

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 507**

51 Int. Cl.:

C02F 1/52 (2006.01)

C02F 1/56 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2015 PCT/US2015/061937**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2016 WO16081873**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2015 E 15860131 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020 EP 3221269**

54 Título: **Método de clarificación lastrada mejorado**

30 Prioridad:

21.11.2014 US 201462082941 P

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

27.07.2020

73 Titular/es:

**SUEZ TREATMENT SOLUTIONS, INC. (100.0%)
8007 Discovery Drive
Richmond, VA 23229, US**

72 Inventor/es:

**BALLARD, PETER TEMPLE y
LABBAN, RAED**

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 775 507 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método de clarificación lastrada mejorado

5 **Antecedentes**

En general, la presente invención se refiere a un sistema de clarificación mejorado para el tratamiento de agua o aguas residuales. Más específicamente, la presente invención se refiere a sistemas y métodos mejorados para proporcionar un sistema de floculación lastrado.

10 La clarificación es un modo de tratar el agua para aclararla retirando impurezas. Un método para clarificar el agua es a través de floculación, un procedimiento en el que puede retirarse materia en suspensión del agua aglomerándola en partículas lo suficientemente grandes como para sedimentar por gravedad. En general, la floculación es un procedimiento que puede aclarar un líquido. El agua o las aguas residuales (por ejemplo, agua potable, aguas residuales, agua de desagüe de alcantarillado combinada, etc.) pueden introducirse en un sistema de floculación en el que puede formarse un precipitado coagulado debido a la desestabilización de las aguas residuales coloidales.

15 Los coagulantes que pueden usarse incluyen coagulantes de metal y polímero. Los coagulantes de metal se basan generalmente en hierro o aluminio. Los coagulantes de hierro pueden incluir, pero no se limitan a, sulfato férrico, sulfato ferroso, cloruro férrico y sulfato/cloruro férrico. Los coagulantes de aluminio pueden incluir, pero no se limitan a, sulfato de aluminio, cloruro de aluminio (incluido el cloruro de polialuminio) y aluminato de sodio. También pueden usarse otros productos químicos o materiales tales como, pero sin limitarse a, alginatos de sodio, productos de almidón solubles, cal hidratada, carbonato de magnesio o polímeros sintéticos. Además, puede insertarse un adyuvante coagulante incluyendo, por ejemplo, lodo recirculado.

20 El documento US 2008/0314830 da a conocer un procedimiento para retirar fósforo de aguas residuales, en el que se añade una sal de hierro o aluminio a las aguas residuales, lo que da como resultado la precipitación de determinadas especies de hierro o aluminio que incluyen sitios de adsorción de fósforo. Estas especies de hierro o aluminio sedimentan y se vuelven parte del lodo producido en el transcurso del procedimiento de tratamiento de aguas residuales. Al recircular partes sustanciales del lodo, aumenta la concentración de estas especies de hierro o aluminio en las aguas residuales. Esta concentración aumentada da como resultado la presencia de grandes cantidades de sitios de adsorción de fósforo sin usar que atraen y adsorben fósforo, dando como resultado que se retire fósforo de las aguas residuales. El documento US 6.210.587 B1 da a conocer un procedimiento para el tratamiento fisicoquímico de efluentes, particularmente de aguas de superficie destinadas para el consumo. El procedimiento incluye las etapas sucesivas de coagulación, floculación y sedimentación, en el que durante la etapa de floculación, se introduce un lastre en el lodo, siendo la función de dicho lastre hacer que el lodo sea más pesado. La masa de contacto usada durante esta etapa de floculación consiste en parte del lodo densificado que resulta de la etapa de sedimentación y se recircula de manera continua a la etapa de floculación, sin ningún tratamiento.

30 Aunque las partículas o el precipitado pueden adherirse entre sí y formar espontáneamente agrupaciones de partículas irregulares, o flóculos sin agitación (es decir, agregación o floculación pericinética), el agua o las aguas residuales también pueden mezclarse o agitarse, provocando de ese modo esfuerzo cortante y generándose rápidamente agrupaciones o grupos (es decir, agregación o floculación ortocinética). El grado de floculación está regido a menudo por los gradientes de velocidad y el tiempo de floculación. Puede proporcionarse esfuerzo cortante a un sistema de floculación a través de mezclado hidráulico (por ejemplo, pero sin limitarse a, cámaras con deflectores, cámaras de flujo en espiral), mezclado mecánico (tal como, pero sin limitarse a, palas, paletas o hélices de agitación, giratorias o de movimiento alternativo), y difusores o sistemas de rejilla que pueden usar, por ejemplo, aire difundido para crear turbulencias en el agua que fluye.

40 A medida que el agua o las aguas residuales se mezclan o agitan, pueden formarse flóculos más grandes y más pesados que pueden sedimentar a partir del agua o las aguas residuales, y pueden retirarse como lodo. El agua clarificada puede salir por la parte superior del sistema. Para aumentar la velocidad con la que sedimentan los flóculos, puede usarse un material de lastre en un procedimiento de floculación lastrada.

50 La floculación lastrada, también conocida como clarificación de alta tasa, modifica ligeramente el procedimiento en el que las partículas aglomeradas, o "flóculos", pueden comprender una partícula lastrada, lo que hace que los flóculos se hundan más rápidamente, acelerando de ese modo el procedimiento de clarificación.

55 Además, los sistemas de clarificación lastrada existentes tienen a menudo una tasa de pérdida de lastre relativamente alta. Tal pérdida de lastre no sólo aumenta los costes de funcionamiento de un sistema de clarificación lastrada, sino que también puede provocar un desgaste y/o daño excesivo a los componentes de procesamiento aguas abajo (puesto que tales componentes pueden estar procesando lodo con arena u otro lastre en el mismo). Por consiguiente, es deseable reducir la pérdida de lastre durante el funcionamiento de un sistema de clarificación lastrada.

60 También es deseable reducir el tamaño necesario de los sistemas de clarificación lastrada. Tal reducción de tamaño

puede dar como resultado una huella más pequeña y un gasto de capital y/o gasto operativo más pequeño. Por ejemplo, aumentar la tasa de ascenso de un sistema de clarificación lastrada puede permitir que se use un sistema más pequeño. Sin embargo, el lastre usado actualmente (por ejemplo, arena) no permite generalmente tasas de ascenso mayores de 1600 lpm/m² (40 gpm/pie²) sin una pérdida excesiva de lastre en el efluente. Por consiguiente, es deseable hacer funcionar un sistema de clarificación lastrada a tasas de ascenso mayores de 1600 lpm/m² (40 gpm/pie²) con una pérdida de lastre aceptable.

Por consiguiente, es deseable tener un sistema de floculación lastrada en el que el material de lastre se seleccione o configure para producir una clarificación eficaz y eficiente.

Sumario de la invención

La presente invención consiste en un método para proporcionar clarificación lastrada de agua o aguas residuales, que comprende: introducir un influente en una primera zona, comprendiendo el influente el agua o las aguas residuales y un coagulante ; agitar o mezclar el influente en la primera zona, en la que se desarrollan flóculos en el influente provocados al menos en parte por el coagulante; proporcionar el influente de la primera zona a una segunda zona; introducir polímero y lastre en el influente en la segunda zona, en el que las partículas de lastre tienen una relación de aspecto de menos de 1,15; agitar o mezclar el influente en la segunda zona, provocando que las partículas de lastre se muevan a través del influente y penetren en los flóculos; proporcionar el influente de la segunda zona a una tercera zona; agitar o mezclar el influente en la tercera zona, en el que la agitación o el mezclado en la tercera zona hace que se formen flóculos más grandes a través de la colisión de flóculos más pequeños entre los flóculos; proporcionar el influente a un tanque de clarificación que tiene un fondo y una parte superior, en el que las partículas de lastre en los flóculos hacen que los flóculos sedimenten en el fondo del clarificador; emitir un efluente desde la parte superior del tanque de clarificación, comprendiendo el efluente agua clara o sustancialmente clara.

Según aspectos de la presente invención, un método puede comprender además retirar el lodo que comprende flóculos sedimentados del fondo del clarificador y retirar al menos parte del lastre del lodo.

Según aspectos de la presente invención, un método puede comprender además un método en el que el lastre se retira del lodo usando uno o más hidrociclones.

Según aspectos de la presente invención, un método puede comprender además un método en el que el lastre retirado del lodo se recicla para reintroducirse en la segunda zona.

Según aspectos de la presente invención, un método puede comprender además un método en el que el método para proporcionar clarificación lastrada funciona en un sistema con una producción mayor de 1600 lpm/m² (cuarenta (40) gpm/pie²).

Según aspectos de la presente invención, un método puede comprender además un método en el que las partículas de lastre tienen una densidad mayor de 3,0 g/cm³.

Según aspectos de la presente invención, un método puede comprender además un método en el que la relación de aspecto es de entre 1,0 y 1,10.

