(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 911 028**

(51) Int. CI.:

C02F 3/12 (2006.01)
C02F 1/28 (2006.01)
C02F 3/28 (2006.01)
C02F 3/30 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.06.2017 PCT/US2017/036140**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **21.12.2017 WO17218239**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2017 E 17813799 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.02.2022 EP 3472106**

(54) Título: **Método de combinación de digestión recuperativa con tanque de contacto y flotación por aire disuelto**

(30) Prioridad:

16.06.2016 US 201662350938 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.05.2022

(73) Titular/es:

EVOQUA WATER TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
210 Sixth Avenue, Suite 3300
Pittsburgh, PA 15222, US

(72) Inventor/es:

SMITH, GEORGE W

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

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 combinación de digestión recuperativa con tanque de contacto y flotación por aire disuelto

Antecedentes

Los aspectos y realizaciones de la presente invención están dirigidos a sistemas para el tratamiento de aguas residuales.

El documento US2012/043277 divulga el tratamiento del agua mediante una operación de flotación por aire disuelto realizada sobre una parte de un licor mezclado que sale de un tanque de contacto antes de que el licor mezclado entre en un tanque de tratamiento biológico.

El documento US2014/034573 divulga un sistema de tratamiento de aguas residuales que tiene un sistema de sorción y un digestor anaeróbico que digiere o convierte al menos una parte de los sólidos o lodos del sistema de sorción.

Compendio

La invención es como se reivindica en las reivindicaciones.

En algunas realizaciones, el espesador es un espesador de cinta de gravedad.

El sistema puede configurarse para dirigir una mayor parte de la corriente de sólidos digeridos desde la salida del digestor anaeróbico a la entrada del primer espesador.

En algunas realizaciones, el primer espesador está configurado para producir la corriente de sólidos digeridos espesada con aproximadamente el doble del contenido de sólidos de la corriente de sólidos digeridos de la salida del digestor anaeróbico.

En algunas realizaciones, la segunda salida del primer espesador está en comunicación de fluidos con una entrada del tanque de contacto.

En algunas realizaciones, la segunda salida del primer espesador está en comunicación de fluidos con una entrada de la unidad de tratamiento biológico.

El segundo espesador puede incluir una salida de líquido en comunicación de fluidos con una entrada del tanque de contacto. El segundo espesador puede incluir una salida de líquido en comunicación de fluidos con una entrada de la unidad de tratamiento biológico.

En algunas realizaciones, el sistema comprende además un clarificador que tiene una entrada en comunicación de fluidos con la salida de la unidad de tratamiento biológico, una salida de efluentes y una salida de lodos activados de retorno. El clarificador está configurado para generar un efluente clarificado a través de la salida de efluentes y un lodo activado de retorno a través de la salida de lodos activados de retorno.

En algunas realizaciones, el sistema comprende además un conducto de lodos activados de retorno que se extiende entre la salida de retorno de lodos activados del clarificador y una segunda entrada de la unidad de tratamiento biológico.

En algunas realizaciones, el sistema comprende además un clarificador primario que tiene una entrada en comunicación de fluidos con una fuente de aguas residuales, una salida pobre en sólidos en comunicación de fluidos con la entrada del tanque de contacto y configurada para entregar aguas residuales pobres en sólidos para ser tratadas a la entrada del tanque de contacto, y una salida rica en sólidos en comunicación de fluidos con una entrada de otro espesador y configurada para entregar una corriente líquida rica en sólidos separada del agua residual pobre en sólidos para ser tratada a la entrada del espesador adicional .

En algunas realizaciones, el espesador adicional incluye una salida rica en sólidos configurada para entregar una corriente de líquido rico en sólidos espesada a una entrada del digestor anaeróbico y una salida pobre en sólidos configurada para entregar líquido separado de la corriente de líquido rica en sólidos a una tercera entrada del tanque de contacto.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos no están destinados a ser dibujados a escala. En los dibujos, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en diversas figuras están representado por un número similar. Para mayor claridad, no todos los componentes pueden estar etiquetados encada dibujo. En los dibujos:

La FIG. 1 es un diagrama de flujo de bloques de un sistema de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con una realización de la presente invención;

La FIG. 2 es un diagrama de flujo de bloques de un sistema de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La FIG. 3 es un diagrama de flujo de bloques de un sistema de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de bloques de un sistema de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La FIG. 5 es un diagrama de flujo de bloques de un sistema de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La FIG. 6 es un diagrama de flujo de bloques de un sistema de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La FIG. 7 es un diagrama de flujo de bloques de un sistema de tratamiento de aguas residuales no cubierto por las reivindicaciones modificadas de la presente invención;

La FIG. 8 es un diagrama de flujo de bloques de una realización de un sistema de digestión recuperativa utilizado en realizaciones de sistemas de tratamiento de aguas residuales divulgados en el presente documento;

La FIG. 9 es un diagrama de flujo de bloques de un ejemplo comparativo de un tratamiento de aguas residuales; y

La FIG. 10 es un diagrama de flujo de bloques de un sistema de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada

Esta invención no se limita en su aplicación a los detalles de construcción y disposición de los componentes expuestos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. La invención es susceptible de otras realizaciones y de ser practicada o llevada a cabo de diversas maneras. Además, la fraseología y la terminología utilizada en el presente documento tiene fines descriptivos y no deben considerarse como limitantes. El uso de "incluye", "comprende", "tiene", "contiene", "involucra" y variaciones de estos en este documento pretende abarcar los elementos enumerados a continuación.

Tal como se usa el término en el presente documento, una operación de la unidad "aguas arriba" se refiere a una primera operación de la unidad que se realiza sobre un fluido que se somete a tratamiento antes de una segunda operación de la unidad. De manera similar, un recipiente de tratamiento "aguas arriba" o parte de este se refiere a un primer recipiente de tratamiento o parte de este en el que se realiza una primera operación de la unidad antes de una segunda operación de la unidad realizada en un segundo recipiente de tratamiento o parte de este. Una operación de la unidad "aguas abajo" se refiere a una segunda operación de la unidad que se realiza sobre un fluido que se somete a tratamiento posterior a una primera operación de la unidad. De manera similar, un recipiente de tratamiento "aguas abajo" o parte de este se refiere a un segundo recipiente de tratamiento o parte de este en el que se realiza una segunda unidad de operación posterior a una primera unidad de operación realizada en un primer recipiente de tratamiento o parte de este. Un recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad aguas arriba que tiene una salida en "comunicación de fluidos directa" con una entrada de un recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad aguas abajo dirige la salida de material desde la salida del recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad aguas arriba hacia la entrada del recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad aguas abajo sin ninguna operación que interviene realizada en el material. Un primer recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad descrito en el presente documento como si estuviera en comunicación de fluidos con un segundo recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad debe entenderse como si estuviera en comunicación de fluidos directa con el segundo recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad, a menos que se describa explícitamente de otra manera. Los conductos que proporcionan una comunicación de fluidos entre un primer y un segundo recipiente de tratamiento y/o operación de la unidad deben entenderse como que proporcionan una comunicación de fluidos directa entre el primer y el segundo recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad a menos que se describa explícitamente de otra manera.

Diversas operaciones de la unidad y/o recipientes de tratamiento divulgados en el presente documento separan el fluido y/o lodo en una parte rica en sólidos y una parte pobre en sólidos en donde la parte pobre en sólidos tiene una concentración de sólidos más baja que la parte rica en sólidos. Como se usa el término en el presente documento, un "efluente" de un recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad se refiere a la parte pobre en sólidos del fluido y/o lodos separados. "Reciclar" material se refiere a dirigir el material desde una salida de un recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad aguas abajo a una entrada de un recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad aguas arriba del recipiente de operación y/o tratamiento de la unidad aguas abajo.

Los aspectos y realizaciones de la presente invención están dirigidos a sistemas para el tratamiento de aguas residuales. Como se usa en el presente documento, el término "aguas residuales" incluye, por ejemplo, aguas residuales municipales, aguas residuales industriales, aguas residuales agrícolas y cualquier otra forma de líquido que se va a tratar que contenga contaminantes no deseados. Los aspectos y realizaciones de la presente invención pueden utilizarse para el tratamiento primario de aguas residuales, el tratamiento secundario de aguas residuales o ambos. Los aspectos y realizaciones de la presente invención pueden eliminar suficientes contaminantes de las aguas residuales para producir agua de producto que puede usarse, por ejemplo, para agua de riego, agua potable, agua de

refrigeración, agua de tanque de calderas o para otros fines.

El aparato divulgado en el presente documento proporciona ventajas con respecto a, por ejemplo, costes de capital, costes operativos y respeto por el medio ambiente en comparación con los sistemas convencionales de tratamiento biológico de aguas residuales. El sistema de flotación por aire disuelto puede eliminar una cantidad significativa de demanda de oxígeno biológico, por ejemplo, demanda de oxígeno biológico en partículas, de las aguas residuales antes de que las aguas residuales entren en la parte de tratamiento biológico del sistema de tratamiento de aguas residuales. Esto proporciona una reducción en el tamaño de la parte de tratamiento biológico del sistema de tratamiento de aguas residuales para una corriente de aguas residuales dada en comparación con un sistema de tratamiento de aguas residuales convencional y un coste de capital reducido proporcional para el sistema general. La utilización del sistema de flotación por aire disuelto también reduce el requisito de aireación en la parte de tratamiento biológico del sistema de tratamiento para efectuar la oxidación de la demanda biológica de oxígeno de las aguas residuales, reduciendo los costes operativos. La cantidad de lodos residuales generados por la parte de tratamiento biológico del sistema de tratamiento también se reduce, lo que reduce la cantidad de residuos que necesitarían eliminarse o tratarse de otro modo. El material extraído de las aguas residuales en el sistema de flotación por aire disuelto se puede utilizar para producir energía, por ejemplo, en forma de biogás en un sistema de digestión anaeróbica aguas abajo. El biogás se puede usar para proporcionar energía vendible a través de la combustión o mediante su uso, por ejemplo, en celdas de combustible.

Una primera realización, indicada generalmente en 100, se ilustra en la FIG. 1. Las aguas residuales de una fuente de aguas residuales 105 se dirigen a un tanque 110 de contacto a través de una entrada del tanque de contacto. En el tanque 110 de contacto, el agua residual se mezcla con lodo activado reciclado a través de un conducto 175 de un proceso de tratamiento biológico aguas abajo que se describe a continuación. En algunas realizaciones, el tanque 110 de contacto se airea para facilitar la mezcla del agua residual y el lodo activado. El gas de aireación puede ser un gas que contiene oxígeno, por ejemplo, aire. El tanque 110 de contacto puede estar provisto de suficiente oxígeno de modo que se mantengan las condiciones aeróbicas en al menos una parte del tanque 110 de contacto. Por ejemplo, el tanque 110 de contacto puede estar aireado. Los sólidos suspendidos y disueltos en las aguas residuales, incluidos los materiales biológicos oxidables (denominados en el presente documento Demanda Biológica de Oxígeno o DBO), se absorben en el lodo activado en el tanque de contacto, formando un primer licor mezclado. Una parte de la DBO también se puede oxidar en el tanque 110 de contacto. El tiempo de residencia de las aguas residuales en el tanque de contacto puede ser suficiente para que la mayoría de la DBO sea absorbida por el lodo activado, pero no tanto como para que se produzca una cantidad significativa de oxidación de la DBO. En algunas realizaciones, por ejemplo, menos de aproximadamente el 10% de la DBO que ingresa al tanque 110 de contacto se oxida en el tanque de contacto. El tiempo de residencia de las aguas residuales en el tanque de contacto es, en algunas realizaciones, de aproximadamente 30 minutos a aproximadamente dos horas, y en algunas realizaciones, de aproximadamente 45 minutos a aproximadamente una hora. El tiempo de residencia puede ajustarse dependiendo de factores tales como la DBO de las aguas residuales entrantes. Un agua residual con una DBO más alta puede requerir un tratamiento más largo en el tanque 110 de contacto que un agua residual con una DBO más baja.

