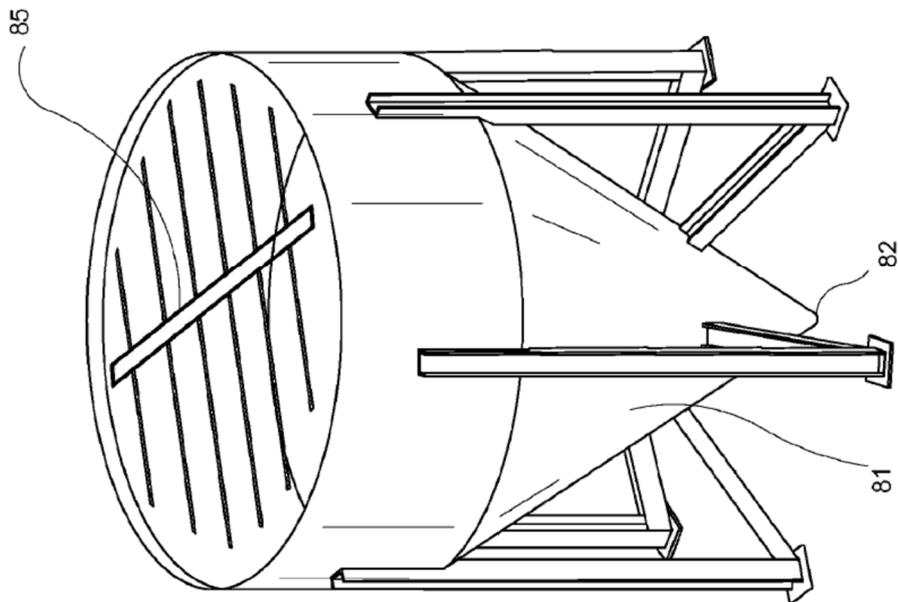


fig. 4A

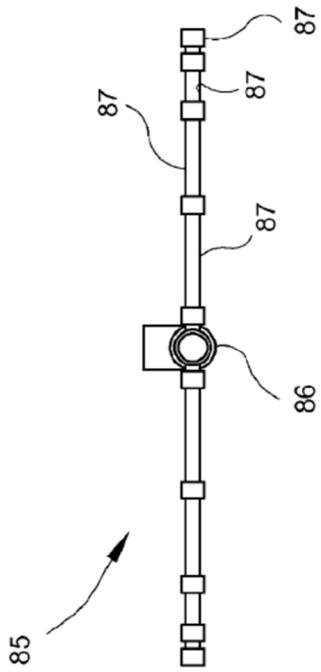


fig. 5B