Según aspectos de la presente invención, un método puede comprender además un método en el que las partículas de lastre tienen una densidad mayor de 3,5 g/cm³.

Según aspectos de la presente invención, un método puede comprender además un método en el que las partículas de lastre comprenden granate.

Descripción de los dibujos

La presente invención puede entenderse más completamente leyendo la siguiente descripción detallada junto con los dibujos adjuntos, en los que se usan indicadores de referencia similares para designar elementos similares. Las figuras adjuntas representan determinadas realizaciones ilustrativas y pueden ayudar a comprender la siguiente descripción detallada. Antes de que se explique en detalle cualquier realización de la invención, debe entenderse que la invención no está limitada en su aplicación a los detalles de construcción y a las disposiciones de componentes establecidos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. Las realizaciones representadas deben entenderse como a modo de ejemplo y de ningún modo limitativas del alcance global de la invención. Además, debe entenderse que la fraseología y la terminología usadas en el presente documento tienen fines descriptivos y no deben considerarse limitativas. La descripción detallada hará referencia a las siguientes figuras, en las que:

La figura 1 ilustra un sistema de clarificación lastrada a modo de ejemplo según algunas realizaciones de la presente invención.

La figura 2 representa un diagrama de tuberías a modo de ejemplo para un sistema de clarificación lastrada según algunas realizaciones de la presente invención.

5 La figura 3A-3F ilustra diversas vistas de un sistema de clarificación lastrada a modo de ejemplo según algunas realizaciones de la presente invención.

La figura 4 ilustra los resultados de turbidez para diversos tipos de lastre y tasas de ascenso, según algunas realizaciones de la presente invención.

10

Descripción detallada

Antes de que se explique en detalle cualquier realización de la invención, debe entenderse que la presente invención no está limitada en su aplicación a los detalles de construcción y a las disposiciones de componentes establecidos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. La presente invención puede presentar otras realizaciones y ponerse en práctica o llevarse a cabo de diversas maneras. Además, debe entenderse que la fraseología y la terminología usadas en el presente documento tienen fines descriptivos y no deben considerarse limitativas.

15

Los contenidos ejemplificados en esta descripción se proporcionan para ayudar a una comprensión integral de diversas realizaciones a modo de ejemplo dadas a conocer con referencia a las figuras adjuntas. Las descripciones de funciones y construcciones bien conocidas se omiten por claridad y concisión. Además, tal como se usa en el presente documento, el singular puede interpretarse en plural y, alternativamente, cualquier término en plural puede interpretarse como en singular.

20

En general, la floculación lastrada es un procedimiento de tratamiento fisicoquímico que usa generalmente medios recirculados de manera continua y una variedad de aditivos para mejorar las propiedades de sedimentación de los sólidos en suspensión a través de una unión por puentes de flóculos mejorada. Los productos químicos de coagulación (por ejemplo, sulfato férrico) proporcionan generalmente los medios mediante los cuales las partículas pequeñas coalescen para dar partículas más grandes y la cantidad y tasa de coalescencia son una función del grado de contacto entre partículas. Después de la introducción de productos químicos de coagulación, se forma un pequeño flóculo de sedimentación lenta. Si la masa de líquido se agita suavemente, aumenta el contacto entre las partículas y crecen en tamaño. La floculación mejora enormemente cuando tiene lugar en presencia de partículas de flóculo formadas previamente. Las partículas recién formadas se depositan por acreción en la superficie de las que ya están presentes, de modo que crecen en tamaño a una tasa mucho mayor produciendo un flóculo de sedimentación más pesado y más rápido.

25

30

35

Más específicamente, la clarificación lastrada es un procedimiento de tratamiento físico y químico que usa partículas densas para mejorar la velocidad de sedimentación de sólidos en suspensión agregados. El propósito de este procedimiento es aumentar la densidad global del flóculo, lo que puede dar como resultado una maduración rápida del flóculo y una clarificación más rápida. Los clarificadores lastrados pueden procesar flujos hasta diez (10) veces más rápido que los clarificadores convencionales con tasas de desbordamiento de hasta 3200 lpm/m² (80 gal/pie² min), mientras se logra una retirada de sólidos en suspensión totales (SST) del 80 al 95 por ciento. Esta mejora de la tasa de desbordamiento puede dar como resultado sistemas que tienen una huella mucho menor que los clarificadores convencionales.

40

45

La floculación lastrada puede ser un procedimiento de clarificación de alta tasa que puede usar medios recirculados para mejorar las propiedades de sedimentación de los sólidos en suspensión. Si un flóculo o microflóculo puede tener un peso específico mayor de 1,0 (en algunos sistemas, es deseable tener un flóculo o microflóculo con un peso específico mayor de 2,0), entonces el tiempo de sedimentación puede ser hasta varias veces más rápido que en sistemas de floculación no lastrada.

50

Sin embargo, las acciones en los sistemas de floculación lastrada se han entendido mal, lo que da como resultado la selección de diversos materiales de lastre que son ineficientes y pueden ser ineficaces. Anteriormente se entendía que el lastre actuaba como simiente para la formulación del flóculo, uniéndose sólidos y polímeros a y alrededor del lastre. De hecho, la técnica anterior indicó que "la microarena actúa como simiente favoreciendo la formación de flóculos especialmente grandes y pesados como lastre". Véase la patente estadounidense n.º 4.927.543.

55

Basándose en esta comprensión incorrecta, el material de lastre se ha seleccionado en función de la densidad (para aumentar la velocidad de sedimentación del flóculo) y la neutralidad de carga. Se pensó que la neutralidad de carga era importante para permitir la agregación alrededor del lastre.

60

Sin embargo, ahora se entiende que el procedimiento con lastre puede basarse en la cantidad de movimiento. Las partículas de lastre pueden empujarse hacia el flóculo químico mediante fuerzas de inercia, y pueden llegar a unirse en la matriz química. En vista de la comprensión actual, pueden ser importantes características tales como la hidrodinámica y la densidad.

65

La hidrodinámica, que es la capacidad de la partícula de lastre para moverse rápidamente de manera radial a través del agua durante la floculación y maduración, puede ser una característica relevante porque la hidrodinámica de las partículas de lastre puede tener un impacto sobre la velocidad con la que las partículas pueden desplazarse a través del agua o las aguas residuales. Las partículas más hidrodinámicas pueden tener una forma más redonda y una baja relación de aspecto. La relación de aspecto de una partícula puede definirse como la razón entre el diámetro de Feret más corto de una partícula y el diámetro de Feret más largo de una partícula tal como se describe en W. Pabst y E. Gregorova, Characterization of particles and particle systems. La norma ISO 13322-1-2014 describe métodos de análisis de imágenes para medir dichos diámetros de Feret de partículas fijando partículas en el plano de objeto de un dispositivo de obtención de imágenes. Por ejemplo, pueden obtenerse imágenes a través de métodos de microscopía óptica tal como se conoce en la técnica.

La mayoría de los materiales de lastre usados en el campo del tratamiento de agua mediante clarificación tienen una relación de aspecto comprendida entre 1,2 y 1,7. Por ejemplo, la arena de sílice (que puede usarse como material de lastrado) tiene una relación de aspecto de aproximadamente 1,22. En cambio, algunos granates pueden tener una relación de aspecto menor que la relación de aspecto de los materiales de lastrado usados más habitualmente, tales como la sílice y la arena. La relación de aspecto del granate puede ser menor de 1,15, y específicamente puede ser de entre 1,0 y 1,15, o entre 1,0 y 1,10, o entre 1,05 y 1,11, o entre 1,0 y 1,05, o cualquier combinación de tales intervalos. Una relación de aspecto específica del granate puede ser de aproximadamente 1,06. La menor relación de aspecto del granate puede permitir que el granate se desplace más rápido que la arena en el agua o las aguas residuales, y penetre adicionalmente en un flóculo. Una relación de aspecto que oscila entre 1,0 y 1,15 puede proporcionar una penetración eficiente en el flóculo. Una relación de aspecto de entre 1,0 y 1,10 puede proporcionar beneficios adicionales.

La densidad puede ser importante no sólo para aumentar la velocidad de sedimentación de los flóculos, sino también porque tales partículas densas tienen una masa mayor, que pueden tener más energía durante el procedimiento de colisión. Esto puede permitir que las partículas de lastre choquen contra los microfloculos y penetren en la matriz del flóculo por la cantidad de movimiento.

Se ha encontrado que una densidad de entre 3 y 5 g/cm³, y específicamente mayor de 3,2 g/cm³, puede proporcionar generalmente una penetración eficaz en el flóculo y tasas de sedimentación de flóculos suficientes. Se ha demostrado que los intervalos de 3,2-4,5 g/cm³, o específicamente entre 3,2-3,5 g/cm³, son eficaces, así como los intervalos entre 3,5-4,3 g/cm³.