Una primera parte del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige a un sistema de flotación por aire disuelto (DAF) 120 a través del conducto 114. El sistema DAF puede incluir un recipiente, tanque u otra unidad de contención abierta o cerrada configurada para realizar una operación de flotación por aire disuelto como se describe a continuación. En aras de la simplicidad, un sistema de flotación por aire disuelto se denominará en el presente documento como una "unidad DAF". La unidad 120 DAF puede funcionar como espesante y como clarificador. La FIG. 1 ilustra dos unidades DAF 120 que funcionan en paralelo; sin embargo, otras realizaciones pueden tener una sola unidad DAF o más de dos unidades DAF. Proporcionar varias unidades DAF permite que el sistema continúe funcionando si una de las unidades DAF se pone fuera de servicio para limpieza o mantenimiento.

Antes de ingresar a la(s) unidad(es) DAF, se puede disolver aire u otro gas en el primer licor mezclado bajo presión. La presión puede liberarse a medida que el primer licor mezclado entra en la(s) unidad(es) 120 DAF, dando como resultado que el gas salga de la solución y cree burbujas en el licor mezclado. En lugar de disolver gas en el primer licor mezclado, se puede introducir un fluido, por ejemplo, agua que tiene un gas, por ejemplo, aire, disuelto en la(s) unidad(es) 120 DAF con el primer licor mezclado. Tras la mezcla del primer licor mezclado y el fluido que contiene gas, se producen burbujas. Las burbujas formadas en la(s) unidad(es) 120 DAF se adhieren a la materia suspendida en el primer licor mezclado, provocando que la materia suspendida flote hacia la superficie del líquido en la(s) unidad(es) 120 DAF, donde puede ser eliminada, por ejemplo, por un separador.

En algunas realizaciones, el primer licor mezclado se dosifica con un coagulante, por ejemplo, cloruro férrico o sulfato de aluminio antes o después de la introducción en la(s) unidad(es) 120 DAF. El coagulante facilita la floculación de la materia suspendida en el primer licor mezclado.

En la(s) unidad(es) 120 DAF, al menos una parte de los sólidos presentes en el primer licor mezclado afluente, incluidos los sólidos del agua residual afluente y del lodo activado reciclado, se eliminan mediante un proceso de flotación por aire disuelto. Al menos una parte de cualquier aceite que pueda estar presente en el primer licor mezclado también puede eliminarse en la(s) unidad(es) 120 DAF. En algunas realizaciones, la mayoría, por ejemplo, aproximadamente el 60% o más, aproximadamente el 75% o más, o aproximadamente el 90% o más de los sólidos suspendidos en el primer licor mezclado introducido en la(s) unidad(es) 120 DAF se elimina y aproximadamente el

40% o más, por ejemplo, aproximadamente el 50% o más o aproximadamente el 75% o más de la DBO se elimina. La eliminación de la DBO puede incluir el atrapamiento y la adsorción en el primer licor mezclado y/o la oxidación de la DBO y la formación de productos de reacción tales como dióxido de carbono y agua. En otras realizaciones, se elimina hasta aproximadamente el 100% de los sólidos en suspensión en la(s) unidad(es) 120 DAF y se elimina una mayoría, por ejemplo, hasta aproximadamente el 80% de la DBO.

Los sólidos en suspensión eliminados en la(s) unidad(es) 120 DAF se envían fuera del sistema como sólidos de desecho a través de un conducto 125. Estos sólidos de desecho se tratan en un proceso de digestión anaeróbica aguas abajo.

En otras realizaciones, al menos una parte de los sólidos en suspensión eliminados en la(s) unidad(es) 120 DAF se reciclan de nuevo al tanque 110 de contacto a través de los conductos 125 y 126. El conducto 126 puede bifurcarse del conducto 125 como se ilustra, o puede conectarse a una tercera salida de la(s) unidad(es) 120 DAF, en cuyo caso los sólidos en suspensión eliminados en la(s) unidad(es) 120 DAF se reciclan de nuevo al tanque 110 de contacto solo a través del conducto 126. La cantidad de sólidos reciclados de la(s) unidad(es) 120 DAF al tanque 110 de contacto puede oscilar entre aproximadamente el 1% y aproximadamente el 100% de la cantidad total de sólidos eliminados del primer licor mezclado en la(s) unidad(es) 120 DAF. La cantidad de sólidos reciclados de la(s) unidad(es) 120 DAF al tanque 110 de contacto puede ser una mayoría de la cantidad total de sólidos eliminados del primer licor mezclado en la(s) unidad(es) 120 DAF, por ejemplo, mayor que aproximadamente el 50%, entre aproximadamente el 50% y aproximadamente el 95%, o entre aproximadamente el 60% y aproximadamente el 80% de la cantidad total de sólidos eliminados del primer licor mezclado en la(s) unidad(es) 120 DAF.

Reciclar los sólidos eliminados en la(s) unidad(es) 120 DAF al tanque 110 de contacto es contrario a la operación convencional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que incluyen las unidades DAF. Normalmente, las unidades DAF se utilizan en sistemas de tratamiento de aguas residuales para eliminar los sólidos de las aguas residuales, lo que reduce la necesidad de tratamiento biológico de estos sólidos eliminados y reduce los requisitos de energía del sistema de tratamiento de aguas residuales, por ejemplo, reduciendo la cantidad de aire necesario para suministrarse a un recipiente de tratamiento biológico aireado para oxidar los sólidos eliminados. Es contrario a la operación convencional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales reintroducir los sólidos flotantes separados del licor mezclado desde un tanque de contacto en las unidades DAF de nuevo al tanque de contacto. Normalmente, después de que los sólidos se separan del licor mezclado de un tanque de contacto en la(s) unidad(es) DAF, se reintroducen los sólidos separados en el licor mezclado en el tanque de contacto y se obliga a los sólidos a pasar nuevamente por el mismo proceso de separación en la(s) unidad(es) DAF reduciendo la eficiencia del sistema. Tal reciclaje de sólidos de la(s) unidad(es) DAF a un tanque de contacto directamente aguas arriba de la(s) unidad(es) DAF provocaría la necesidad de una mayor cantidad de capacidad del tanque de contacto y una mayor cantidad de capacidad de la unidad DAF. Tal reciclaje de sólidos de la(s) unidad(es) DAF a un tanque de contacto directamente aguas arriba de la(s) unidad(es) DAF también requeriría más flujo de aire a la(s) unidad(es) DAF para eliminar los sólidos reciclados del licor mezclado además de cualquier sólido que estaría presente en ausencia del reciclaje de sólidos. Sin embargo, se ha descubierto que se pueden lograr beneficios mediante la reintroducción contraria a la intuición de los sólidos eliminados en las unidades DAF de nuevo al tanque de contacto de un sistema de tratamiento de aguas residuales desde el cual se suministra licor mezclado a la(s) unidad(es) DAF.

Por ejemplo, al reciclar los sólidos eliminados por la(s) unidad(es) 120 DAF al tanque 110 de contacto, la cantidad de sólidos suspendidos totales (TSS) en el tanque 110 de contacto puede aumentar en comparación con los métodos que no incluyen un reciclaje de sólidos de la(s) unidad(es) 120 DAF al tanque 110 de contacto. El aumento del nivel de TSS en el tanque 110 de contacto puede permitir que se adsorba DBO soluble adicional en el tanque 110 de contacto en comparación con un tanque 110 de contacto que tiene un nivel más bajo de TSS. Un nivel deseable de TSS en el tanque 110 de contacto puede estar entre aproximadamente 1200 mg/L y aproximadamente 3500 mg/L.

La eliminación de la DBO soluble adicional en el tanque 110 de contacto debido al mayor nivel de TSS en el tanque 110 de contacto, que resulta del reciclaje de sólidos de la(s) unidad(es) 120 DAF al tanque 110 de contacto, proporciona la eliminación de este DBO adicional como sólidos en la(s) unidad(es) 120 DAF. La DBO adicional eliminada como sólidos en la(s) unidad(es) 120 DAF se puede dirigir a un digestor anaeróbico (por ejemplo, el digestor 490 anaeróbico ilustrado en la FIG. 4) en lugar de una unidad de tratamiento biológico aireada (por ejemplo, unidad 130 de tratamiento biológico), reduciendo así la necesidad de energía de aireación en la unidad de tratamiento biológico y aumentando la cantidad de biogás que podría producirse en el digestor anaeróbico.

Cuando se le suministran sólidos reciclados de la(s) unidad(es) 120 DAF, el tanque 110 de contacto puede tener un tiempo de retención hidráulica (HRT) de entre aproximadamente 15 minutos y aproximadamente una hora y un tiempo de retención de sólidos (SRT) de entre aproximadamente 0,5 días y aproximadamente dos días para adsorber la DBO soluble de manera efectiva. En otras realizaciones, el SRT en el tanque de contacto puede estar entre aproximadamente 0,2 y aproximadamente 0,4 días. Cuando el tanque 110 de contacto incluye TSS en un intervalo de entre aproximadamente 1200 mg/L y aproximadamente 3500 mg/L, la edad del lodo (SRT) en el tanque de contacto puede variar de aproximadamente uno a aproximadamente dos días.

El reciclaje de sólidos eliminados en la(s) unidad(es) 120 DAF al tanque 110 de contacto permite que el tanque 110 de contacto funcione como un sistema de lodos activados de alta tasa mientras que la(s) unidad(es) 120 DAF funcionan

como un separador de sólidos-líquido. El reciclaje de sólidos eliminados en la(s) unidad(es) 120 DAF al tanque 110 de contacto proporciona una mayor oxidación de DBO en el tanque 110 de contacto que en los sistemas donde los sólidos eliminados de la(s) unidad(es) 120 DAF no se reciclan al tanque de contacto porque los sólidos reciclados al tanque de contacto incluyen bacterias vivas capaces de oxidar la DBO. Por ejemplo, cuando los sólidos eliminados en la(s) unidad(es) 120 DAF se reciclan al tanque 110 de contacto, la oxidación de más del 10% de la DBO en el agua residual que ingresa al tanque 110 de contacto puede oxidarse en el tanque 110 de contacto. El reciclaje de los sólidos eliminados en la(s) unidad(es) 120 DAF al tanque 110 de contacto pueden así reducir la cantidad de DBO que necesita ser tratada en las operaciones de la unidad aguas abajo, por ejemplo, en la unidad 130 de tratamiento biológico discutida a continuación, reduciendo así los requisitos de energía para las operaciones de la unidad aguas abajo. El SRT del tanque 110 de contacto puede ajustarse para optimizar la eliminación de DBO de fracciones de DBO solubles, coloidales y en partículas.

El efluente de la(s) unidad(es) 120 DAF se dirige a través del conducto 124 hacia la unidad 130 de tratamiento biológico, que puede incluir uno o más tanques de tratamiento. La unidad 130 de tratamiento biológico puede comprender un recipiente de estabilización por contacto. Una parte del efluente se puede reciclar (el sistema de reciclaje no se muestra en la FIG. 1) para suministrar burbujas de gas a la(s) unidad(es) 120 DAF. Se puede disolver un gas en la parte reciclada del efluente, que después se dirige de nuevo a la(s) unidad(es) 120 DAF y se mezcla con el primer licor mezclado afluente.

Una segunda parte del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige a la unidad 130 de tratamiento biológico a través de un conducto 115. En algunas realizaciones, aproximadamente la mitad del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige a la(s) unidad(es) 120 DAF y aproximadamente la mitad del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige a través del conducto 115 hacia la unidad 130 de tratamiento biológico. En otras realizaciones, entre aproximadamente un tercio y dos tercios del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige a la(s) unidad(es) 120 DAF y el resto del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige a través del conducto 115 a la unidad 130 de tratamiento biológico. La cantidad del primer licor mezclado dirigido a la(s) unidad(es) 120 DAF a diferencia de la unidad 130 de tratamiento biológico puede variar en función de factores tales como la concentración del primer licor mezclado y la eficacia del primer licor mezclado para atrapar la DBO en el tanque 110 de contacto.