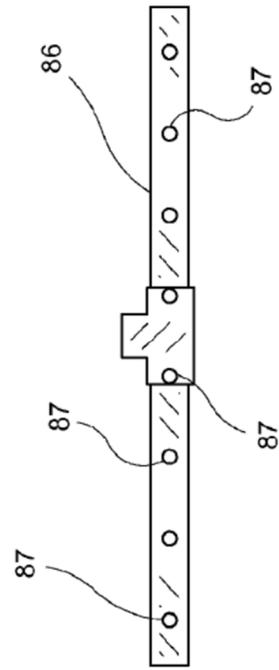


fig. 5C

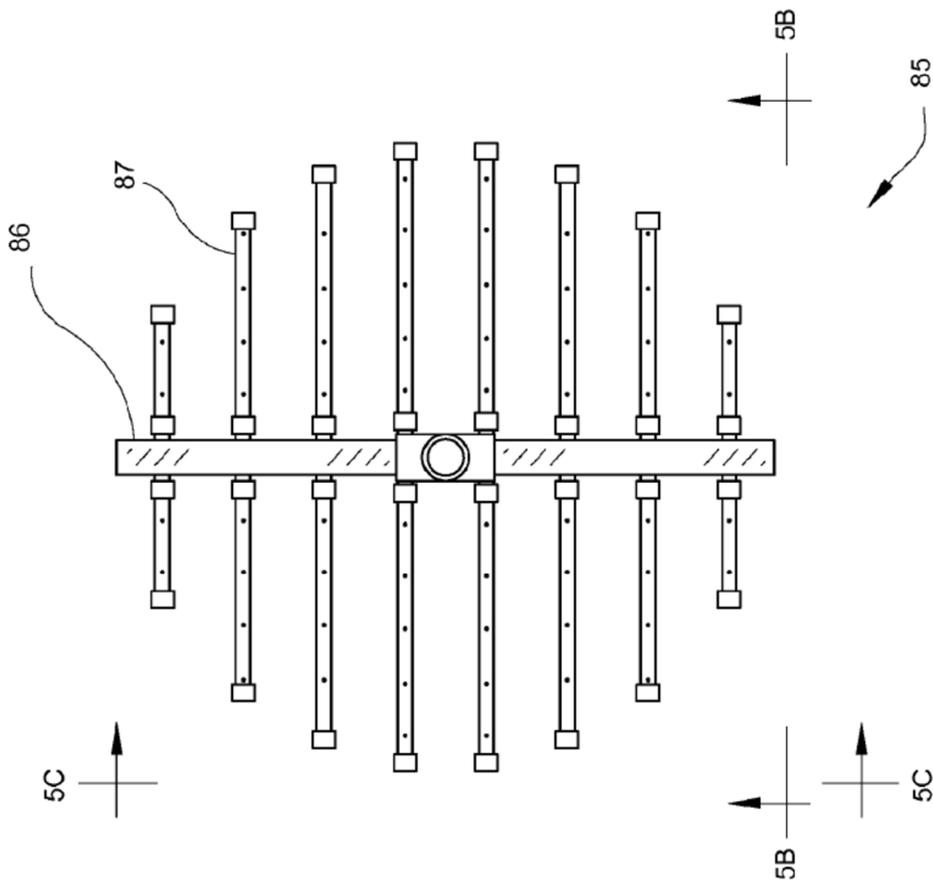
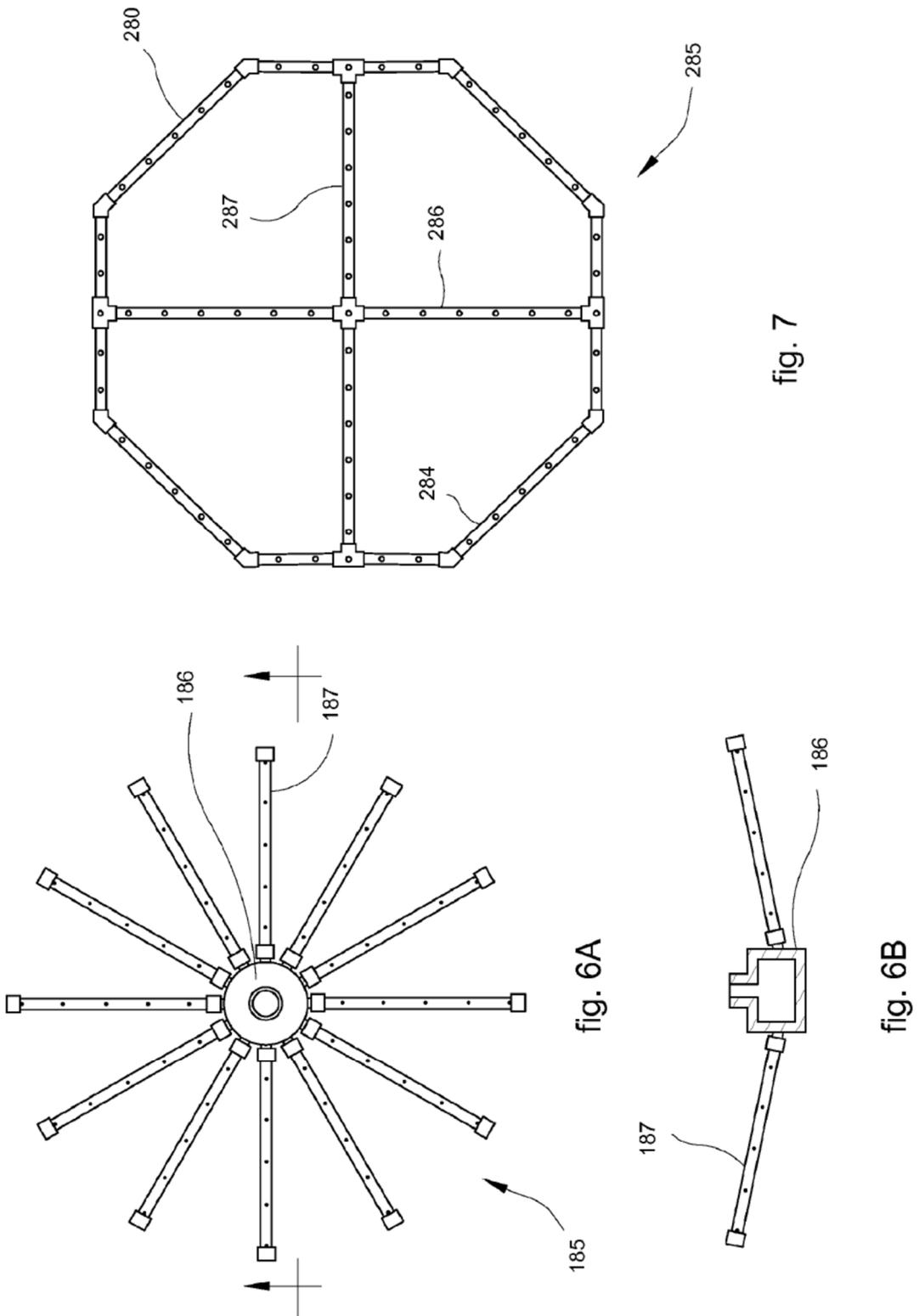