Además, el granate tiene una densidad de 4, en comparación con la densidad de la arena de 2,5. Esta mayor densidad puede permitir que el granate tenga una mayor velocidad de sedimentación. Finalmente, el granate tiene un potencial de superficie (potencial zeta) que es menos negativo que el de la arena de cuarzo. El potencial zeta del granate oscila entre aproximadamente 16 y -41, dependiendo del pH. En cambio, la arena de cuarzo oscila entre 10 y -60. Esta característica puede permitir que el granate mejore su posición dentro del flóculo una vez que ha penetrado.

Puede encontrarse una ventaja adicional en el uso de material de lastre que sea más uniforme. Por ejemplo, se ha encontrado que el coeficiente de uniformidad de la arena (# 80) es de aproximadamente 1,64. Se ha encontrado que el granate (# 120) tiene un coeficiente de uniformidad de 1,33. Cuanto menor es el coeficiente de uniformidad, más uniforme (bien graduado, bien clasificado) es el material. Un bajo coeficiente de uniformidad puede mejorar la funcionalidad del sistema. El material de lastre que es más pequeño o más fino tiene más probabilidades de perderse por el rebosadero; el material de lastre que es más grande tiene más probabilidades de sedimentar en el fondo de los tanques, impidiendo que haya un sistema homogéneo.

En general, la presente invención se refiere a un método de clarificación de agua usando floculación lastrada con partículas de lastre configuradas o seleccionadas específicamente para producir una clarificación eficaz y eficiente, tal como se entiende ahora el procedimiento. Un método según algunas realizaciones de la presente invención pueden tratar diversos tipos de agua, y puede comprender generalmente tres (3) tanques y un clarificador. Puede mezclarse agua influente con un coagulante antes de entrar en el primer tanque de mezclado, en el que el coagulante puede reaccionar con contaminantes solubles, tales como fósforo. La mezcla puede hacerse avanzar luego al segundo tanque en el que puede introducirse lastre. Tal lastre puede penetrar en los flóculos recién formados. Los flóculos lastrados pueden mezclarse conjuntamente en el tercer tanque con polímero para mejorar el tamaño del flóculo a través de impactación por inercia. Los flóculos lastrados pueden pasar al clarificador, en el que los flóculos pueden sedimentar a alta velocidad, mientras que puede fluir agua clara por un rebosadero. El lodo sedimentado puede bombearse a un hidrociclón, que puede separar las partículas de lastre de la mezcla de lodo y agua. El lodo puede transportarse a un espesador, mientras que las partículas de lastre pueden recircularse al sistema.

Con referencia a la figura 1, el sistema 100 puede comprender tres (3) tanques 120, 130, 140 y un clarificador 150. En general, el agua puede mezclarse con un coagulante de metal en línea antes de entrar en el primer tanque 120 de mezclado. En el primer tanque 120 de mezclado, el coagulante puede reaccionar con contaminantes solubles en el agua o las aguas residuales, tales como fósforo, y puede instigar la desestabilización y la agregación de sólidos

en suspensión para dar microfloculos.

El agua o las aguas residuales pueden hacerse avanzar luego al segundo tanque 130 de mezclado en el que puede introducirse el material de lastre, así como también puede introducirse polímero. El material de lastre puede penetrar en los microfloculos que se han formado. Tal como se indicó anteriormente, pueden usarse como lastre diversos materiales que se configuran y/o seleccionan basándose en características que incluyen, pero no se limitan a, densidad e hidrodinámica. Por ejemplo, el granate tiene una mayor densidad y más hidrodinámica que muchos materiales de lastre usados habitualmente (tales como, pero sin limitarse a, arena de cuarzo, arena de sílice, biotita, partículas de lodo secadas, etc.).

En el tercer tanque 140, los floculos lastrados pueden mezclarse adicionalmente para mejorar el tamaño de los floculos mediante impactación por inercia, y puede añadirse polímero adicional.

Finalmente, los floculos lastrados mejorados pueden pasar al clarificador 150, en el que los floculos pueden sedimentar a altas tasas de velocidad mientras fluye agua clara por un rebosadero 151. Los floculos que sedimentan en el fondo del clarificador 150 pueden bombearse a un hidrociclón 160 que puede separar las partículas de lastre pesadas de la mezcla de agua y lodo más ligera. El lodo puede transportarse a un espesador mientras que las partículas de lastre pueden recircularse al segundo tanque 130 de mezclado, para que puedan reutilizarse en el procedimiento.

Más específicamente, y con referencia continuada a la figura 1, el agua o las aguas residuales pueden entrar en el sistema como influente, y puede añadirse un coagulante 111 de metal en línea antes de que el agua o las aguas residuales entren en el primer tanque 120 de mezclado. En el primer tanque 120 de mezclado, puede producirse una coagulación y/o mezclado rápido. Para ayudar en el mezclado del tanque, pueden usarse dispositivos 121 de mezclado mecánico. Los dispositivos de mezclado mecánico pueden incluir, pero no se limitan a, palas, hélices, paletas, etc. Alternativamente, o además, puede utilizarse un mezclado hidráulico de difusores.

El agua o las aguas residuales pueden entonces entrar en el segundo tanque 130 de mezclado en el que puede añadirse material de lastre al tanque 130. El material de lastre puede recircularse al procedimiento y puede ser material de lastre que se usó anteriormente. De nuevo, el segundo tanque 130 de mezclado puede incluir un dispositivo 131 de mezclado que puede proporcionar un mezclado mecánico o hidráulico.

Según algunas realizaciones de la presente invención, puede usarse un tercer tanque 140 de mezclado. Obsérvese que se contempla que también puede utilizarse un sistema de dos (2) tanques de mezclado. El tercer tanque 140 de mezclado, si se utiliza, puede comprender un dispositivo 141 de mezclado.

El agua o las aguas residuales pueden entrar en el clarificador 150, en el que los floculos pueden sedimentar en el fondo del tanque 150, mientras que puede elevarse agua clara y fluir hacia fuera por el rebosadero 151, y salir del sistema como efluente 112. El tanque 150 puede comprender una salida 152 de fondo por la que el lodo puede salir del sistema. El lodo puede fluir hacia un hidrociclón 160, que puede separar las partículas de lastre del lodo. El lodo 161 puede salir del sistema hacia un espesador, mientras que las partículas 162 de lastre pueden salir del hidrociclón 160 y recircularse de vuelta al segundo tanque 130 de mezclado.

Con referencia a la figura 2, se comentarán ahora las tuberías de un sistema 200 de clarificación lastrada a modo de ejemplo. Puede fluir agua sin tratar, es decir, agua o aguas residuales que van a tratarse, hacia el sistema en 201, y puede bombearse mediante la bomba 202. El agua sin tratar puede bombearse a un tamiz 203 de cepillo giratorio, que puede utilizarse para realizar una recogida de sólidos (es decir, retirar sólidos grandes del agua). Una vez tamizado, el agua puede bombearse mediante la bomba 204 de influente al primer depósito 211 de floculación.

Junto con el influente, puede añadirse un coagulante procedente del tanque 205 de coagulante (bombeado por la bomba 206 dosificadora), un agente cáustico procedente del tanque 207 de agente cáustico (bombeado por la bomba 208 dosificadora) y un oxidante procedente del tanque 209 oxidante (bombeado por la bomba 210 dosificadora) al influente, a medida que se proporciona al primer depósito 211 de floculación. El influente y los aditivos pueden agitarse o someterse a sacudidas en el primer depósito de floculación mediante el primer mezclador 210.

El fluido, que ahora comprende el agua sin tratar tamizada y los aditivos (el coagulante, el agente cáustico y el oxidante), puede proporcionarse entonces a un segundo depósito 213 de floculación. En el segundo depósito 213 de floculación, puede añadirse polímero procedente del tanque de polímero 218, que puede bombearse mediante la bomba 219 dosificadora, y el material de lastre. El material de lastre puede añadirse independientemente, o puede añadirse como una salida de los hidrociclones 223, 224.

Tal como se comentó en mayor detalle anteriormente, el material de lastre puede comprender un material con características de alta hidrodinámica (tales como, pero sin limitarse a, una baja relación de aspecto (por ejemplo, menor de 1,15)) y una densidad mayor de 3,0 g/cm. La mezcla en el segundo depósito 213 de floculación puede agitarse o someterse a sacudidas mediante el mezclador 214. Tal agitación o tales sacudidas pueden hacer que las

partículas de lastre se desplacen a través de la mezcla y penetren en los flóculos.

La mezcla puede entonces proporcionarse a la zona 216 de maduración. Puede añadirse polímero adicional a la zona de maduración. La mezcla puede agitarse o someterse a sacudidas de nuevo mediante el mezclador 217. Tal agitación o tales sacudidas pueden hacer que los flóculos se unan entre sí y aumenten de tamaño debido a los impactos de inercia.