Por ejemplo, si se deseara eliminar una mayor cantidad de sólidos en lugar de una menor en la(s) unidad(es) 120 DAF, una fracción mayor del primer licor mezclado del tanque de contacto se dirigiría a la(s) unidad(es) 120 DAF cuando el primer licor mezclado tenía una concentración de sólidos más baja que alta. De manera similar, si se deseara eliminar una mayor cantidad de DBO en lugar de una menor en la(s) unidad(es) 120 DAF, una fracción mayor del primer licor mezclado del tanque de contacto se dirigiría a la(s) unidad(es) 120 DAF cuando el primer licor mezclado tenía una efectividad menor en vez de mayor para atrapar la DBO en el tanque de contacto.

En la unidad 130 de tratamiento biológico, el efluente de la(s) unidad(es) 120 DAF y el primer licor mezclado formado en el tanque 110 de contacto se combinan para formar un segundo licor mezclado que se trata biológicamente. En algunas realizaciones, el tratamiento biológico del segundo licor mezclado en la unidad 130 de tratamiento biológico incluye la oxidación de DBO en el segundo licor mezclado. Con este fin, se puede suministrar oxígeno al segundo licor mezclado en la unidad 130 de tratamiento biológico por aireación con un gas que contiene oxígeno, por ejemplo, aire. En algunas realizaciones, la unidad 130 de tratamiento biológico recibe suficiente oxígeno para que se creen condiciones aeróbicas en la unidad 130 de tratamiento biológico. En otras realizaciones, la cantidad de oxígeno suministrada es insuficiente para satisfacer toda la demanda de oxígeno del segundo licor mezclado. y la unidad 130 de tratamiento biológico, o al menos una parte de esta, puede mantenerse en condiciones anóxicas o anaeróbicas. La nitrificación y desnitrificación del segundo licor mezclado puede ocurrir en diferentes partes de la unidad 130 de tratamiento biológico aireado. El tiempo de residencia del segundo licor mezclado en la unidad 130 de tratamiento biológico puede ser suficiente para oxidar sustancialmente todo la DBO en el segundo licor mezclado. El tiempo de residencia del segundo liquido mezclado en la unidad 130 de tratamiento biológico puede ser de aproximadamente tres a aproximadamente ocho horas. Este tiempo de residencia puede incrementarse si el agua residual entrante que se va a tratar y/o el segundo licor mezclado contiene un nivel alto de DBO o disminuir si el agua residual entrante que se va a tratar y/o el segundo licor mezclado incluye un nivel bajo de DBO.

El licor mezclado tratado biológicamente de la unidad 130 de tratamiento biológico se dirige a través de un conducto 135 a un aparato de separación, que puede incluir, por ejemplo, un clarificador 140, un aparato de separación por gravedad y/u otra forma de aparato de separación. El efluente del clarificador 140 puede dirigirse a una salida de agua de producto a través de un conducto 145 o enviarse para un tratamiento posterior. El lodo activado separado del efluente en el clarificador puede reciclarse de nuevo aguas arriba a una entrada de aguas residuales del sistema, la fuente de aguas residuales, el tanque 110 de contacto a través de los conductos 155 y 175 y/o la unidad 130 de tratamiento biológico a través de los conductos 155 y 165. En algunas realizaciones, el 100% del lodo activado separado en el clarificador se recicla aguas arriba. En algunas realizaciones, entre aproximadamente el 10% y aproximadamente el 20% del lodo reciclado se dirige a la entrada de aguas residuales y al tanque de contacto a través del conducto 175 y entre aproximadamente el 80% y el 90% del lodo reciclado se dirige a la unidad 130 de tratamiento biológico a través del conducto 165. La cantidad de lodos reciclados dirigidos a la entrada de aguas residuales y al tanque de contacto a través del conducto 175 se puede establecer en un extremo más alto de este intervalo cuando las aguas residuales entrantes tienen un alto nivel de DBO y/o cuando los lodos reciclados son menos eficaces que

más para atrapar la DBO en el tanque 110 de contacto. La cantidad de lodos reciclados dirigidos a la entrada de aguas residuales y al tanque de contacto a través del conducto 175 se puede establecer en un extremo inferior de este intervalo cuando las aguas residuales entrantes tienen un nivel bajo de DBO y /o cuando el lodo reciclado es más eficaz que menos para atrapar la DBO en el tanque 110 de contacto.

La cantidad de lodo activado separado en el clarificador 140 que se recicla al tanque 110 de contacto y/o unidad 130 de tratamiento biológico también se puede ajustar en función de una fracción del primer licor mezclado del tanque 110 de contacto que se dirige a la(s) unidad(es) 120 DAF, la cantidad de lodo activado que se elimina en la(s) unidad(es) 120 DAF, y/o la cantidad de lodo activado eliminado en la(s) unidad(es) 120 DAF que se recicla al tanque 110 de contacto. La cantidad de lodo activado que se recicla al tanque 110 de contacto y/o unidad 130 de tratamiento biológico puede ser una cantidad igual o mayor que la cantidad requerida para mantener una población deseada de bacterias en la unidad 130 de tratamiento biológico para realizar el tratamiento biológico del segundo licor mezclado dentro de un marco de tiempo deseado y/o para proteger contra el agotamiento de la población bacteriana en el caso de interrupciones temporales en la operación del sistema de tratamiento. Por ejemplo, las cantidades de lodo activado que se reciclan al tanque 110 de contacto o a la unidad 130 de tratamiento biológico pueden establecerse de tal manera que estén presentes suficientes bacterias que contengan sólidos en la unidad 130 de tratamiento biológico para dar como resultado un SRT de entre aproximadamente uno y aproximadamente 10 días en la unidad 130 de tratamiento biológico. De manera similar, una cantidad o fracción del primer licor mezclado dirigido a la(s) unidad(es) 120 DAF puede ajustarse en función de la cantidad de lodos activados reciclados del clarificador 140, la eficiencia de eliminación de sólidos en la(s) unidad(es) 120 DAF y/o la concentración de uno o más tipos de bacterias en la unidad 130 de tratamiento biológico para, por ejemplo, establecer o mantener una población deseada de bacterias en la unidad 130 de tratamiento biológico.

En la realización ilustrada en la FIG. 1, y en las realizaciones adicionales descritas a continuación, debe entenderse que los diversos conductos ilustrados pueden estar provistos, por ejemplo, de bombas, válvulas, sensores y sistemas de control según sea necesario para controlar el flujo de fluidos a su través. Estos elementos de control no se ilustran en las figuras por motivos de simplicidad.

En otra realización, indicada generalmente en 200 en la FIG. 2, la unidad 130 de tratamiento biológico incluye una región 150 aeróbica y una región 160 anóxica aireada. La región 150 aeróbica está en comunicación de fluidos aguas abajo de la región 160 anóxica aireada y recibe licor mezclado anóxico tratado biológicamente desde la región anóxica aireada. En algunas realizaciones, la región 150 aeróbica se puede formar en un mismo recipiente o tanque que la región 160 anóxica aireada y separada de ella por un tabique o vertedero 195. En otras realizaciones, la región 150 aeróbica puede estar físicamente separada de la región 160 anóxica aireada. Por ejemplo, la región 150 aeróbica y la región 160 anóxica aireada pueden ocupar recipientes o tanques distintos o pueden estar separadas entre sí. En realizaciones adicionales, el tanque 110 de contacto se puede combinar con la región 160 anóxica aireada en el mismo tanque.

En el sistema de la FIG. 2, el efluente de la(s) unidad(es) 120 DAF se dirige a la región 150 aeróbica sin pasar primero por la región 160 anóxica aireada. En otras realizaciones, el efluente de la(s) unidad(es) 120 DAF puede introducirse en la región 160 anóxica aireada. y luego dirigirse a la región 150 aeróbica.

Otra realización, indicada generalmente en 300, se ilustra en la FIG. 3. En esta realización, el sistema 300 de tratamiento de aguas residuales se divide en dos subsistemas separados pero interconectados, un subsistema 300A que incluye un tanque 210 de contacto y una(s) unidad(es) 220 DAF, y un segundo subsistema 300B que incluye una unidad 230 de tratamiento biológico y un aparato 240 de separación. En el primer subsistema 300A, las aguas residuales entrantes de una fuente de aguas residuales 205A se dirigen al tanque 210 de contacto. En el tanque de contacto, las aguas residuales se mezclan con lodos activados reciclados a través de un conducto 275 de un proceso de tratamiento biológico incluido en el subsistema 300B. descrito a continuación. En algunas realizaciones, el tanque 210 de contacto se airea para facilitar la mezcla del agua residual y el lodo activado. Los sólidos suspendidos y disueltos en las aguas residuales se adsorben/absorben en el lodo activado en el tanque 210 de contacto, formando un primer licor mezclado. Una parte de la DBO en el agua residual entrante puede oxidarse en el tanque 210 de contacto. El tiempo de residencia de las aguas residuales en el tanque de contacto puede ser suficiente para que la mayoría de la DBO sea adsorbida/absorbida por el lodo activado, pero no tanto como para que se produzca una cantidad significativa de oxidación de la DBO. En algunas realizaciones, por ejemplo, menos de aproximadamente el 10% de la DBO que ingresa al tanque 210 de contacto se oxida en el tanque de contacto. El tiempo de residencia de las aguas residuales en el tanque de contacto es, en algunas realizaciones, de aproximadamente 30 minutos a aproximadamente dos horas, y en algunas realizaciones, de aproximadamente 45 minutos a aproximadamente una hora. El tiempo de residencia puede ajustarse dependiendo de factores tales como la DBO de las aguas residuales entrantes. Un agua residual con una DBO más alta puede requerir un tratamiento más largo en el tanque 210 de contacto que un agua residual con una DBO más baja.

Una primera parte del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige a una unidad 220 DAF a través del conducto 214. La FIG. 3 ilustra dos unidades 220 DAF que funcionan en paralelo, sin embargo, otras realizaciones pueden tener una sola unidad DAF o más de dos unidades DAF. Proporcionar varias unidades DAF permite que el sistema continúe funcionando si una de las unidades DAF se pone fuera de servicio para limpieza o mantenimiento. Una segunda parte del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige hacia la unidad 230 de tratamiento biológico en el segundo subsistema 300B a través de un conducto 215. En algunas realizaciones,

aproximadamente la mitad del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige en la(s) unidad(es) 220 DAF y aproximadamente la mitad del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige a través del conducto 215 hacia la unidad 230 de tratamiento biológico. En otras realizaciones, entre aproximadamente un tercio y dos tercios del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige a la(s) unidad(es) 220 DAF y el resto del primer licor mezclado formado en el tanque de contacto se dirige a través del conducto 215 a la unidad 230 de tratamiento biológico. La cantidad del primer licor mezclado dirigido hacia la(s) unidad(es) 220 DAF a diferencia de la unidad 230 de tratamiento biológico puede variar en función de factores tales como la concentración del primer licor mezclado y la eficacia del primer licor mezclado para atrapar DBO en el tanque 210 de contacto.

En la(s) unidad(es) 220 DAF, al menos una parte de los sólidos presentes en el primer licor mezclado afluente, incluidos los sólidos del agua residual afluente y del lodo activado reciclado, se eliminan mediante un proceso de flotación por aire disuelto como el descrito anteriormente con referencia a la(s) unidad(es) 120 DAF. Los sólidos en suspensión eliminados se envían a través de un conducto 225 de desechos para tratamiento anaeróbico en un digestor anaeróbico como se describe a continuación. El efluente de la(s) unidad(es) 220 DAF se dirige a una salida 235 desde la cual puede usarse como agua de producto o enviarse para tratamiento adicional.