fig. 5A



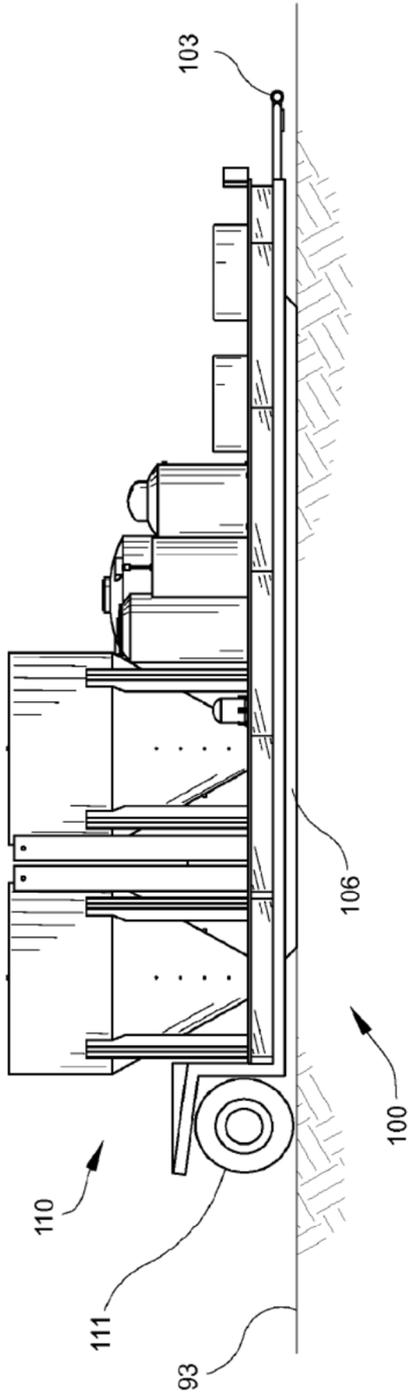


fig. 8B

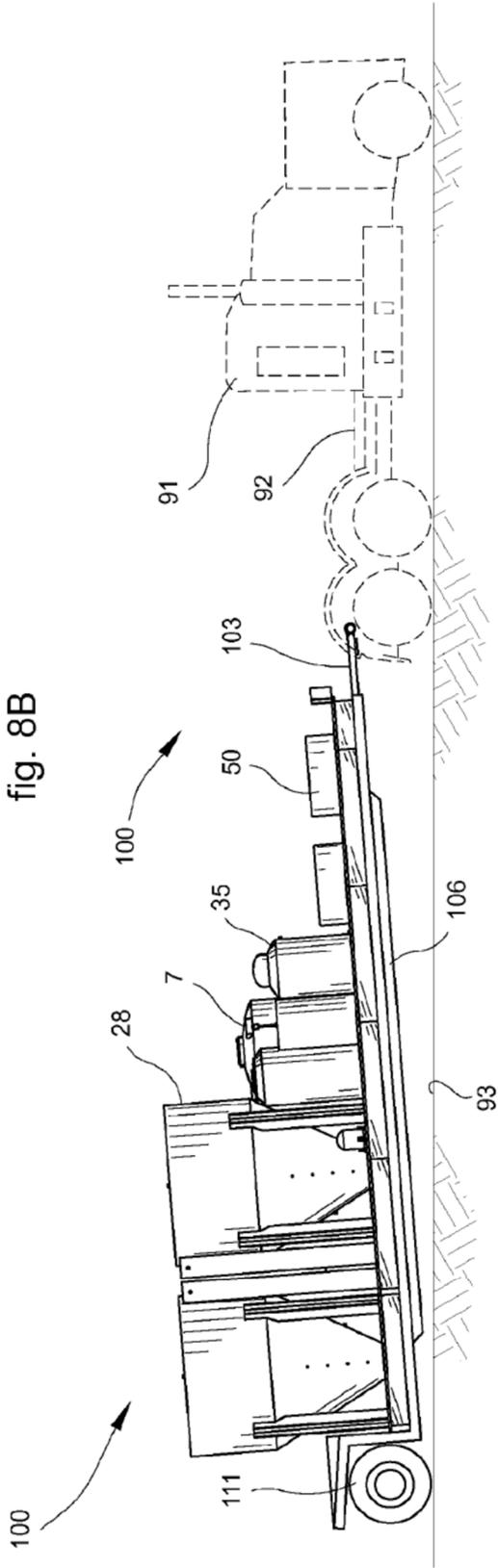