La mezcla puede proporcionarse luego al clarificador 220, en el que los flóculos lastrados pueden sedimentar a altas tasas de velocidad mientras que el agua clara puede fluir hacia fuera 221 (por ejemplo, por un rebosadero). Obsérvese que los flóculos pueden sedimentar bastante rápido, por ejemplo, con una velocidad de sedimentación mayor de 1,0 cm/s.

Los flóculos sedimentados se convierten ahora en lodo en el fondo del clarificador 220. El lodo sedimentado puede bombearse a través de la bomba 222 de lodo a un hidrociclón 223, 224. Obsérvese que la figura 2 ilustra un hidrociclón 223 principal y un hidrociclón 224 de repuesto. Se contempla que pueden usarse uno o varios hidrociclones en cualquier momento. En el hidrociclón, las partículas de lastre pueden separarse de la mezcla de agua y lodo. Pueden proporcionarse partículas de lastre de vuelta al segundo depósito 213 de floculación tal como se comentó anteriormente.

El lodo restante puede transportarse a un espesador para un tratamiento posterior. Obsérvese que las propiedades de las partículas de lastre que permiten que el lastre se desplace a través de la mezcla de agua y penetre en los flóculos ayudan a retirar las partículas de lastre del lodo. Para los sistemas que funcionan a 1600 lpm/m² (40 gpm/pie²), se ha encontrado que la pérdida de lastre es menor de 13 kg por 3,785 millones de litros (millón de galones) de agua tratada. Según las pruebas, a tasas de ascenso de 1600 lpm/m² (40 gpm/pie²), se registró una pérdida de lastre de 10,8 kg por 3,785 millones de litros (millón de galones) de agua tratada. A 1834 lpm/m² (45 gpm/pie²), se registró una pérdida de lastre de 9,5 kg por 3,785 millones de litros (millón de galones) de agua tratada, y a 2322 lpm/m² (57 gpm/pie²) se registró una pérdida de lastre de 7,6 kg por 3,785 millones de litros (millón de galones) de agua tratada.

Esto es particularmente deseable ya que la pérdida de lastre reducida (i) reduce los costes operativos del sistema (puesto que hay menos lastre para reemplazar); y (ii) reduce el daño en los componentes de procesamiento aguas abajo (puesto que hay menos lastre que se procesa junto con el lodo). El lastre que queda en el lodo puede provocar un desgaste excesivo en los componentes de procesamiento.

Con referencia a las figuras 3A-3F, se comentará ahora un sistema para proporcionar clarificación lastrada. Como nota de contenido inicial: (i) la figura 3A proporciona una vista isométrica del sistema 300; (ii) la figura 3B proporciona una vista desde arriba del sistema 300; (iii) la figura 3C ilustra una vista en sección del sistema 300, tomada lateralmente a lo largo del sistema; (iv) las figuras 3D y 3E ilustran una vista en sección del sistema 300 perpendicular a la figura 3C; y (v) la figura 3F ilustra una vista isométrica externa del sistema 300. Cada una se comentará por turnos.

Con referencia a la figura 3A, puede observarse que el sistema 300 comprende generalmente un primer depósito 310 de floculación y un segundo depósito 320 de floculación. Los depósitos 310, 320 de floculación primero y segundo pueden estar dispuestos uno junto a otro a lo largo de un eje, mientras que los depósitos y el clarificador restantes pueden estar dispuestos a lo largo de un eje perpendicular. De esta manera, la huella del sistema 300 puede mantenerse más pequeña, reduciéndose de ese modo los costes (tales como gastos de capital para construir y/o adquirir el sistema 300), y requiere menos espacio para la instalación y el uso. Ambos depósitos 310, 320 de floculación primero y segundo pueden comprender un mezclador para agitar o someter a sacudidas la mezcla.

El sistema 300 puede comprender además una zona 330 de maduración, que puede comprender de nuevo un mezclador 331 para agitar o someter a sacudidas la mezcla. El sistema 300 puede comprender además un clarificador 340 en el que los flóculos lastrados pueden sedimentar y tales flóculos sedimentados pueden rasarse mediante el rascador 341 para su procesamiento (tal como, pero sin limitarse a, transporte a hidrociclones y/o espesadores). En la parte superior del clarificador 340, puede discurrir agua clara a lo largo de un canal 350 de lavado, y por un rebosadero mientras sale del sistema 300.

La provisión de coagulantes, agentes cáusticos, oxidantes, polímeros y partículas de lastre puede proporcionarse tal como se comentó anteriormente con respecto a las figuras 1 y 2.

Con referencia a la figura 3B, la ubicación del primer depósito 310 de floculación y el segundo depósito 320 de floculación puede ser transversal a la zona 330 de maduración. Con referencia a la figura 3C, pueden observarse los depósitos 310, 320 de floculación primero y segundo. La mezcla puede proporcionarse desde el segundo depósito 320 de floculación a la zona 330 de maduración. Obsérvese que la mezcla puede desplazarse desde el segundo depósito 320 de floculación hasta la zona 330 de maduración a través de una abertura en el fondo de los depósitos, mientras que la mezcla puede fluir desde la zona 330 de maduración hasta el clarificador a través de una abertura en la parte superior del depósito. El clarificador 340 puede comprender un rascador 341 para rasar flóculos

sedimentados, o lodo. Puede discurrir agua clara a lo largo de un canal 350 de lavado, y por un rebosadero mientras sale del sistema 300 en el canal 360 de efluente.

5 Con referencia a la figura 3D, pueden observarse más claramente el primer depósito 310 de floculación con el primer mezclador 311 y el segundo depósito 320 de floculación con el segundo mezclador 321 y la disposición de los depósitos de floculación primero y segundo. Obsérvese que aunque se ilustran depósitos de floculación primero y segundo uno junto a otro en una dirección perpendicular a la zona de maduración y al clarificador, se contempla que tales depósitos de floculación primero y segundo puedan disponerse en cualquier disposición, incluyendo en una única línea (por ejemplo, tal como se ilustra gráficamente en la figura 1) o en cualquier otra disposición que pueda demostrar ser eficiente o ventajosa.

10 Con referencia a la figura 3E, puede observarse con más detalle el clarificador 340. De nuevo, el clarificador 340 puede comprender un rascador 341 que puede rascar lodo/flóculos sedimentados del fondo. El lodo puede salir del clarificador por el conducto 342.

15 La figura 3F ilustra una vista isométrica externa del sistema 300. Pueden observarse los dispositivos que accionan los mezcladores. Por ejemplo, el motor 312 puede accionar el mezclador 311 en el primer depósito 310 de floculación. El motor 322 puede accionar el mezclador 321 en el segundo depósito 320 de floculación. El motor 332 puede accionar el mezclador 331 en la zona 330 de maduración. Y el motor 342 puede accionar el rascador 341 en el clarificador 340. La figura 3F ilustra que un sistema de clarificación lastrada según algunas realizaciones de la presente invención puede ser lo suficientemente pequeño para el transporte mientras se obtienen velocidades de flujo de clarificación significativas.

20 En general, el material de lastre tal como se comentó anteriormente (por ejemplo, granate), puede proporcionar al menos dos (2) ventajas con respecto al material de lastre típico (por ejemplo, microarena). En primer lugar, los sistemas y métodos pueden tener una mayor producción (o tasa de ascenso) y, en segundo lugar, pueden tener una menor tasa de pérdida del material de lastre. Cada uno se aborda brevemente a continuación.

25 Con referencia a la figura 4, los métodos según algunas realizaciones de la presente invención se han sometido a prueba y se han hecho funcionar de manera satisfactoria con tasas de producción o ascenso de hasta 2322 lpm/m² (57 gpm/pie²). Además, con una turbidez de influente de aproximadamente 3 unidades nefelométricas de turbidez (UNT), se determinó que la turbidez del efluente promediaba aproximadamente 1,2 UNT. El fósforo efluente se midió a menos de 0,1 mg/1.

30 Las partículas más grandes y más pesadas pueden experimentar menores pérdidas en el hidrociclón y desbordamiento debido a su alta velocidad de sedimentación. Sin embargo, las partículas de lastre más pequeñas pueden ser más eficientes para penetrar en un flóculo. Por consiguiente, se identificó un tamaño de lastre óptimo que maximiza estos dos requisitos antagónicos (sedimentación más rápida y mejor penetración en el flóculo). Con respecto a las tasas de pérdida, la mayor densidad y las características hidrodinámicas del material de lastre pueden ayudar a retirar más lastre del lodo en el hidrociclón. La densidad puede ayudar a las fuerzas aplicadas sobre el lastre desde el hidrociclón, mientras que las cualidades hidrodinámicas del lastre (baja relación de aspecto, etc.) pueden ayudar al lastre a penetrar en el lodo para retirarse del sistema.