En algunas realizaciones, una parte de los sólidos en suspensión eliminados del primer licor mezclado en la(s) unidad(es) 220 DAF puede reciclarse al tanque 210 de contacto a través de los conductos 225 y 226 de manera similar al reciclaje de los sólidos en suspensión eliminados en la(s) unidad(es) 120 DAF al tanque 110 de contacto descrito anteriormente con referencia a la FIG. 1.

En el segundo subsistema 300B, las aguas residuales afluentes de una fuente de aguas residuales 205B se introducen en la unidad 230 de tratamiento biológico. La fuente de aguas residuales 205B puede ser la misma o diferente de la fuente de aguas residuales 205A. En la unidad 230 de tratamiento biológico, el agua residual y el primer licor mezclado formado en el tanque 210 de contacto se combinan para formar un segundo licor mezclado que se trata biológicamente. En algunas realizaciones, el tratamiento biológico del segundo licor mezclado en la unidad 230 de tratamiento biológico puede incluir la oxidación de DBO en el segundo licor mezclado. Con este fin, se puede suministrar oxígeno al segundo licor mezclado en la unidad 230 de tratamiento biológico mediante aireación con un gas que contiene oxígeno, por ejemplo, aire. En algunas realizaciones, la unidad 230 de tratamiento biológico recibe suficiente oxígeno para que se creen condiciones aeróbicas en la unidad 230 de tratamiento biológico. En otras realizaciones, la cantidad de oxígeno suministrada es insuficiente para satisfacer toda la demanda de oxígeno del segundo licor mezclado y la unidad 230 de tratamiento biológico, o al menos una parte de esta, puede mantenerse en una condición anóxica o anaeróbica. La nitrificación y desnitrificación del segundo licor mezclado puede ocurrir en diferentes partes de la unidad 230 de tratamiento biológico aireado.

El tiempo de residencia del segundo liquido mezclado en el tanque 230 de tratamiento biológico puede ser aproximadamente tres a aproximadamente ocho horas. Este tiempo de residencia puede incrementarse si las aguas residuales afluentes que se van a tratar y/o el segundo licor mezclado contienen un alto nivel de DBO o disminuir si las aguas residuales y/o el segundo licor mezclado contienen un bajo nivel de DBO.

El licor mezclado tratado biológicamente de la unidad 230 de tratamiento biológico se dirige a través de un conducto 235 hacia un aparato de separación, que puede incluir, por ejemplo, un clarificador 240. El efluente del clarificador 240 se puede dirigir a una salida de agua del producto a través de un conducto 245 o ser enviado para un tratamiento posterior. El lodo activado separado del efluente en el clarificador puede reciclarse aguas arriba a la unidad 230 de tratamiento biológico y/o al tanque 210 de contacto en el subsistema 300A a través de un conducto 255. En algunas realizaciones, aproximadamente el 100% del lodo activado separado en el clarificador es reciclado aguas arriba. En algunas realizaciones, del aproximadamente 10% al aproximadamente 20% del lodo reciclado se dirige a la entrada de aguas residuales y al tanque de contacto a través de un conducto 275 y del aproximadamente 80% al aproximadamente 90% del lodo reciclado se dirige a la unidad 230 de tratamiento biológico a través de un conducto 265.

El uso de unidades DAF como se describe anteriormente en un sistema de tratamiento de aguas residuales ofrece varias ventajas sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales similares que funcionan sin unidades DAF. Debido a que las unidades DAF eliminan una parte significativa de los sólidos en suspensión de las aguas residuales sin necesidad de oxidación de estos sólidos, el tamaño de otros componentes del sistema puede reducirse, lo que da como resultado un menor coste de capital para el sistema. Por ejemplo, los clarificadores primarios pueden omitirse del sistema de tratamiento de aguas residuales. Debido a la cantidad reducida de sólidos oxidados que se van a eliminar del sistema, un clarificador final, como el clarificador 140, puede reducirse en tamaño, en algunas realizaciones en aproximadamente un 50%. Debido a que una menor cantidad de DBO ingresa a la unidad de tratamiento biológico (por ejemplo, la unidad 130 de tratamiento biológico), el tamaño de la unidad de tratamiento biológico puede reducirse, en algunas realizaciones, en aproximadamente un 30%. También existe un menor requerimiento de oxígeno en la unidad de tratamiento biológico que permite que los requisitos de capacidad y energía de un sistema de aireación en la unidad de tratamiento biológico también se reduzcan, en algunas realizaciones en aproximadamente un 30%. El tamaño reducido de los componentes del sistema de tratamiento proporciona una huella reducida del sistema. Por ejemplo, una planta de tratamiento de aguas residuales con capacidad para tratar 132 millones de litros (35 millones de galones por día (MGD)) de aguas residuales con una DBO afluente de 200 mg/L requeriría aproximadamente 14000 m^2 (150,000 pie^2) de unidades de tratamiento con un enfoque de diseño convencional; con realizaciones de la presente invención, la huella podría reducirse a aproximadamente 7000 m^2 (75,000 $pies^2$).

Los sistemas de acuerdo con la presente invención, un sistema de tratamiento de aguas residuales, como cualquiera de los descritos anteriormente, incluyen una unidad de tratamiento anaeróbico (un digestor anaeróbico). Los ejemplos no limitativos de componentes o partes de sistemas anaeróbicos que se pueden utilizar en una o más configuraciones de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen, entre otros, el DYSTOR® sistema de soporte de gas digestor, el CROWN® sistema de desintegración, la PEARTH® sistema de mezcla de gas digestor, el PFT® soporte de gas digestor guiado en espiral, el PFT® soporte de digestor guiado vertical, el DUO-DECK™ cubierta flotante del digestor y el PFT® sistema de calentador e intercambiador de calor, de Evoqua Water Technologies.

El digestor anaeróbico se puede utilizar para tratar licor mezclado, que puede incluir sólidos suspendidos, lodos y/o corrientes de fluidos ricas en sólidos o pobres en sólidos, de una o más unidades de tratamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales. Al menos una parte de un lodo tratado anaeróbicamente producido en el digestor anaeróbico puede reciclarse de nuevo a una o más unidades de tratamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales. La naturaleza y la función del digestor anaeróbico y las corrientes de reciclaje asociadas pueden ser similares a las descritas en propiedad conjunta de la patente de EE. UU nº. 8,894,856, titulada "HYBRID AEROBIC AND ANAEROBIC WASTEWATER AND SLUDGE TREATMENT SYSTEMS AND METHODS,".

Los sistemas y componentes de las realizaciones de la invención pueden proporcionar ventajas económicas en relación con otros sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de procesos de tratamiento biológico en combinación con la digestión anaeróbica. Los sistemas y procesos de tratamiento de aguas residuales de las realizaciones de la presente invención pueden reducir la producción de lodos mediante el uso de diversas operaciones de la unidad que incluyen procesos biológicos aeróbicos y anaeróbicos y corrientes de reciclaje. Los procesos de tratamiento de aguas residuales también superan algunas de las dificultades técnicas asociadas con el uso de algunos procesos anaeróbicos de tratamiento de aguas residuales, por ejemplo, concentrando o fortaleciendo el lodo introducido en el digestor anaeróbico. Además, los costes asociados con el uso de una unidad de estabilización aeróbica convencional en general se reducen porque normalmente se requiere menos aireación en los procesos aeróbicos debido al uso del digestor anaeróbico y diversas corrientes de reciclaje. Los diversos procesos también pueden generar metano como producto del proceso de digestión anaerobia, que puede ser utilizado como fuente de energía. En determinadas realizaciones, una gran parte de la demanda química de oxígeno (DQO) y la DBO presentes en las aguas residuales afluentes que se van a tratar pueden reducirse utilizando el digestor anaeróbico. Esto puede reducir los requisitos de aireación y oxígeno y, por lo tanto, los costes de operación del sistema de tratamiento de aguas residuales, y aumentar la cantidad de metano producido que puede usarse como fuente de energía. Además, debido a que la digestión anaeróbica se puede utilizar para reducir la DQO y la DBO en el lodo, también se puede reducir el rendimiento del lodo. La reducción de DQO y/o DBO en la unidad de tratamiento anaeróbico también puede proporcionar una reducción en el tamaño del tanque de estabilización u otra unidad de tratamiento aeróbico en el sistema de tratamiento de aguas residuales en comparación con los sistemas que no utilizan el digestor anaeróbico.

Un sistema de tratamiento de aguas residuales, indicado generalmente en 400 en la FIG. 4, incluye una unidad 490 de tratamiento anaeróbico, denominada en el presente documento digestor anaeróbico. El sistema de tratamiento de aguas residuales de la FIG. 4 incluye un tanque 410 de contacto, una unidad 420 DAF, un tanque 430 de estabilización, un clarificador 440 y conductos 414, 424, 435, 445, 455, 465 y 475 de fluido asociados que son similares en estructura y función al tanque 110 de contacto, unidad 120 DAF, unidad 130 de tratamiento biológico, clarificador 140 y conductos 114, 124, 135, 145, 155, 165 y 175 de fluido asociados del sistema ilustrado en la FIG. 1 y descrito anteriormente. Una unidad 420 DAF singular se ilustra en la FIG. 4, aunque en realizaciones alternativas el sistema de tratamiento puede usar múltiples unidades DAF como se describe anteriormente con referencia al sistema de tratamiento de la FIG. 1.

En el sistema de la FIG. 4, las aguas residuales de una fuente de aguas residuales 405 se dirigen a un clarificador 412 primario a través de una entrada del clarificador primario. Una corriente de fluido rica en sólidos procedente del clarificador se dirige a través del conducto 404 a una entrada de un espesador, en lo sucesivo en el presente documento denominado espesador 480 adicional, que puede comprender, por ejemplo, un espesador de cinta de gravedad. Un efluente pobre en sólidos del clarificador 412 primario se dirige a una entrada del tanque 410 de contacto a través del conducto 402. Una corriente de salida rica en sólidos del espesador 480 adicional se dirige a una entrada del digestor 490 anaeróbico a través del conducto 484. El efluente pobre en sólidos del espesador adicional se dirige a una entrada del tanque 410 de contacto a través del conducto 482. El digestor anaeróbico también recibe sólidos en suspensión eliminados del licor mezclado en la unidad 420 DAF a través de los conductos 425 y 484.

En algunas realizaciones, una parte de los sólidos suspendidos eliminados del licor mezclado en la unidad 420 DAF puede reciclarse al tanque 410 de contacto a través de los conductos 425 y 426 de manera similar al reciclaje de sólidos suspendidos eliminados en la(s) unidad(es) 120 DAF al tanque 110 de contacto descrito anteriormente con referencia a la FIG. 1.

La corriente de salida rica en sólidos del espesador 480 adicional y cualquier sólido suspendido de la unidad 420 DAF introducido en el digestor 490 anaeróbico se combinan y se digieren anaeróbicamente en el digestor anaeróbico. El proceso de digestión anaeróbica se puede operar a temperaturas entre aproximadamente 20°C y aproximadamente 75°C, dependiendo de los tipos de bacterias utilizadas durante la digestión. Por ejemplo, el uso de bacterias mesófilas normalmente requiere temperaturas de funcionamiento de entre aproximadamente 20°C y aproximadamente 45°C, mientras que las bacterias termófilas normalmente requieren temperaturas de funcionamiento de entre aproximadamente 50°C y aproximadamente 75°C. En determinadas realizaciones, la temperatura de funcionamiento

puede estar entre aproximadamente 25 °C y aproximadamente 35 °C para promover la actividad mesófila en lugar de la actividad termófila. Dependiendo de los otros parámetros operativos, el tiempo de retención en el digestor anaeróbico puede estar entre aproximadamente siete y aproximadamente 50 días de tiempo de retención, y en algunas realizaciones, entre aproximadamente 15 y aproximadamente 30 días de tiempo de retención. En determinadas realizaciones, la digestión anaeróbica del licor mezclado en el digestor anaeróbico puede dar como resultado una reducción de la demanda de oxígeno del licor mezclado de aproximadamente un 50%.