fig. 8A

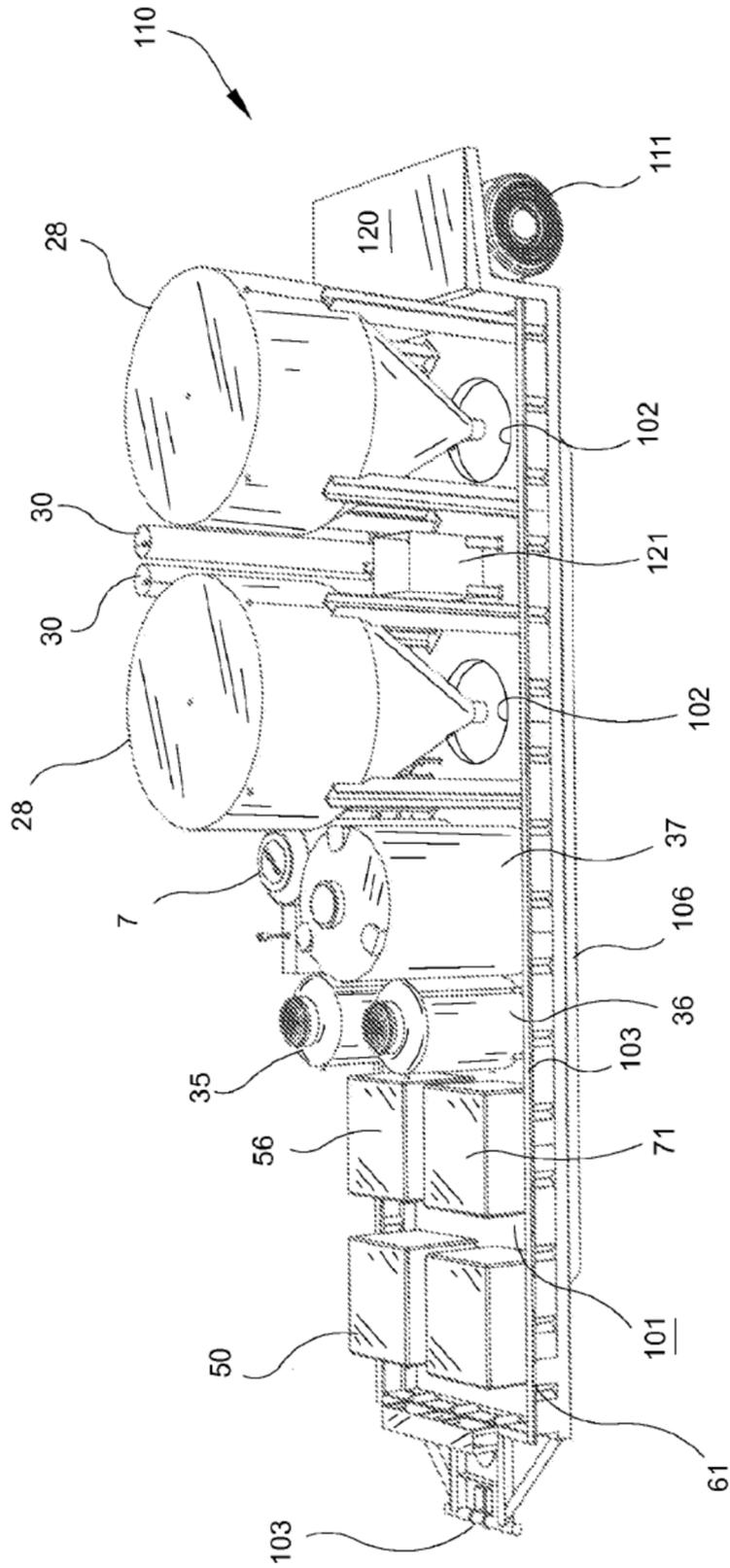


fig. 9

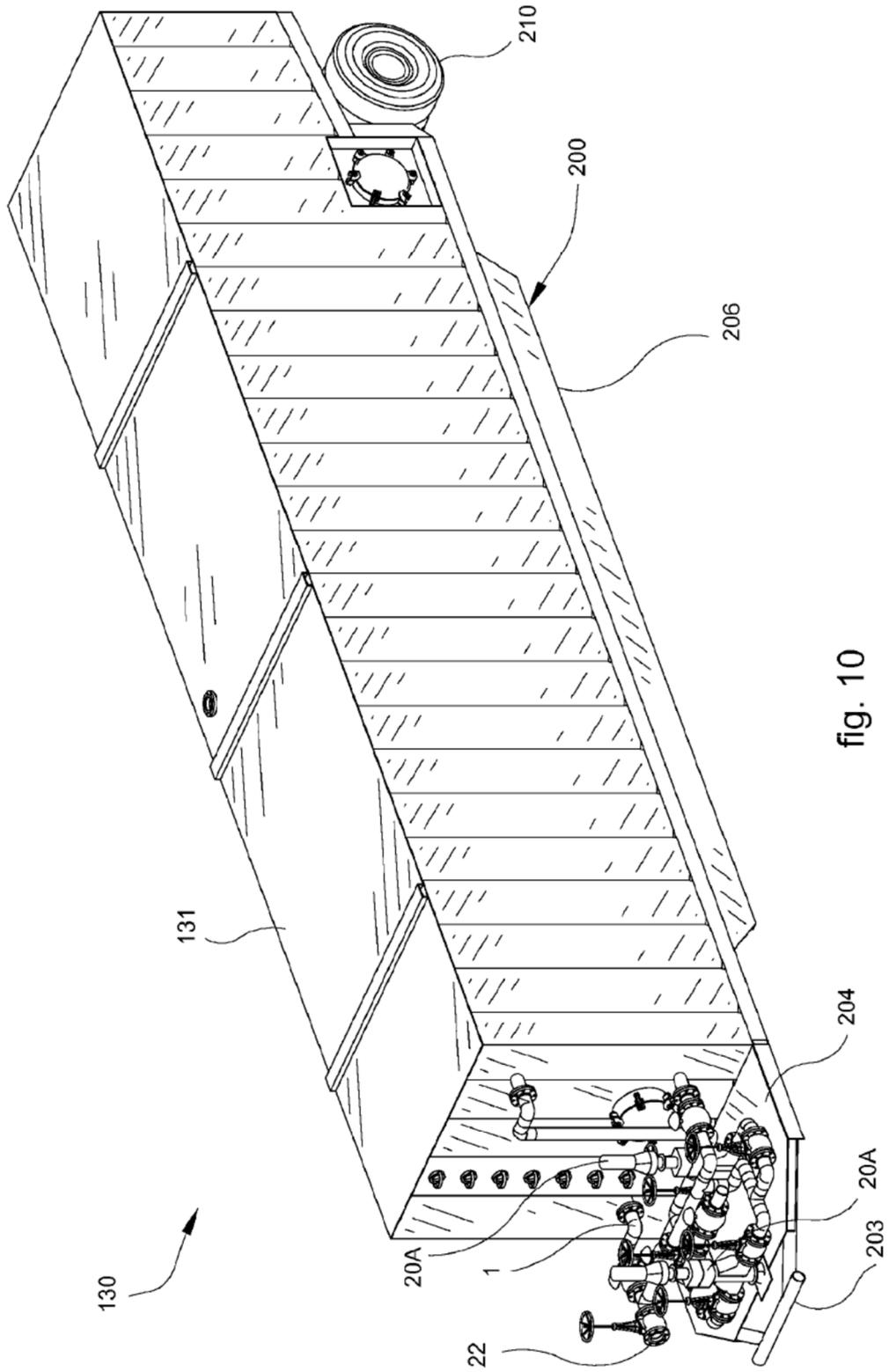