35 El uso del granate como material de lastre se comparó con la arena, un material de lastre usado habitualmente. Durante el tratamiento terciario, el granate mostró la menor tasa de pérdida de lastre para todas las tasas de ascenso sometidas a prueba. Específicamente, a una tasa de ascenso de 1600 lpm/m² (40 GPM/pie²), la tasa de pérdida del granate fue el 29% menor que la tasa de pérdida para la arena. Además, el granate tiene generalmente un menor coeficiente de uniformidad que la arena.

40 Con referencia a las tablas 1 y tabla 2 a continuación, se presenta una comparación de arena, magnetita ("mag") y granate como materiales de lastre. Obsérvese que el granate (# 120) usado era de una pureza de aproximadamente el 37% de SiO₂, el 33% de Fe₂O₃, el 20,5% de Al₂O₃, el 6% de MgO y el 2% de CaO.

TABLA 1

55

Propiedad	Arena (# 80)	Granate (# 120)	Magnetita
Tamaño eficaz	110	120	75
Coefficiente de uniformidad	1,64	1,33	1,2
Velocidad de sedimentación de partículas de tamaño eficaz /cm/s)	0,88	1,87	1,15
Densidad (g/cm ³)	2,5	4	5,2

TABLA 2

	Arena	Magnetita	Granate	Granate
Tasa de ascenso	1600 lpm/m ² (40 (gpm/pie ²))/100 (m/h)	1600 lpm/m ² (40 (gpm/pie ²))/100 (m/h)	1600 lpm/m ² (40 (gpm/pie ²))/100 (m/h)	2241 lpm/m ² (55 (gpm/pie ²))/138 (m/h)
Cloruro férrico (mg/1)	30	25	25	25
Polímero (mg/1)	0,6	0,6	0,6	0,6
Turbidez de influente (UNT)	1,8	1,3	3	2,9
Turbidez de efluente (UNT)	0,65	0,53	0,9	1,3
% de retirada de turbidez	64%	59%	70%	55%
SST (mg/1)	5,6	7,4	4,3	4,7
Fósforo total en influente (mg/1)	0,8	0,8	0,8	0,3
Fósforo total en efluente (mg/1)	0,04	0,11	0,14	0,13
% de retirada de fósforo	95%	86%	83%	57%
Pérdida de lastre	15,4 (libras/MG) / 1,8 (kg/1000 m ³)	29 (libras/MG) / 3,4 (kg/1000 m ³)	7,7 (libras/MG) / 0,9 (kg/1000 m ³)	15,4 (libras/MG) / 1,8 (kg/1000 m ³)

- 5 Tal como se comentó anteriormente, el uso de partículas de lastre con determinadas características (tales como, pero sin limitarse a, granate) permite que un sistema de clarificación lastrada funcione a tasas de ascenso mayores que las permitidas usando arena como lastre. El aumento de las tasas de ascenso puede dar como resultado sistemas más pequeños necesarios, reduciendo de ese modo los gastos de capital y operativos de un sistema de este tipo.
- 10 En las pruebas, se registraron las tasas expuestas en la tabla 3.

Tabla 3

Área de sedimentación	Tanque de coagulación		Tanque de floculación		Tanque de maduración		Tanque de sedimentación		Velocidad de flujo lpm ((GPM))	Tasa de ascenso lpm/m ² ((GPM/pie ²))
	Vol. litros ((gal.))	HRT (min)	Vol. litros ((gal.))	HRT (min)	Vol. litros ((gal.))	HRT (min)	Vol. litros ((gal.))	HRT (min)		
0,49 m ² (5,3 pies ²)	674 (178)	1,0	674 (178)	1,0	2044 (540)	3,0	1964 (519)	2,9	681 (180)	1385 (34)
0,49 m ² (5,3 pies ²)	674 (178)	0,75	674 (178)	0,75	2044 (540)	2,25	1964 (519)	2,2	908 (180)	1834 (45)
0,49 m ² (5,3 pies ²)	674 (178)	0,6	674 (178)	0,6	2044 (540)	1,8	1964 (519)	1,7	1136 (180)	2322 (57)

- 15 Por consiguiente, puede observarse que usando un material de lastre con una densidad mayor de 3,0 g/cm³ y una relación de aspecto menor de 1,15, pueden obtenerse tasas de ascenso mayores de 1600 lpm/m² (40 gpm/pie²) con flóculos de sedimentación rápida (mayor de 1,0 cm/s), retirada de turbidez mayor del 65% y pérdida de lastre menor de 13 kg/ 3,785 millones de litros (MG).
- 20 Se entenderá que las realizaciones específicas de la presente invención mostradas y descritas en el presente documento son sólo a modo de ejemplo. De manera similar, las formas específicas mostradas en las figuras adjuntas y comentadas anteriormente pueden variarse sin apartarse de la funcionalidad reivindicada en la presente invención. Por consiguiente, se pretende que todo el contenido descrito en el presente documento y mostrado en los dibujos adjuntos se considere sólo ilustrativo, y no en un sentido limitativo, y que el alcance de la invención estará
- 25 determinado únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método para proporcionar clarificación lastrada de agua o aguas residuales, que comprende:
 - 5 introducir un influente en una primera zona (120), comprendiendo el influente el agua o las aguas (110) residuales y un coagulante (111);
 - agitar o mezclar el influente en la primera zona (120), en donde se desarrollan flóculos en el influente provocados al menos en parte por el coagulante (111);
 - 10 proporcionar el influente de la primera zona (120) a una segunda zona (130);
 - introducir polímero y partículas (162) de lastre en el influente en la segunda zona (130), en donde las partículas (162) de lastre tienen una relación de aspecto de menos de 1,15;
 - 15 agitar o mezclar el influente en la segunda zona (130), provocando que el lastre (162) se mueva a través del influente y penetre en los flóculos;
 - proporcionar el influente de la segunda zona (130) a una tercera zona (140);
 - 20 agitar o mezclar el influente en la tercera zona (140), en donde la agitación o el mezclado en la tercera zona (140) hace que se formen flóculos más grandes a través de la colisión de flóculos más pequeños entre los flóculos;
 - 25 proporcionar el influente en un tanque (150) de clarificación que tiene un fondo y una parte superior, en donde las partículas (162) de lastre en los flóculos hacen que los flóculos sedimenten en el fondo del clarificador;
 - 30 emitir un efluente desde la parte superior del tanque (150) de clarificación, comprendiendo el efluente agua (112) clara o sustancialmente clara.
2. Método según la reivindicación 1, que comprende además:
 - 35 retirar el lodo que comprende flóculos sedimentados del fondo del clarificador (150); y retirar al menos parte del lastre (162) del lodo.
3. Método según la reivindicación 2, en el que el lastre (162) se retira del lodo usando uno o más hidrociclones (160).
- 40 4. Método según la reivindicación 2, en el que el lastre (162) retirado del lodo se recircula para reintroducirse en la segunda zona (130).
5. Método según la reivindicación 1, en el que el método de proporcionar clarificación lastrada funciona en un sistema (100) con una producción mayor de 1600 lpm/m² (cuarenta (40) gpm/pie²).
- 45 6. Método según la reivindicación 1, en el que las partículas (162) de lastre tienen una densidad mayor de 3,0 g/cm³.
7. Método según la reivindicación 1, en el que la relación de aspecto es de entre 1,0 y 1,10.
- 50 8. Método según la reivindicación 5, en el que las partículas (162) de lastre tienen una densidad mayor de 3,5 g/cm.
9. Método según la reivindicación 1, en el que el material (162) de lastre comprende granate.
- 55