Una primera parte de un lodo digerido anaeróbicamente producido en el digestor anaeróbico puede reciclarse a través de una salida del digestor anaeróbico y al tanque 430 de estabilización a través del conducto 492. Esta corriente de reciclaje puede facilitar la retención de suficientes sólidos en el sistema para proporcionar un tiempo de residencia deseado en el tanque de estabilización. El lodo digerido anaeróbicamente reciclado al tanque de estabilización también puede sembrar el tanque de estabilización con bacterias de nitrificación para mejorar la actividad de nitrificación dentro del tanque de estabilización como se describe anteriormente. El lodo digerido anaeróbicamente reciclado al tanque de estabilización también puede contener bacterias metanogénicas que posteriormente se devuelven al digestor anaeróbico para mejorar el rendimiento del digestor anaeróbico como se describe anteriormente.

En realizaciones donde el tanque 430 de estabilización incluye una región anóxica aireada y una región aeróbica, como en la unidad 130 de tratamiento biológico de la FIG. 2 descrito anteriormente, la parte del lodo digerido anaeróbicamente que se recicla al tanque de estabilización puede dirigirse a la región anóxica aireada del tanque de estabilización. Una segunda parte del lodo digerido anaeróbicamente producido en el digestor anaeróbico se puede enviar fuera del sistema como sólidos de desecho a través de un conducto 495. La primera parte del lodo digerido anaeróbicamente reciclado al tanque 430 de estabilización puede ser cualquier cantidad entre aproximadamente 0% y aproximadamente el 100% del lodo digerido anaeróbicamente producido y extraído del digestor anaeróbico, con la segunda parte, que constituye el resto, emitida fuera del sistema como sólidos de desecho a través del conducto 495. En algunas realizaciones, entre aproximadamente el 0% y aproximadamente el 80% del lodo digerido anaeróbicamente se recicla desde una o más salidas del digestor anaeróbico a una o más operaciones de la unidad del sistema de tratamiento.

En otra realización del sistema de tratamiento de aguas residuales, indicada generalmente en 500 en la FIG. 5, la primera parte del lodo digerido anaeróbicamente producido en el digestor anaeróbico se recicla a través de una salida del digestor anaeróbico y hacia la entrada del tanque 410 de contacto a través del conducto 494, en lugar del tanque 430 de estabilización. Esta corriente de reciclaje puede facilitar proporcionando suficiente lodo activado en el tanque de contacto para absorber/absorber o atrapar la DBO presente en las aguas residuales entrantes. El lodo digerido anaeróbicamente reciclado al tanque de contacto también puede sembrar el tanque de contacto con bacterias de nitrificación para mejorar la actividad de nitrificación dentro del tanque de contacto como se describe anteriormente. El lodo digerido anaeróbicamente reciclado al tanque de contacto también puede contener bacterias metanogénicas que posteriormente se devuelven al digestor anaeróbico para mejorar el rendimiento del digestor anaeróbico como se describe anteriormente. La primera parte del lodo digerido anaeróbicamente reciclado al tanque 410 de contacto puede ser cualquier cantidad entre aproximadamente el 0% y aproximadamente el 100% del lodo digerido anaeróbicamente producido y extraído del digestor anaeróbico, con una segunda parte, que constituye el resto, enviados fuera del sistema como sólidos de desecho a través del conducto 495.

En otra realización del sistema de tratamiento de aguas residuales, indicada generalmente en 600 en la FIG. 6, una primera parte del lodo digerido anaeróbicamente producido en el digestor anaeróbico puede reciclarse a través de una salida del digestor anaeróbico y hacia la entrada del tanque 410 de contacto a través del conducto 494, y una segunda parte del lodo digerido anaeróbicamente puede reciclarse a través de una salida del digestor anaeróbico y al tanque 430 de estabilización a través del conducto 492. Estas corrientes de reciclaje pueden proporcionar los beneficios descritos anteriormente con respecto a los sistemas 400 y 500. Una tercera parte del lodo digerido anaeróbicamente puede dirigirse a los desechos a través del conducto 495 La suma de la primera parte del lodo digerido anaeróbicamente y la segunda parte del lodo anaeróbico puede ser cualquier cantidad entre aproximadamente el 0% y aproximadamente el 100% del lodo digerido anaeróbicamente producido dentro y fuera del digestor anaeróbico, con la tercera parte , que constituye el resto, se envían fuera del sistema como residuos sólidos a través del conducto 495. Los lodos anaerobios reciclados se pueden dividir en cualquier relación deseada de aire entre la primera parte y la segunda parte. La primera parte puede comprender desde aproximadamente el 0% hasta aproximadamente el 100% de todo el lodo digerido anaeróbicamente producido y extraído del digestor anaeróbico, con la suma de la segunda parte y la tercera parte que constituye el resto.

Un ejemplo de un sistema de tratamiento de aguas residuales, indicado generalmente en 700 en la FIG. 7, es similar al ilustrado en la FIG. 6, sin embargo, no se utiliza el espesante 480 adicional. Más bien, la corriente de fluido rica en sólidos del clarificador se dirige a través del conducto 406 hacia una entrada de la unidad 420 DAF. La unidad 420 DAF del sistema ilustrado en la FIG. 7 realiza la función del espesador 480 adicional del sistema ilustrado en la FIG. 6. La utilización de la unidad 420 DAF para realizar la función del espesador puede reducir o eliminar la necesidad de un espesador en el sistema, lo que puede reducir los costes tanto de capital como operativos del sistema. Una primera parte del lodo digerido anaeróbicamente creado en el digestor 490 anaeróbico se recicla al tanque 410 de contacto y una segunda parte se recicla al tanque 430 de estabilización para proporcionar los beneficios descritos anteriormente. Una tercera parte del lodo digerido anaeróbicamente se dirige a los desechos a través del conducto 495.

En cualquiera de las realizaciones divulgadas, el digestor 490 anaeróbico puede funcionar como un digestor recuperativo. La digestión anaeróbica recuperativa espesa y recircula una gran parte de los sólidos digeridos y la salida líquida extraída de un digestor anaeróbico, lo que da como resultado un tiempo de retención de sólidos (SRT) más largo del material en el digestor, lo que mejora sustancialmente el rendimiento de la digestión. Alternativamente, el espesamiento y la recirculación de los sólidos pueden reducir sustancialmente los requisitos de volumen del digestor anaeróbico. Como se ilustra en la FIG. 8, el digestor 490 anaeróbico puede recibir una corriente rica en sólidos a través del conducto 484 desde un espesador 480 adicional y/o unidad 420 DAF como se ilustra en las FIGS. 4-7 y puede extraer partes de los sólidos digeridos generados a través de los conductos 492 y/o 494 al tanque 430 de estabilización o tratamiento biológico (FIGS. 4, 6, 7) y/o al tanque 410 de contacto (FIGS. 5, 6, 7) y una parte de los sólidos digeridos generados para tratamiento de residuos o aguas abajo a través del conducto 495. Para proporcionar un proceso de digestión recuperativa, el digestor 490 anaeróbico funciona en todas las realizaciones en paralelo con un primer espesador 580, por ejemplo, un espesador de cinta de gravedad. El primer espesador 580 puede incluir alternativamente una prensa de tornillo, un espesador DAF, una centrífuga, una prensa de placa y marco u otra forma de espesante conocida en la técnica.

Una parte de la salida de la corriente de sólidos digeridos del digestor 490 anaeróbico, por ejemplo, entre aproximadamente el 25% y aproximadamente el 75% o aproximadamente el 50% de la salida de la corriente de sólidos digeridos del digestor 490 anaeróbico se envía al primer espesador 580 a través del conducto 582. El primer espesador 580 puede aumentar el contenido de sólidos de la parte de la corriente de sólidos digeridos que se envía al primer espesador 580 de cinta de gravedad desde, por ejemplo, aproximadamente un 4% de sólidos hasta aproximadamente un 8% de sólidos. Los sólidos digeridos espesados que salen del primer espesador 580 se devuelven al conducto 484 o a una entrada del digestor 490 anaeróbico a través del conducto 584. El filtrado generado en el primer espesador 580 de cinta de gravedad, que tiene un caudal o volumen de, por ejemplo, aproximadamente el 50% de la parte de la corriente de sólidos digeridos que sale del digestor 490 anaeróbico y se envía al espesador 580 de cinta de gravedad, puede salir como filtrado a través del conducto 586 y puede reciclarse aguas arriba del tanque 410 de contacto o al tanque 430 de estabilización o tratamiento biológico.

En todas las realizaciones, el volumen de la corriente de sólidos digeridos de desecho que sale del sistema a través del conducto 495 puede reducirse tratando la corriente de sólidos digeridos de desecho con un segundo espesador 590, por ejemplo, la prensa 590 de cinta ilustrada en la FIG. 8. El segundo espesador 590 puede incluir alternativamente una prensa de tornillo, un espesador DAF, una centrífuga, una prensa de placa y marco u otra forma de espesante conocida en la técnica. La prensa 590 de cinta como segundo espesador se ilustra en línea en el conducto 495. La prensa 590 de cinta puede aumentar la concentración de sólidos de la corriente de sólidos digeridos de desecho del digestor 490, por ejemplo, de aproximadamente un 4% a aproximadamente un 22%. El líquido pobre en sólidos extraído de la corriente de sólidos digeridos de desecho en la prensa 590 de cinta puede reciclarse aguas arriba al tanque 410 de contacto o al tanque 430 de estabilización o tratamiento biológico.

Las realizaciones pueden incluir cualquier combinación de características de los sistemas descritos anteriormente. anterior, siempre que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, en algunas realizaciones, una primera parte de la corriente de fluido rica en sólidos del clarificador se dirige a través del conducto 406 hacia una entrada de la unidad 420 DAF, mientras que una segunda parte se dirige hacia otro espesador 480. En cualquiera de las realizaciones anteriores, el tanque 430 de estabilización puede incluir una región anóxica aireada y una región aeróbica. Una primera parte del lodo digerido anaeróbicamente reciclado al tanque de estabilización puede dirigirse a la región anóxica aireada del tanque de estabilización y una segunda parte puede reciclarse a la región aeróbica. La relación entre la cantidad de lodo anaeróbico reciclado dirigido a la región anóxica aireada y la cantidad de lodo anaeróbico reciclado dirigido a la región aeróbica puede ser cualquier relación deseada. En algunas realizaciones, el tanque de contacto se puede reemplazar con uno o más reactores de bucle vertical. Cualquiera de las realizaciones anteriores puede incluir múltiplos de cualquiera de las unidades de tratamiento y/o conductos ilustrados.

Ejemplos

Ejemplo profético 1

En la FIG. 9 se ilustra un sistema de aguas residuales que incluye un proceso 1010 de lodos activados convencional y una unidad 1020 de flotación por aire disuelto, y un digestor 1030 anaeróbico que usa digestión recuperativa. Aguas residuales con 4% de sólidos y 1 MGD (millones de galones/día), es decir, aproximadamente 3,8 millones de litros/día ingresan al digestor 1030. La concentración de sólidos que sale es de 2,5% y 3,8 millones de litros/día (1 MGD). Para mantener una concentración de sólidos del 4% en el digestor con espesamiento recuperativo, se podrían eliminar 1419529 litros (375 000 galones) de líquido. Para un SRT de 20 días, el volumen del digestor podría reducirse de unos 75 millones de litros a unos 47 millones de litros (20 millones de galones a 12,5 millones de galones).