fig. 10

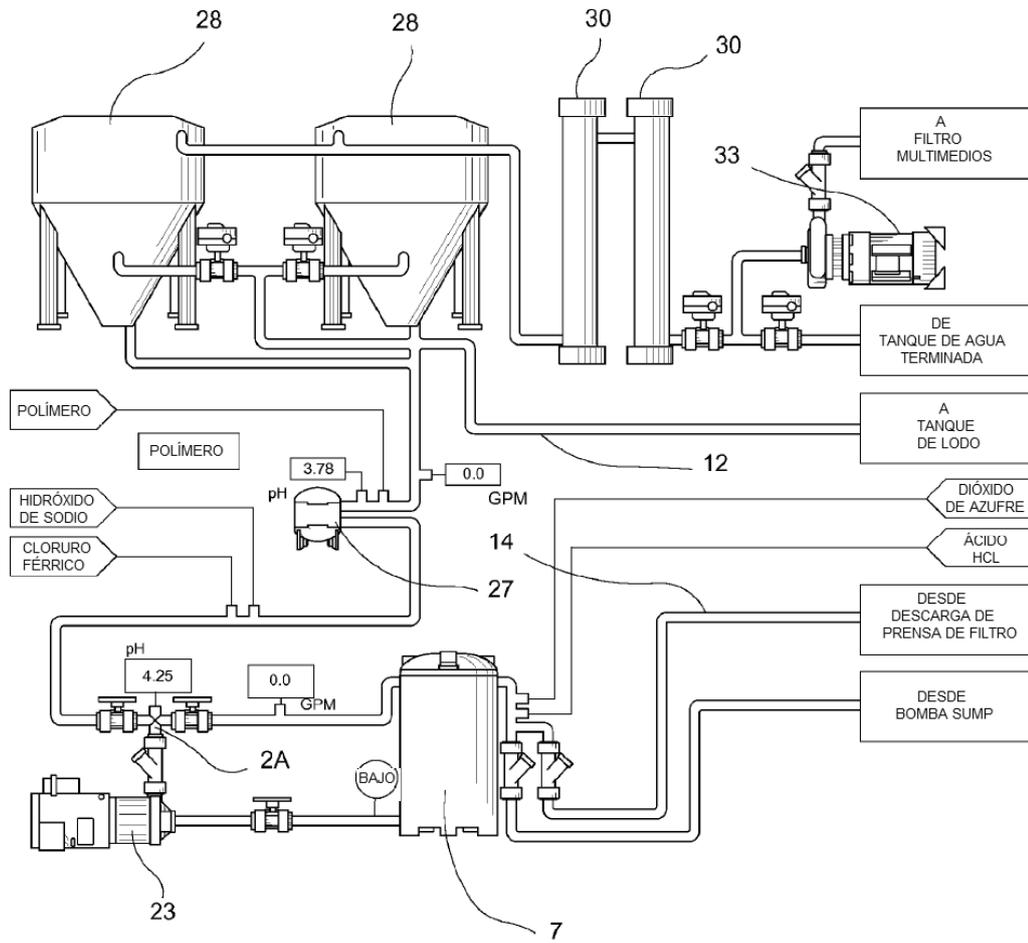


fig. 11A

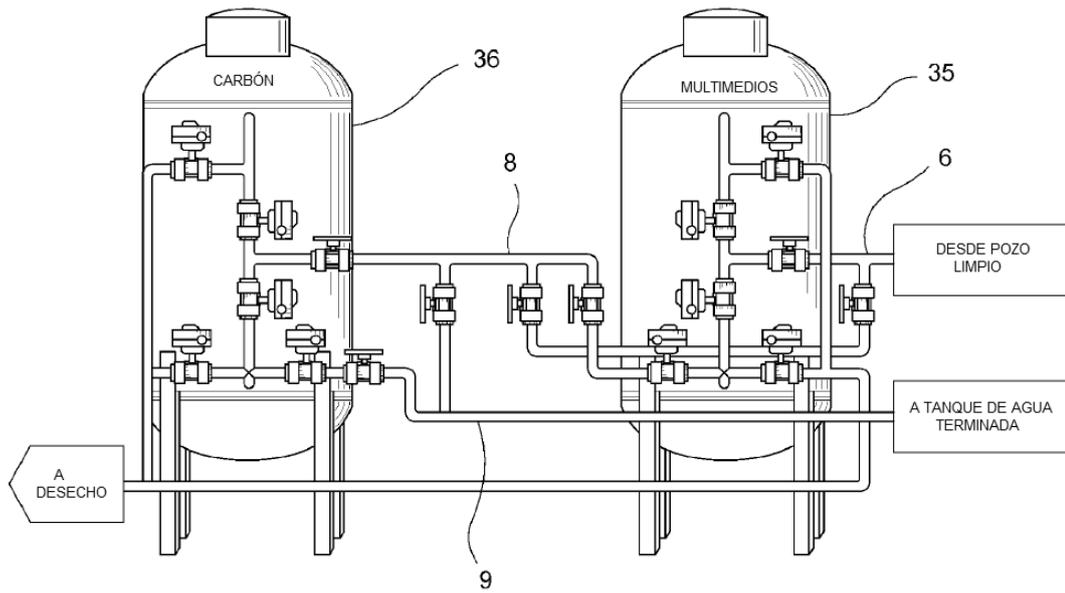


fig. 11B