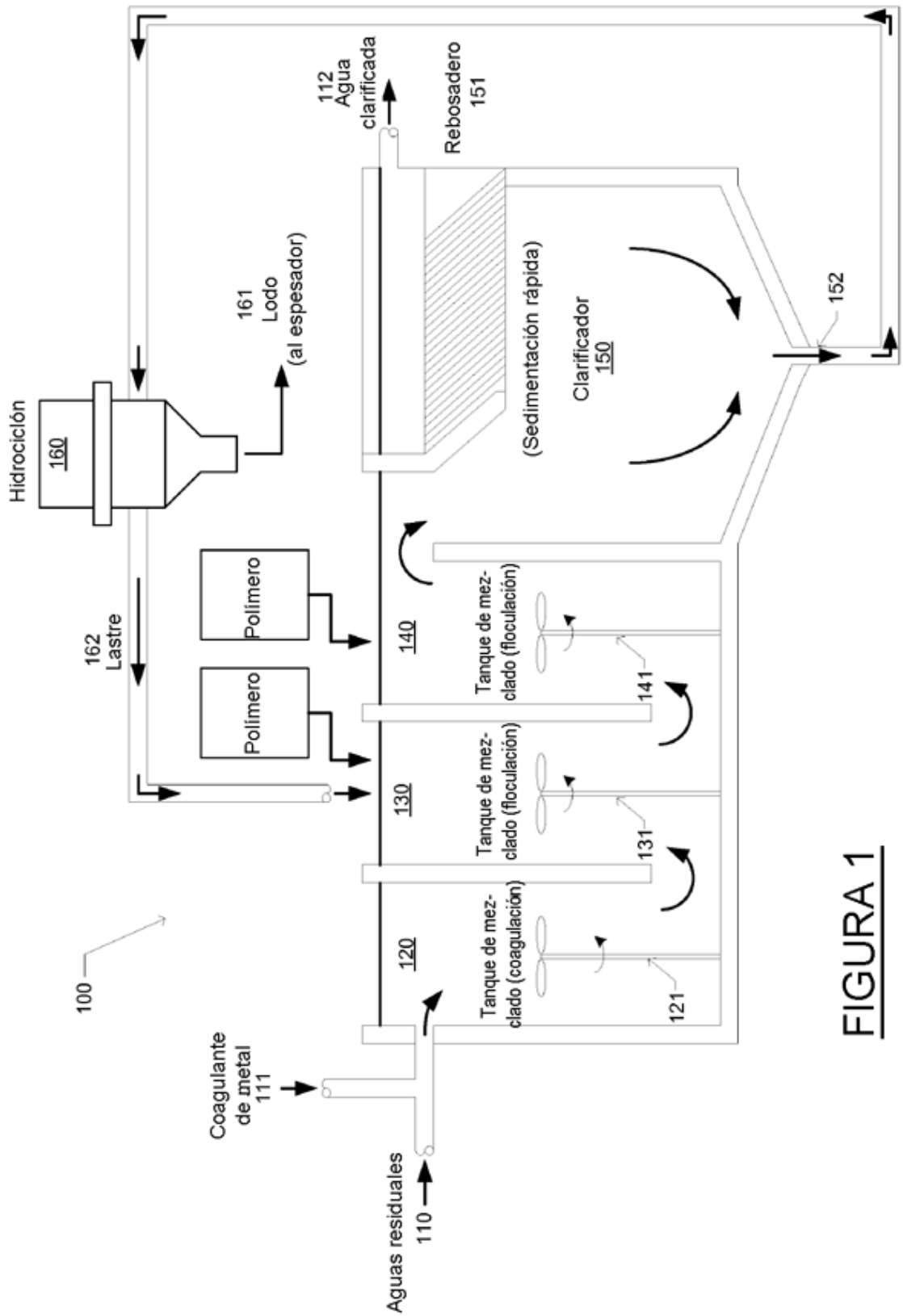


FIGURA 1

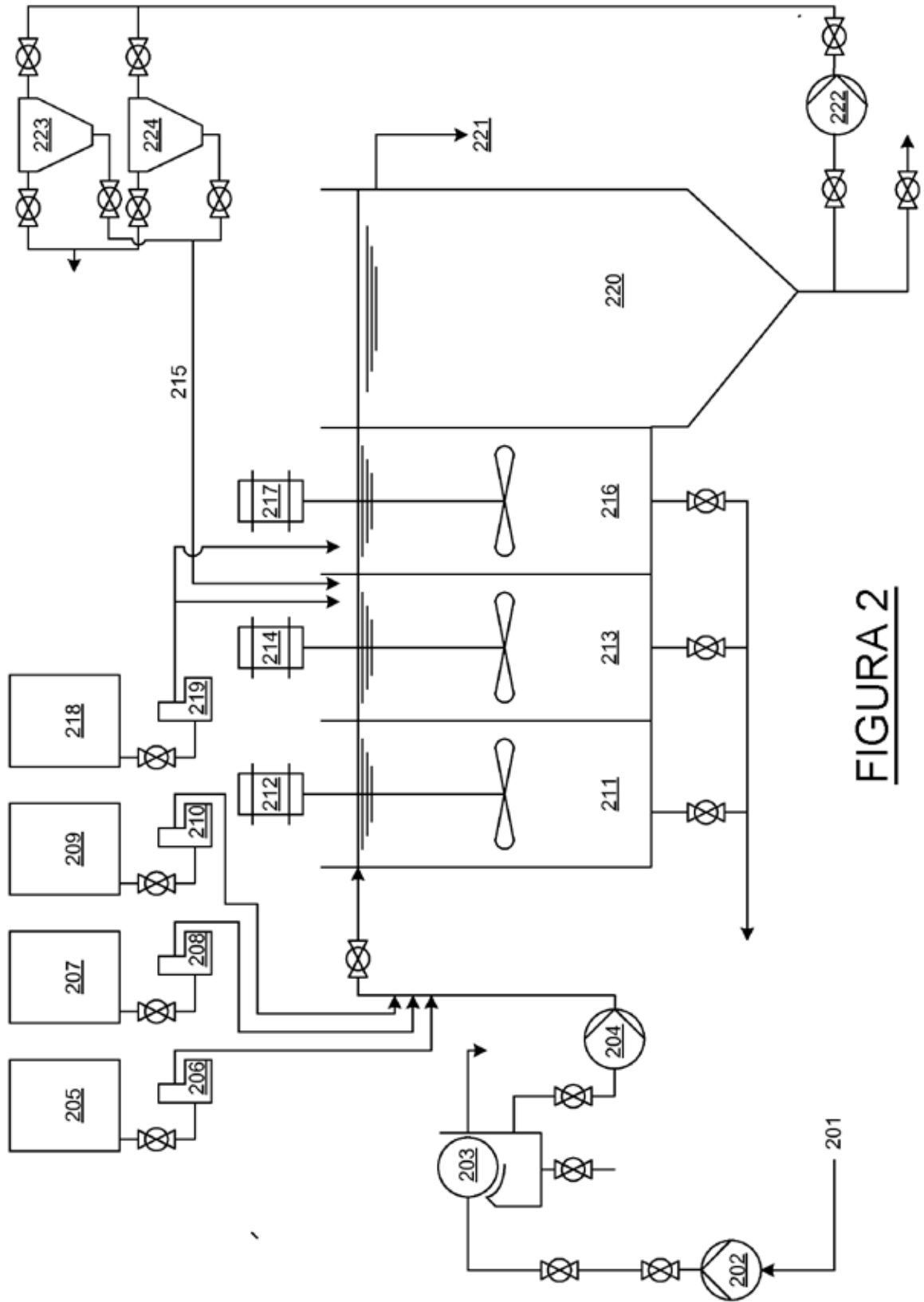


FIGURA 2

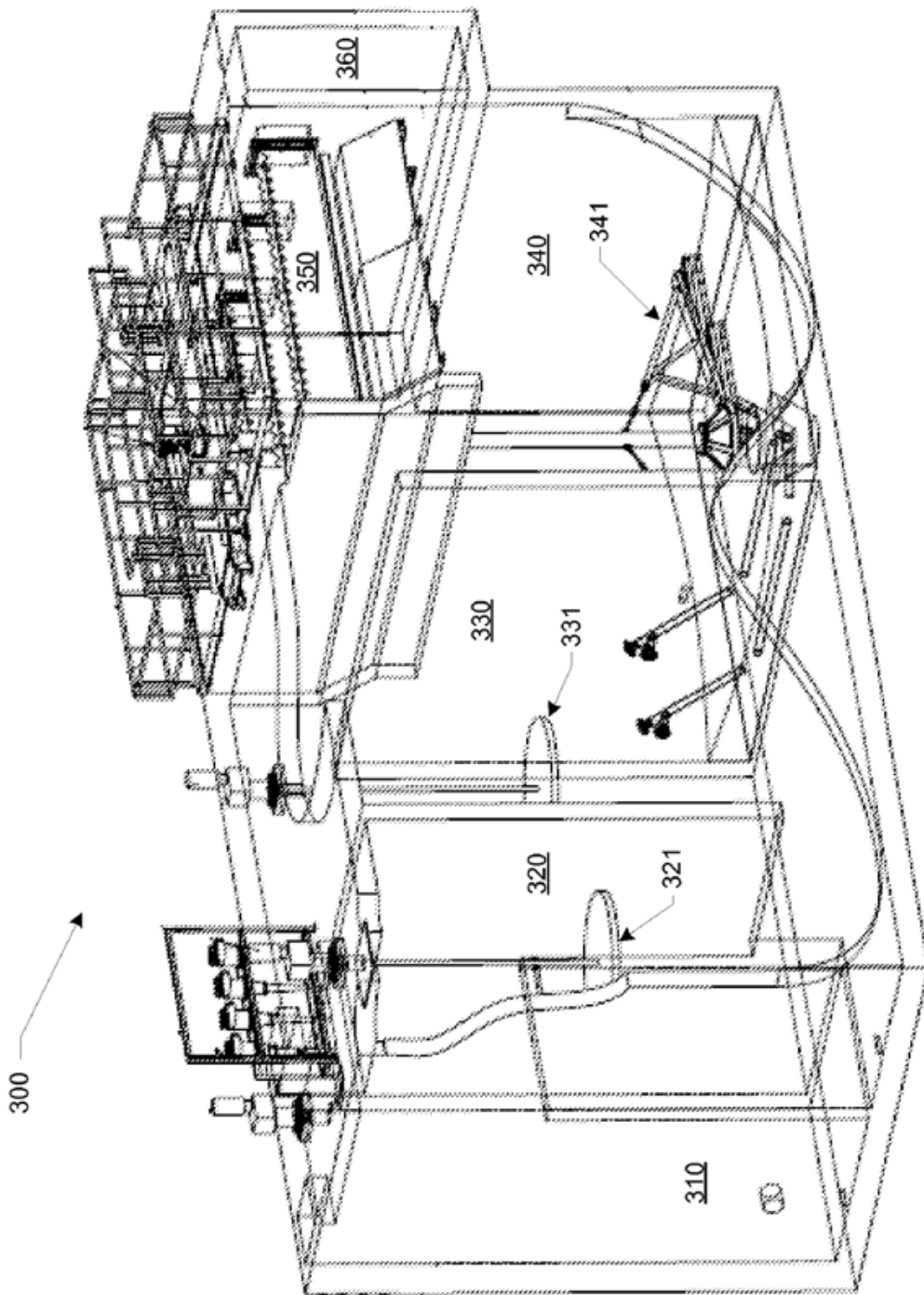