Ejemplo profético 2

En la FIG. 10 se ilustra un sistema de aguas residuales que incluye un tanque 410 de contacto, una unidad 420 de flotación por aire disuelto, una unidad 430 de tratamiento biológico y un digestor 490 anaeróbico que incluye un espesador

580 para proporcionar una digestión recuperativa. El lodo activado tratado biológicamente se recicla del tratamiento 430 biológico al tanque 410 de contacto. Una parte de los sólidos flotantes eliminados del licor mezclado del tanque 410 de contacto en la unidad 420 de flotación por aire disuelto se recicla al tanque 410 de contacto. Una segunda parte de sólidos flotantes eliminada del licor mezclado del tanque 410 de contacto en la unidad 420 de flotación de aire disuelto se envía al digestor 490 anaeróbico. La corriente de sólidos flotantes que ingresa al digestor incluye 4% de sólidos a un flujo es de 3,8 millones de litros/día (1MGD). La concentración de sólidos en la corriente de sólidos digeridos que sale del digestor 490 incluye 1,5% de sólidos y el flujo es de 3,8 millones de litros/día (1MGD). Para mantener una concentración de sólidos del 4% en el digestor con espesamiento recuperativo, el espesador 580 podría eliminar aproximadamente 2366000 litros (625000 galones) de líquido. Para un SRT de 20 días, el volumen del digestor podría reducirse de 76 millones de litros a 28 millones de litros (20 millones de galones a 7,5 millones de galones).

Aunque la digestión recuperativa reduce el volumen del digestor tanto en el Ejemplo 1 como en el Ejemplo 2, con el flujo del proceso en el Ejemplo 2, el digestor anaeróbico es un 40% más pequeño en tamaño (47 millones de litros frente a 28 millones de litros) (12,5 millones de galones frente a 7,5 millones galones). Teniendo en cuenta que los costes de capital para los digestores anaeróbicos (tanque y equipo) son de aproximadamente $1 millón por 3,8 millones de litros (1 millón de galones) de volumen del tanque, el diseño del ejemplo 2 ahorraría $5 millones en costes de capital en comparación con el diseño del ejemplo 1. La Tabla 1 a continuación muestra las ventajas de utilizar el flujo de proceso del Ejemplo 2 en comparación con el del Ejemplo 1. La combinación de un tanque de contacto y flotación por aire disuelto con digestión recuperativa da como resultado una mayor recuperación de agua, una mayor eliminación de DBO y una ganancia neta de energía en comparación con la digestión recuperativa sola.

Tabla 1

Parámetro	Sistema operado con digestión recuperativa (Ejemplo Profético 5)	Sistema operado con tanque de contacto, DAF y digestión recuperativa (Ejemplo Profético 6)
DBO tratado en tanque de tratamiento biológico (lbs/día)	45000 (20412 kg/día)	20000 (9072 kg/día)
Eliminación de DBO	0%	56%
Energía de aireación (tanto tanque de contacto como tanque de tratamiento biológico, kW)	750	400
Sólidos a digestor anaeróbico (lbs/día)	27000 (12247 kg/día)	35,000 (15,876 kg/día)
Sólidos destruidos (lbs/día)	9000 (4082 kg/día)	22,000 (9,979 kg/día)
Biogás producido (mcfd/día)	0,135 (3823 metros cúbicos/día)	0,330 (9345 metros cúbicos/día)
Energía de biogás (suponiendo una eficiencia de conversión del 40%, kW)	390	950
Ganancia neta de energía (kW)	-360	550

Estos resultados muestran que proporcionar un sistema de tratamiento de aguas residuales como se configura en la FIG. 10 con un reciclaje de sólidos eliminados en una unidad DAF a un tanque de contacto puede reducir significativamente la energía requerida para operar el sistema en comparación con un sistema equivalente sin el reciclaje de sólidos desde la unidad DAF al tanque de contacto como se ilustra en la FIG. 9. Añadir el DAF al reciclaje de sólidos del tanque de contacto da como resultado que se envíe menos DBO para tratamiento en el tanque de tratamiento biológico (una reducción de (45000 – 20000) /45000 = 56% en el presente ejemplo), lo que reduce la necesidad de aireación en el tanque de contacto biológico. Se produce una mayor cantidad de biogás (0.330- 0.135) /0.135 = 144% más en el presente ejemplo) cuando se añade el DAF al reciclaje de sólidos del tanque de contacto al sistema. La ganancia combinada en la producción de biogás y la disminución en los requisitos de energía de aireación da como resultado una ganancia de energía neta de 550 - (-360) = 910 kW al añadir el DAF para reciclar sólidos del tanque de contacto al sistema. Con un coste de energía estimado de $0.10/kW, esta ganancia neta de energía produciría un ahorro de costes de aproximadamente $800,000 por año.

Habiendo descrito así varios aspectos de al menos una realización de esta invención, se apreciará que a los expertos en la técnica se les ocurrirán fácilmente varias alteraciones, modificaciones y mejoras. En consecuencia, la descripción y los dibujos anteriores son solo a modo de ejemplo.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de tratamiento de aguas residuales que comprende:

un tanque (110, 410) de contacto que tiene una primera entrada para recibir las aguas residuales que se van a tratar, una segunda entrada para recibir los lodos activados y una salida, en donde el tanque (110, 410) de contacto mezcla las aguas residuales que se van a tratar con los lodos activados formar un primer licor mezclado;

una unidad (120, 420) de flotación por aire disuelto que tiene una entrada en comunicación de fluidos con la salida del tanque (110, 410) de contacto, en donde la unidad (120, 420) de flotación por aire disuelto separa la materia suspendida de una parte del primer licor mezclado para formar un efluente de la unidad de flotación por aire disuelto pobre en sólidos y sólidos flotantes, para sacar los sólidos flotados a través de una salida de sólidos de la unidad (120, 420) de flotación por aire disuelto y para sacar la unidad de flotación por aire disuelto pobre en sólidos (120, 420). , 420 efluente a través de una salida de efluente de la unidad (120, 420) de flotación por aire disuelto;

una unidad (130, 430) de tratamiento biológico que tiene una primera entrada en comunicación de fluidos (124, 424) con la salida del efluente de la unidad (120, 420) de flotación por aire disuelto y una salida, en la que la unidad de tratamiento biológico descompone biológicamente los componentes orgánicos del efluente de la unidad de flotación de aire disuelto (120, 420) para formar un segundo licor mezclado;

un conducto de efluente de la unidad de flotación por aire disuelto (124, 424) que se extiende entre la salida del efluente de la unidad (120, 420) de flotación por aire disuelto y la primera entrada de la unidad (130, 430) de tratamiento biológico;

un digestor (490) anaeróbico que tiene una entrada y una salida;

un conducto de sólidos flotantes (125, 425) entre la salida de sólidos de la unidad de flotación de aire disuelto (120, 420) y la entrada del digestor (490) anaeróbico;

un primer espesador (580) que tiene una entrada en comunicación de fluidos (582) con la salida del digestor (490) anaeróbico, una primera salida en comunicación de fluidos (584, 484) con la entrada del digestor (490) anaeróbico, y un segunda salida donde el primer espesador (580) recibe una primera parte de una corriente de sólidos digeridos desde la salida del digestor (490) anaeróbico, elimina líquido de la parte de la corriente de sólidos digeridos para producir una corriente de sólidos digeridos espesada que tiene un mayor contenido de sólidos contenido relativo al de la parte de la corriente de sólidos digeridos, saca el líquido eliminado de la segunda salida y devuelve (584, 484) la corriente de sólidos digeridos espesada a la entrada del digestor (490) anaeróbico; caracterizado por que el sistema de tratamiento incluye además un segundo espesador (590) que tiene una entrada en comunicación de fluidos (495) con la salida del digestor (490) anaeróbico, donde el segundo espesador (590) recibe una segunda parte de la corriente de sólidos digeridos desde la salida del digestor (490) anaeróbico y elimina líquido de dicha segunda parte de la corriente de sólidos digeridos para producir una corriente de sólidos digeridos deshidratada que tiene un contenido de sólidos aumentado en relación con la segunda parte de la corriente de sólidos digeridos.

2. El sistema de la reivindicación 1, en donde el primer espesador (580) es un espesador de cinta de gravedad.

3. El sistema de la reivindicación 1, en donde una mayoría de la corriente de sólidos digeridos desde la salida del digestor (490) anaeróbico se dirige a la entrada del primer espesador (580).

4. El sistema de la reivindicación 1, en donde el primer espesador (580) produce la corriente de sólidos digeridos espesada con el doble del contenido de sólidos de la corriente de sólidos digeridos desde la salida del digestor (490) anaeróbico.

5. El sistema de la reivindicación 1, en donde la segunda salida del primer espesador (580) está en comunicación (586) de fluidos con una entrada del tanque (410) de contacto.

6. El sistema de la reivindicación 1, en donde la segunda salida del primer espesador (580) está en comunicación (586) de fluidos con una entrada de la unidad (430) de tratamiento biológico.

7. El sistema de la reivindicación 1, en donde el segundo espesador (590) incluye una salida de líquido en comunicación (592) de fluidos con una entrada del tanque (410) de contacto.

8. El sistema de la reivindicación 1, en donde el segundo espesador (590) incluye una salida de líquido en comunicación de fluidos con una entrada de la unidad (430) de tratamiento biológico.

9. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un clarificador (140, 440) que tiene una entrada en comunicación (435) de fluidos con la salida de la unidad (130, 430) de tratamiento biológico para recibir el segundo licor mezclado, una salida (145 , 445) de efluente, y una salida (155) de lodos activados de retorno, en donde el clarificador emite un efluente clarificado a través de la salida de efluentes y un lodo activado de retorno a través de la

salida (155) de lodos activados de retorno.

10. El sistema de la reivindicación 9, que comprende además un conducto de retorno de lodos activados (165) que se extiende entre la salida de retorno de lodos activados del clarificador y una segunda entrada de la unidad (130, 430) de tratamiento biológico.

11. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un clarificador (140, 412) primario que tiene una entrada en comunicación de fluidos con una fuente de aguas residuales (405), una salida pobre en sólidos en comunicación (402) de fluidos con la entrada del tanque (410) de contacto y configurado para entregar aguas residuales pobres en sólidos para ser tratadas a la entrada del tanque (410) de contacto, y una salida rica en sólidos en comunicación (404) de fluidos con una entrada de un espesador (480) adicional y configurado para entregar una corriente líquida rica en sólidos separada del agua residual pobre en sólidos para ser tratada a la entrada del espesador (480) adicional.

12. El sistema de la reivindicación 11, en donde el espesador (480) adicional incluye una salida (484) rica en sólidos configurada para entregar una corriente líquida rica en sólidos espesada a una entrada del digestor (490) anaeróbico y una salida (482) pobre en sólidos configurada para entregar líquido separado de la corriente líquida rica en sólidos a una tercera entrada del tanque (410) de contacto.