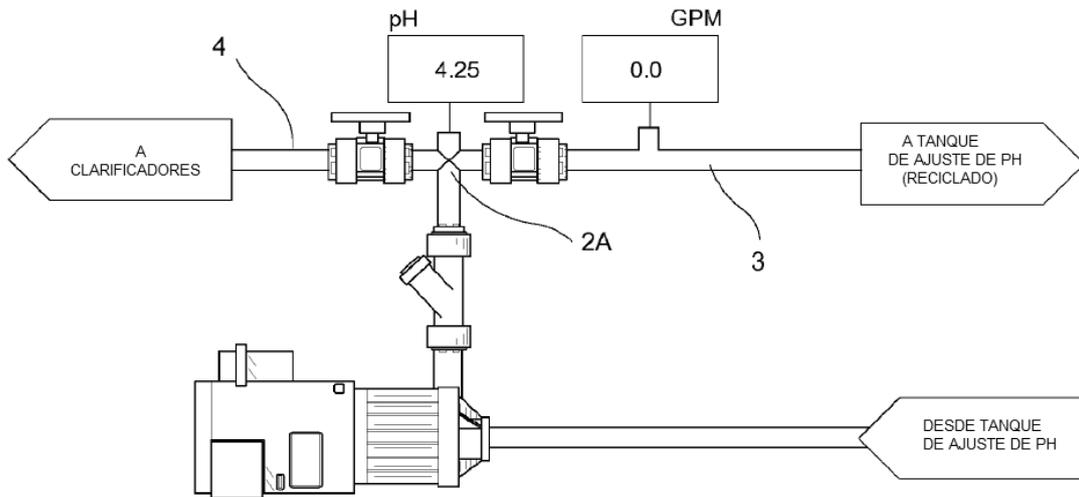


fig. 11C

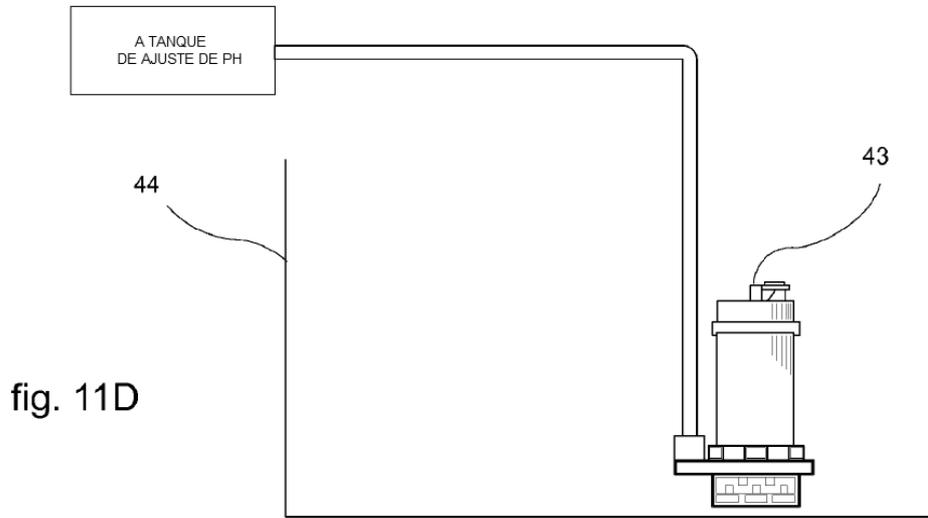


fig. 11D