FIGURA 3A

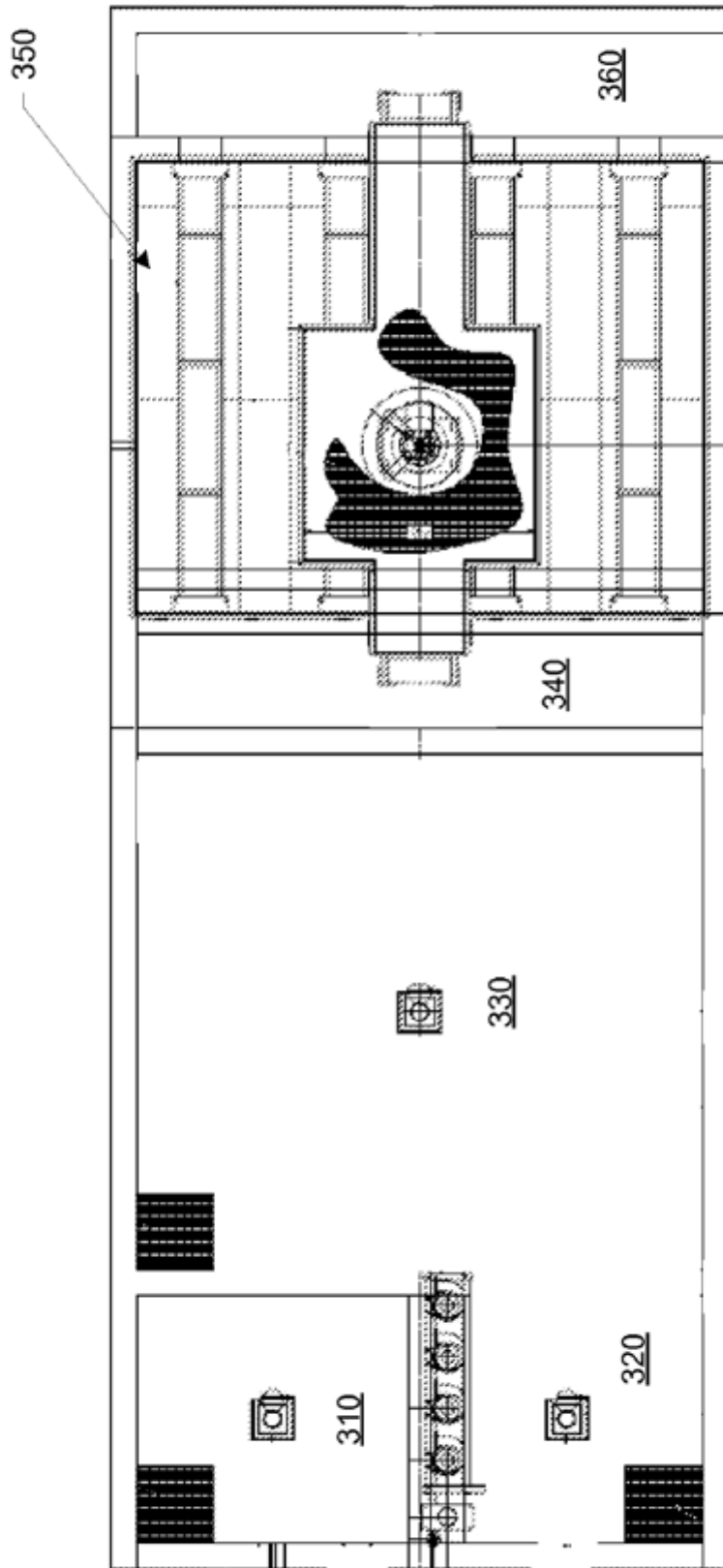


FIGURA 3B

FIGURA 3C

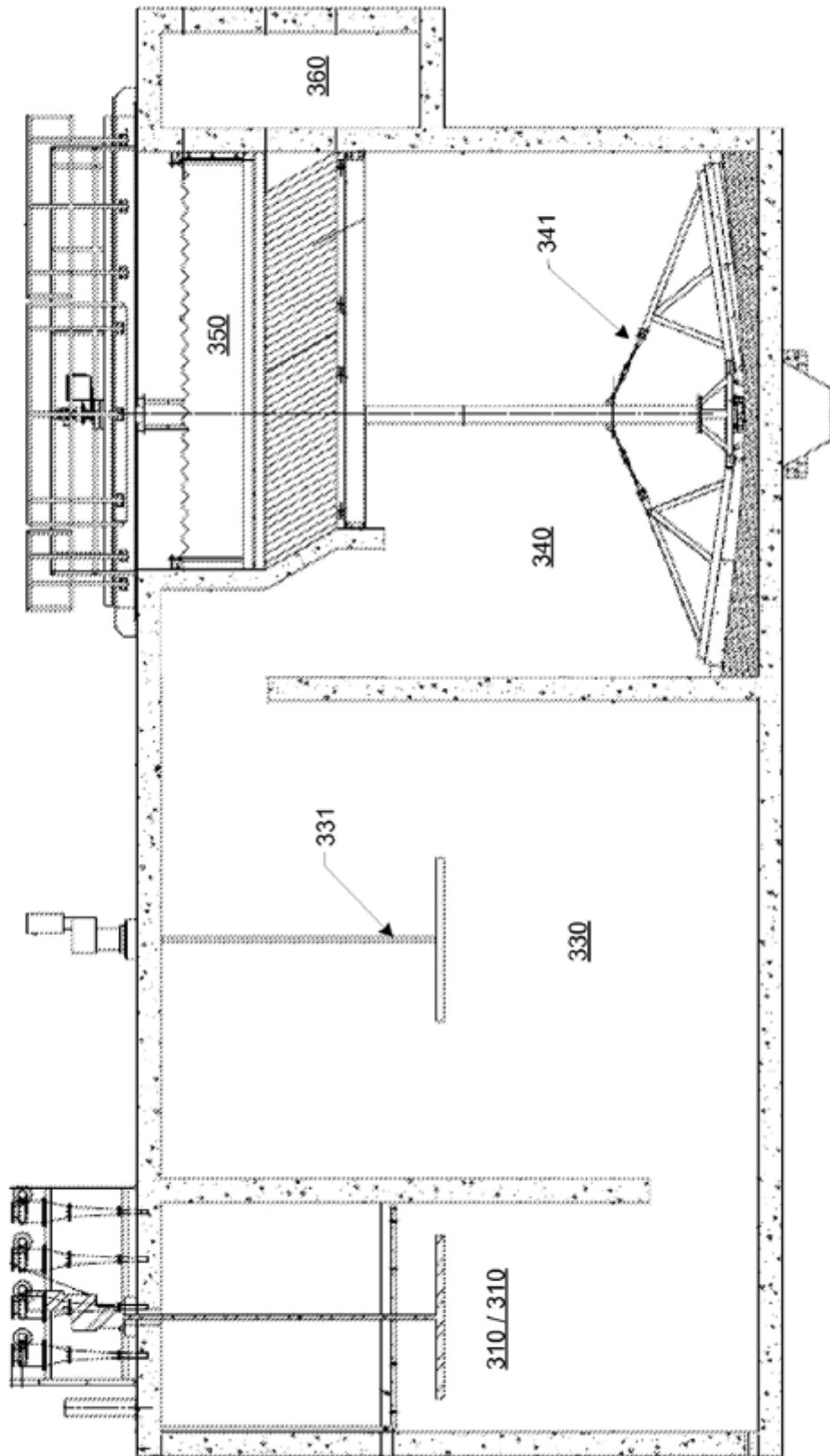


FIGURA 3D