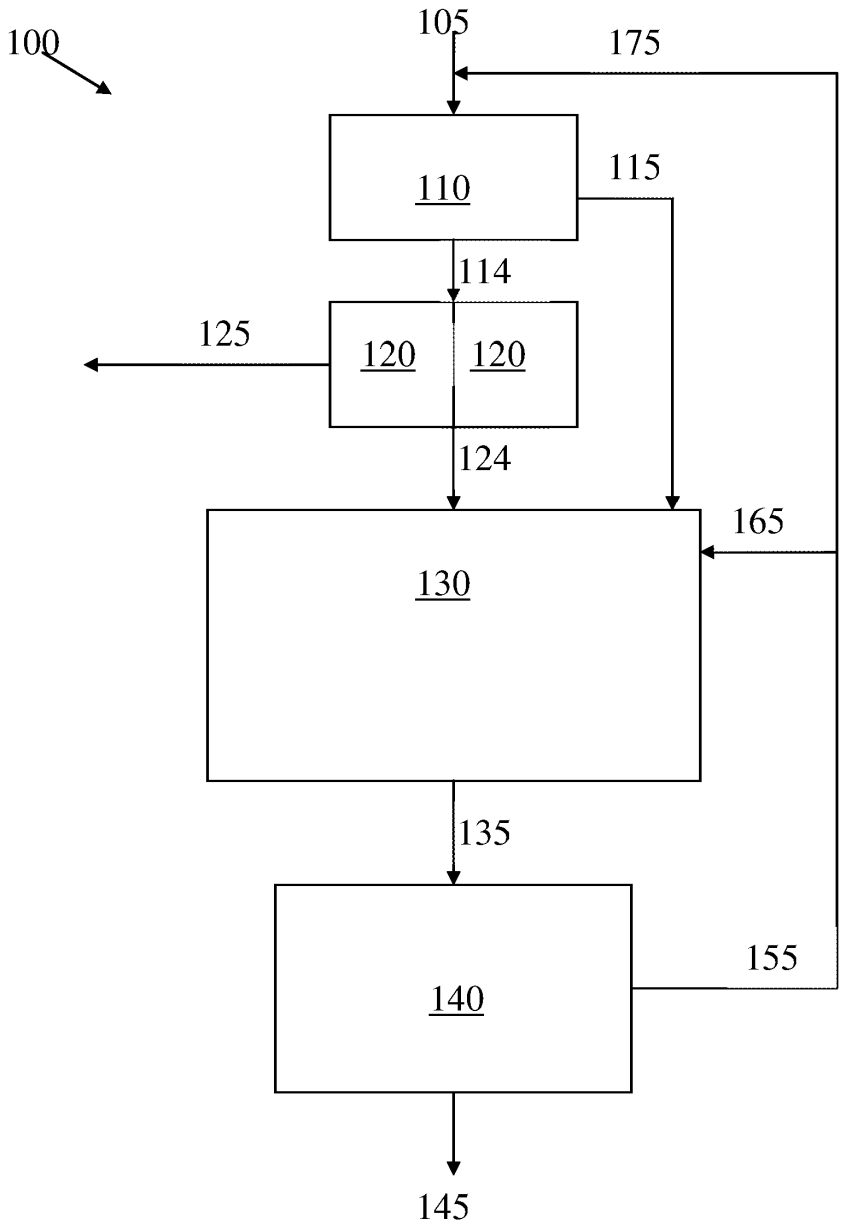


FIG. 1

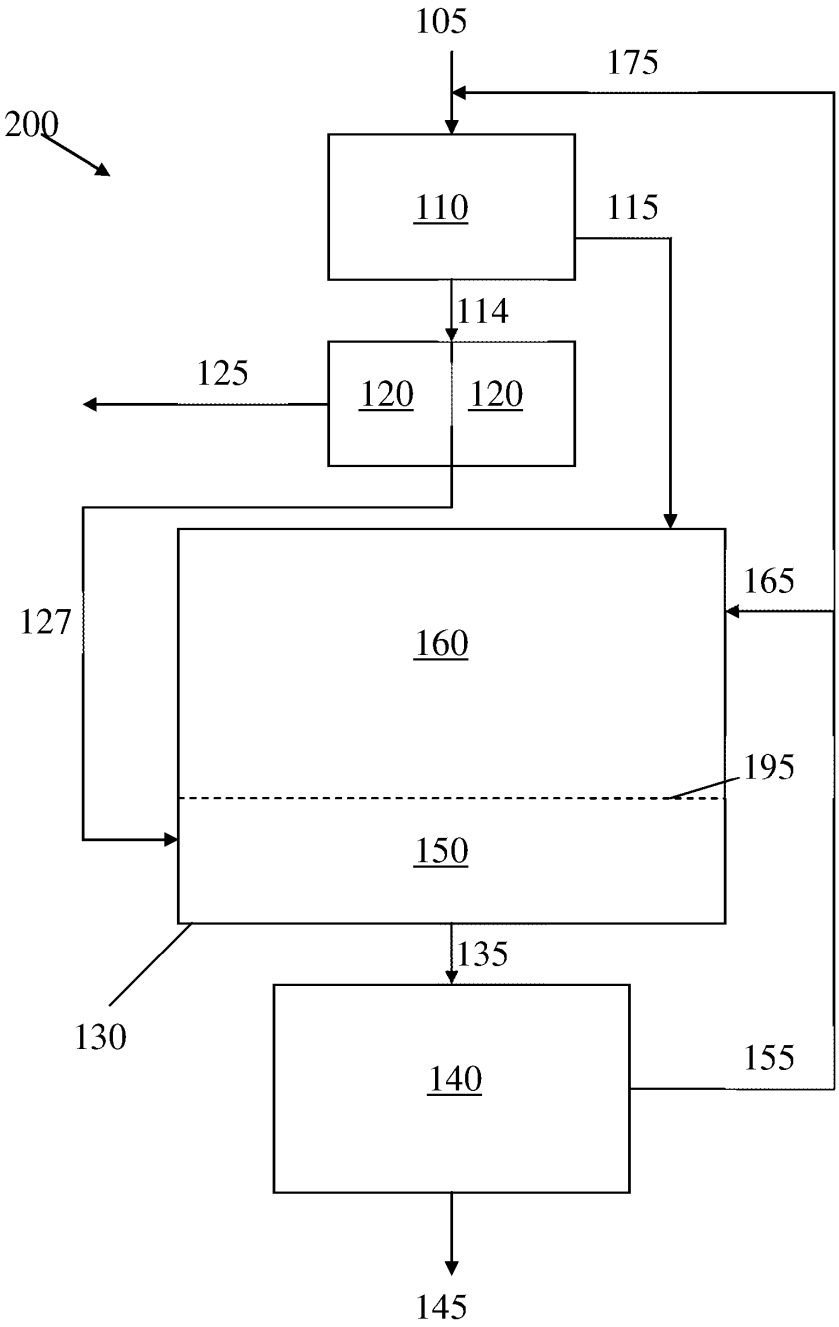

105
175
200
110
115
114
125
120
120
127
165
160
195
150
135
130
155
140
145

FIG. 2

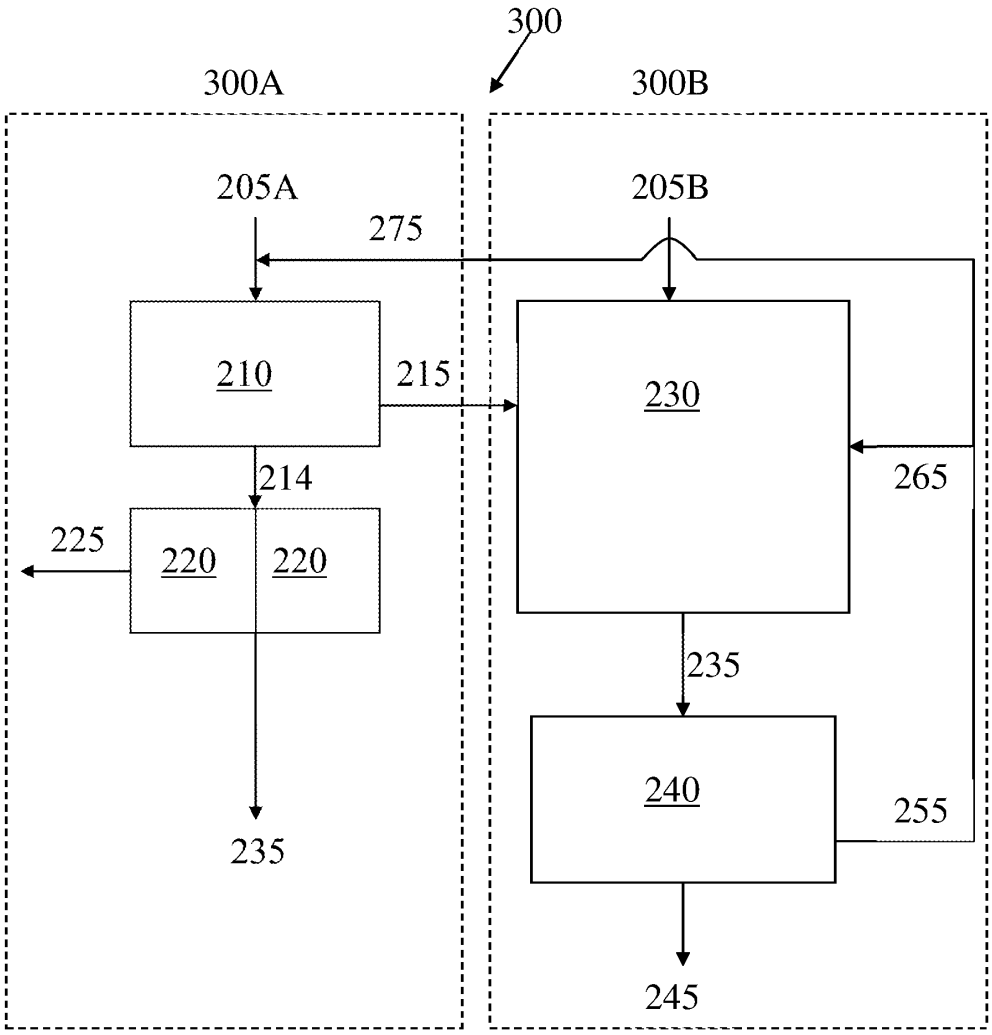

300
300A
300B
205A
205B
275
210
215
230
214
265
225
220
220
235
240
255
235
245

FIG. 3

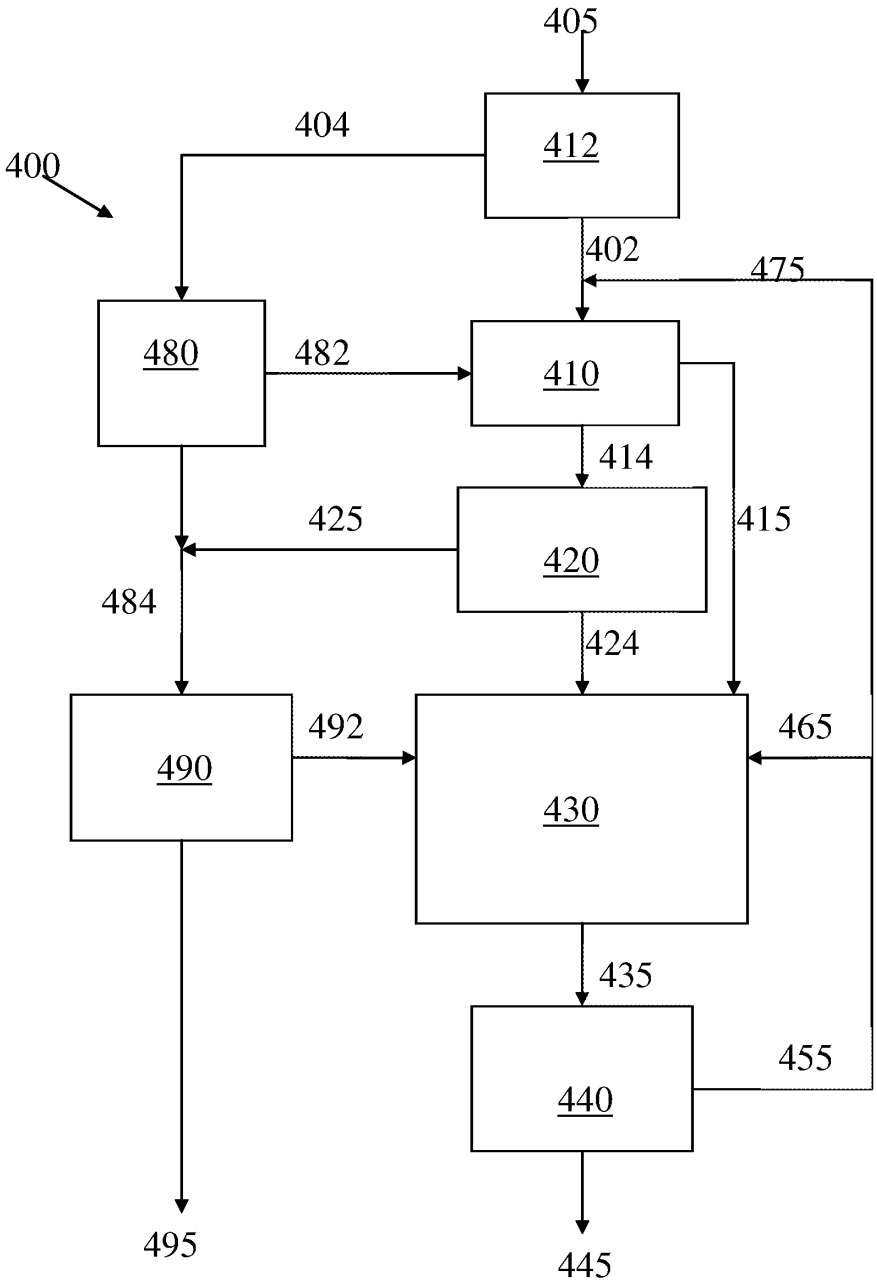

405
404
412
400
402
475
480
482
410
414
425
415
420
484
424
490
492
465
430
435
455
440
495
445