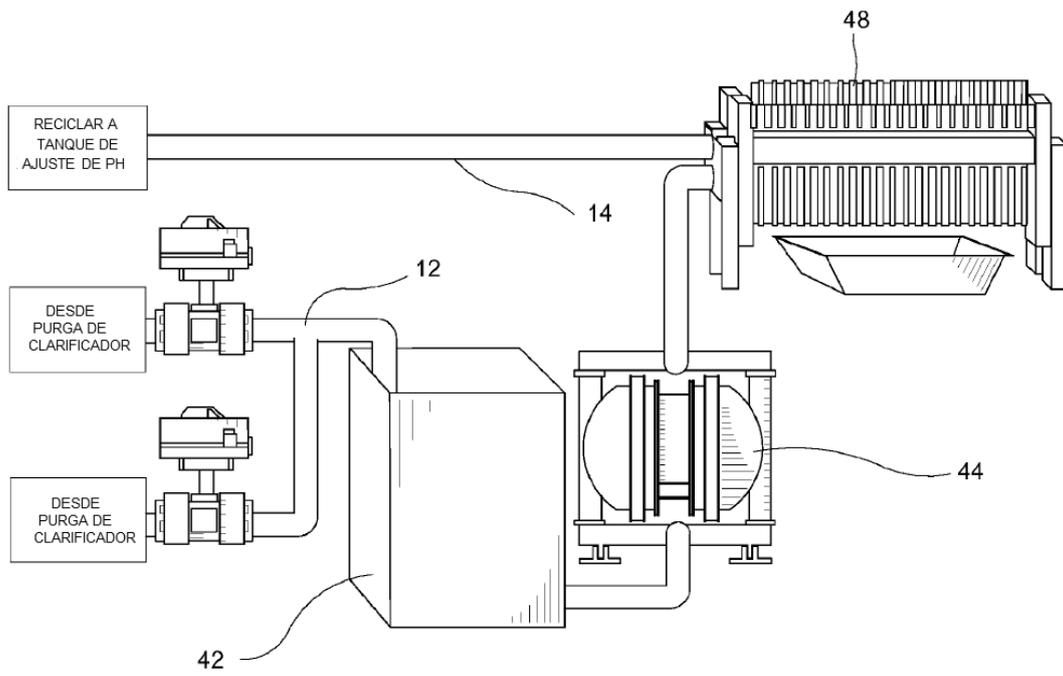


fig. 11E

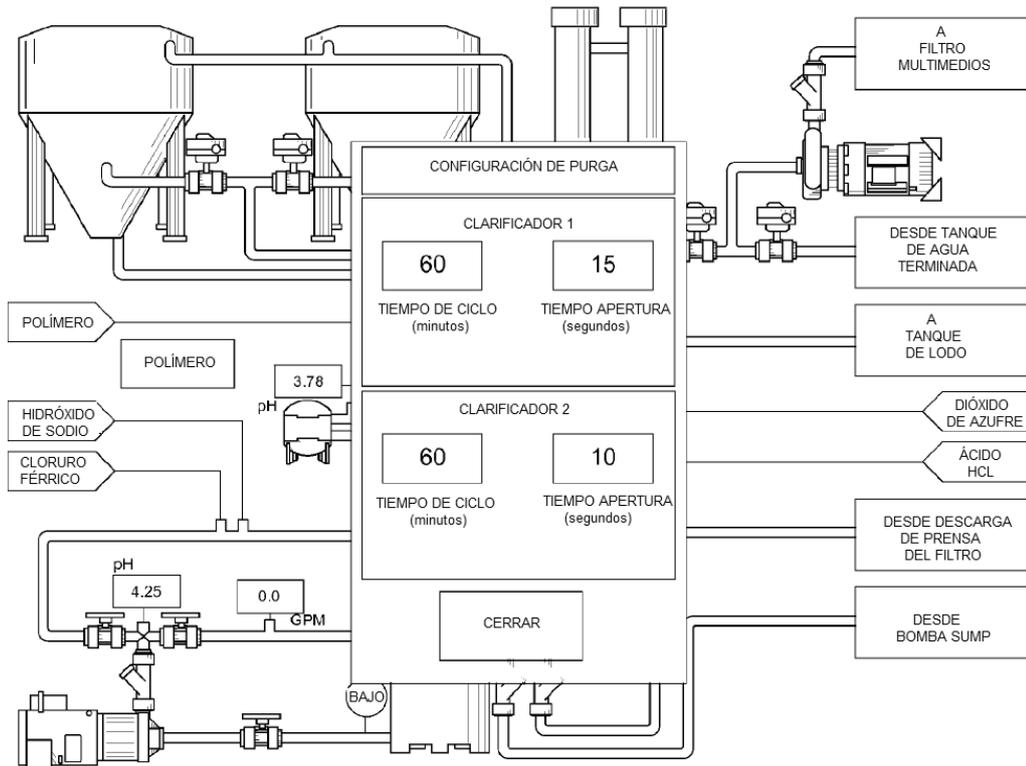


fig. 11F