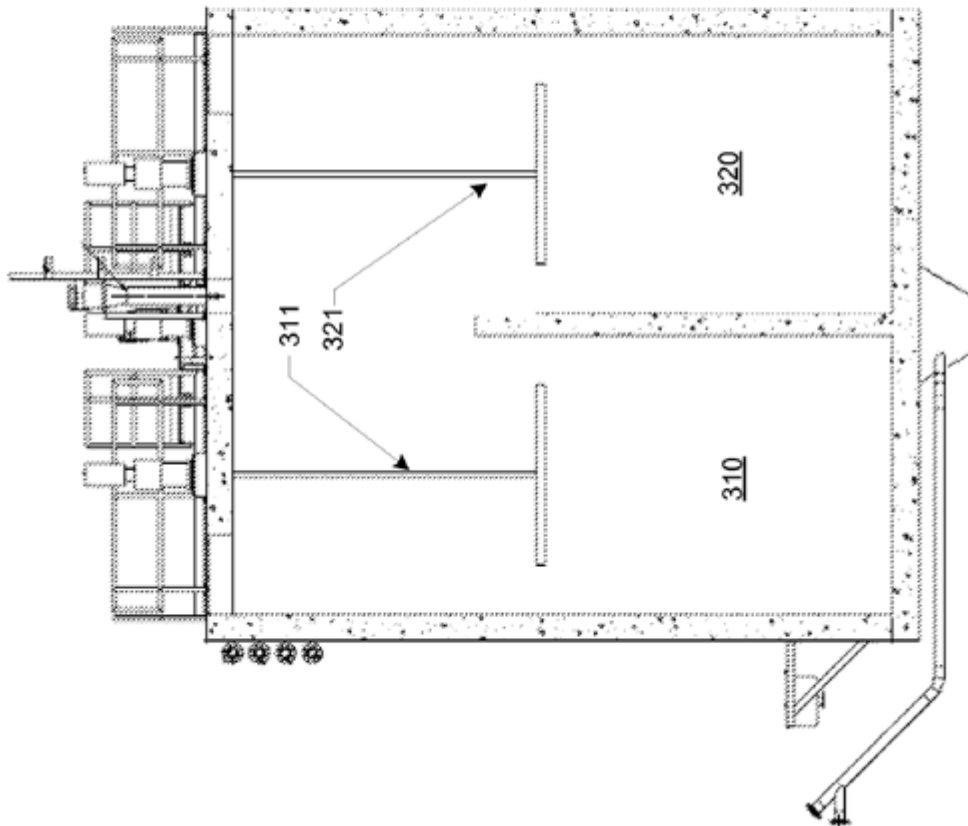


FIGURA 3E

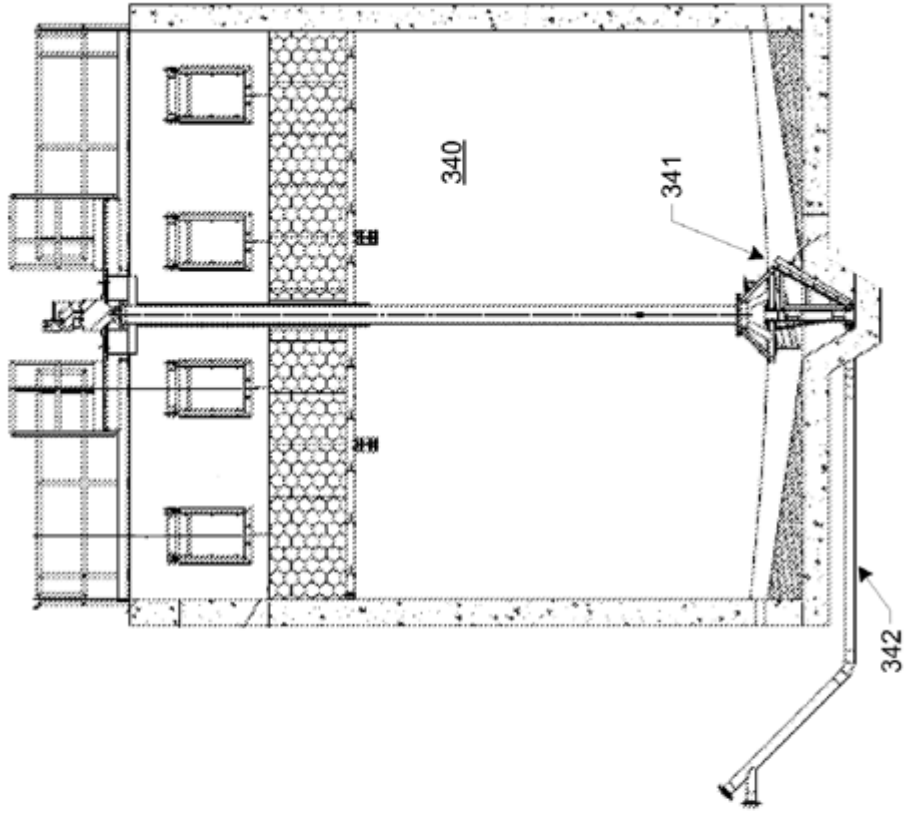


FIGURA 3F

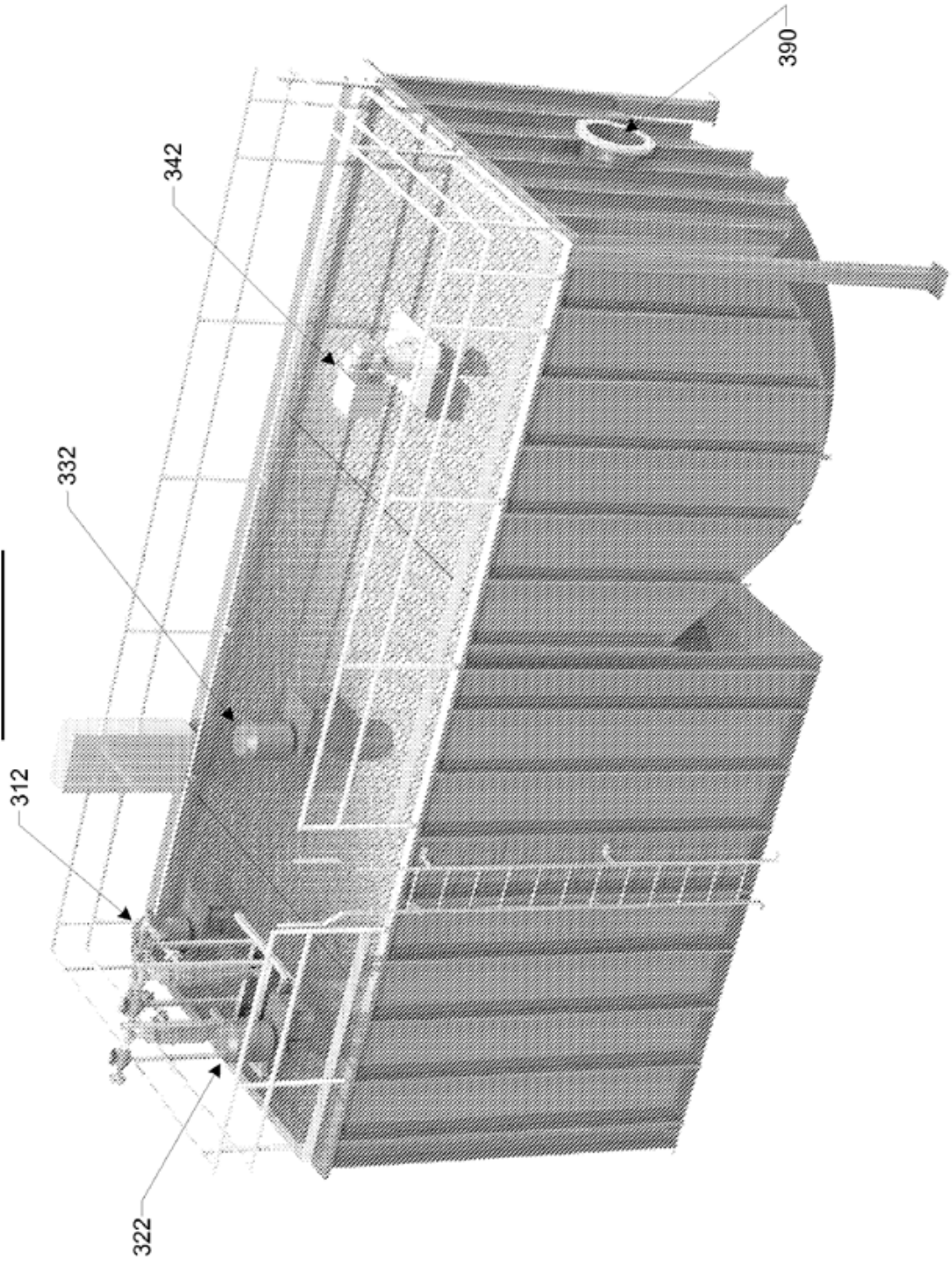


FIGURA 4