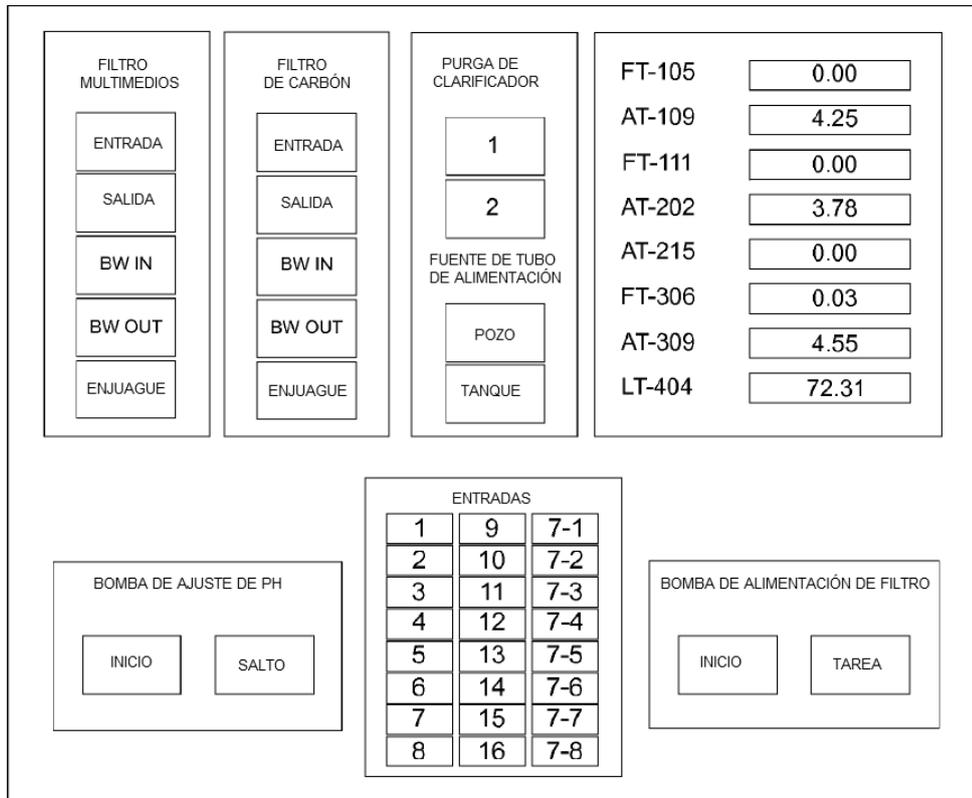


fig. 11G

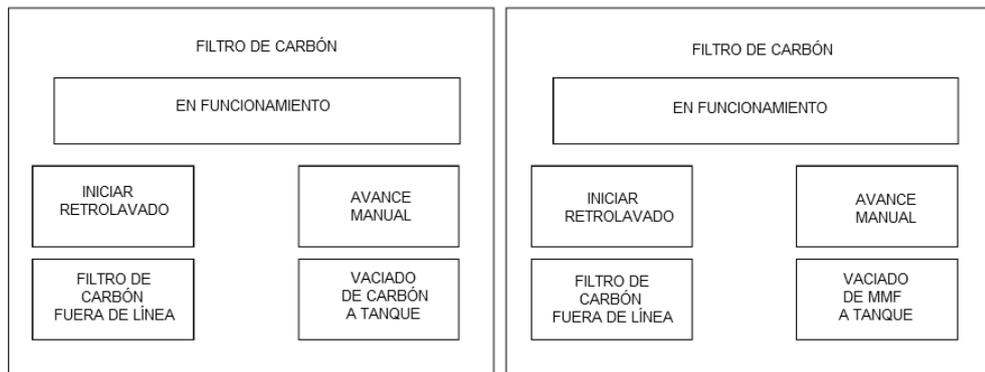


fig. 11H