FIG. 4

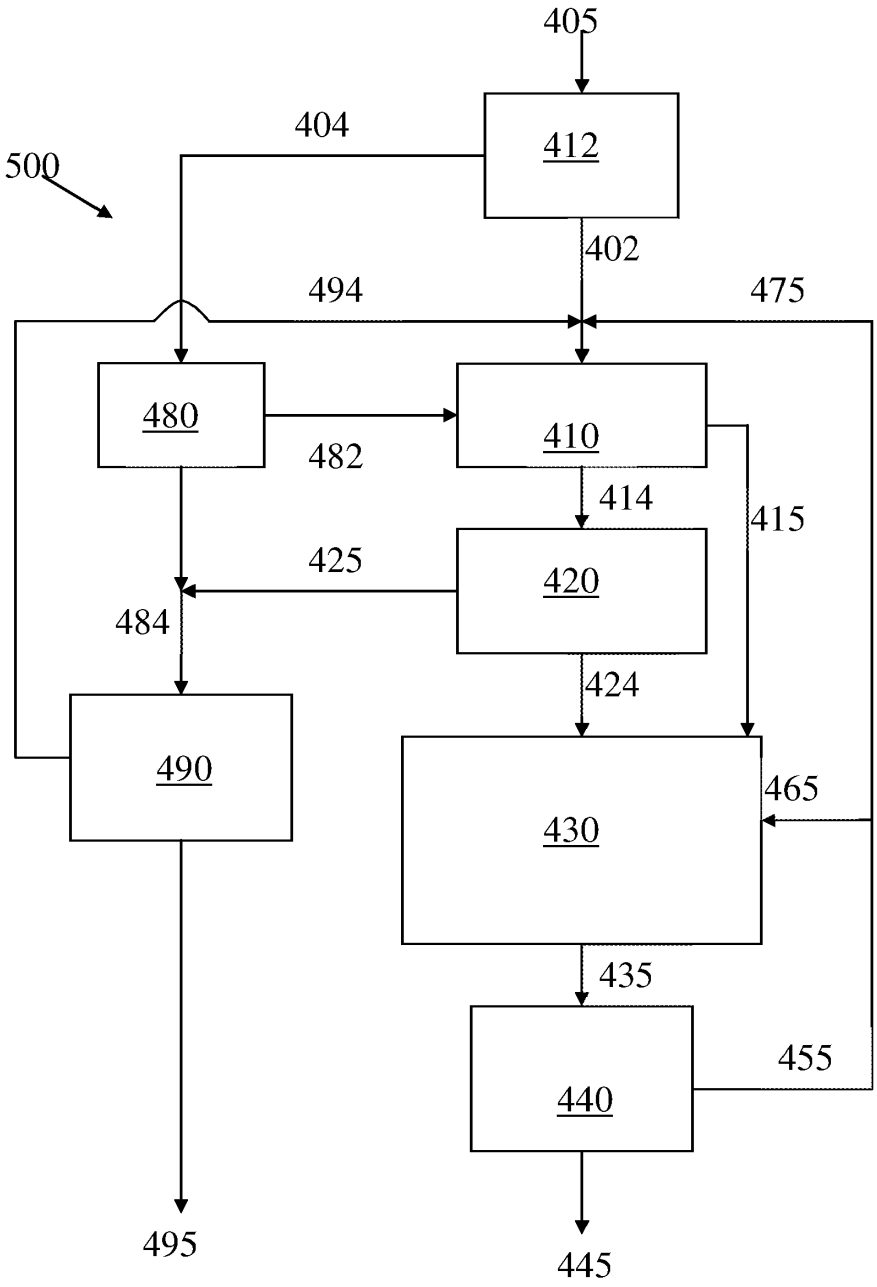

405
404
412
500
402
494
475
480
410
482
414
415
425
420
484
424
490
465
430
435
455
440
495
445

FIG. 5

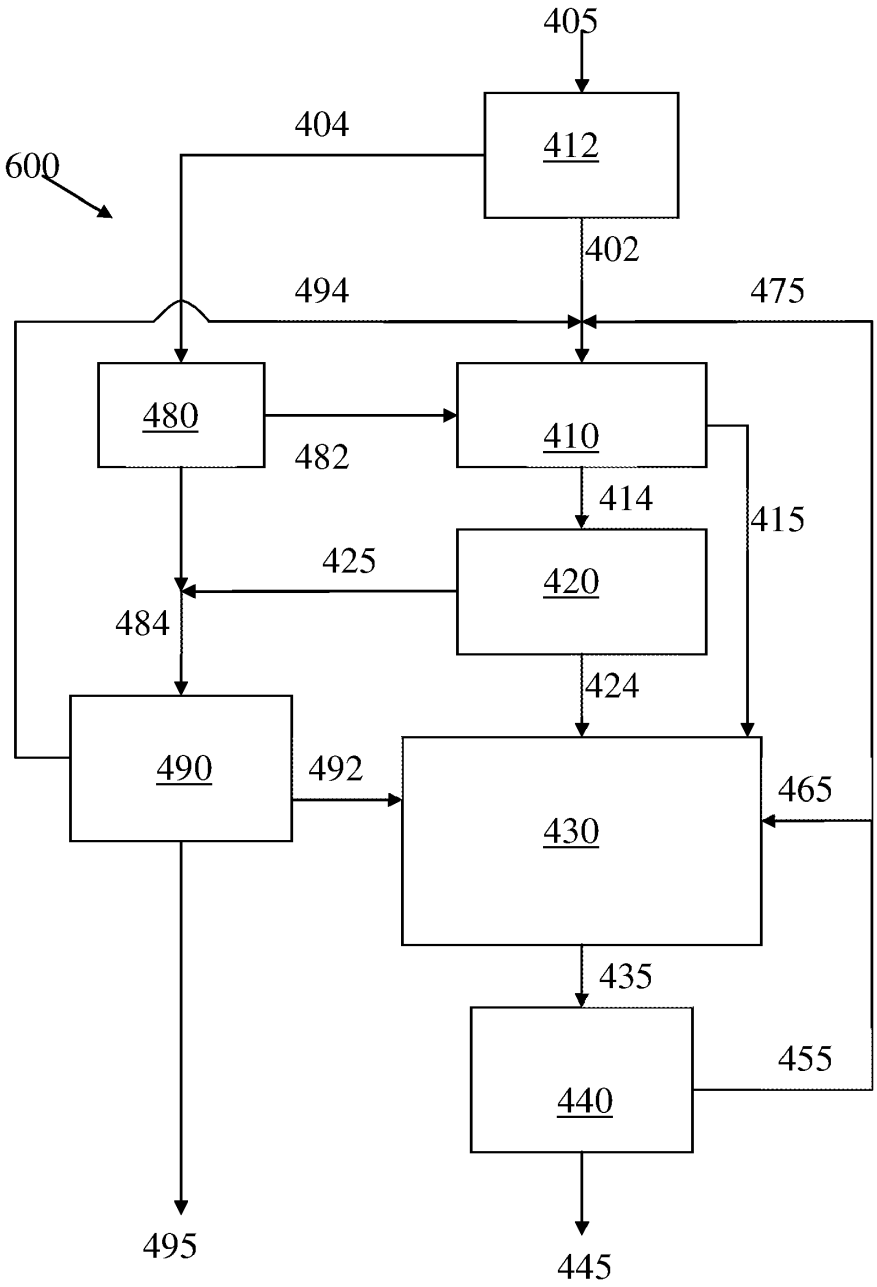

405
404
412
600
402
494
475
480
410
482
414
415
425
420
484
424
490
492
465
430
435
455
440
495
445

FIG. 6

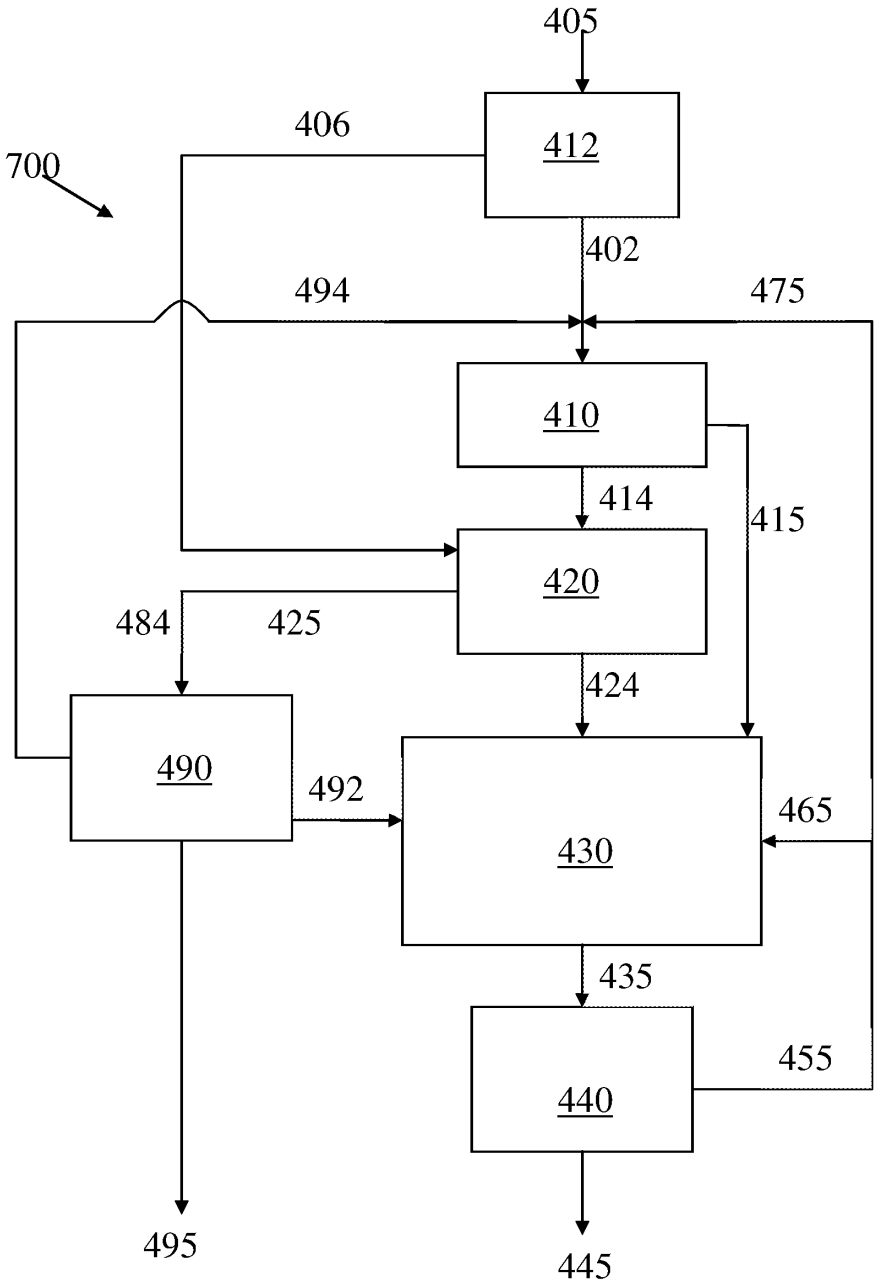

405
406
412
700
402
494
475
410
414
415
420
484
425
424
490
492
465
430
435
455
440
495
445

FIG. 7

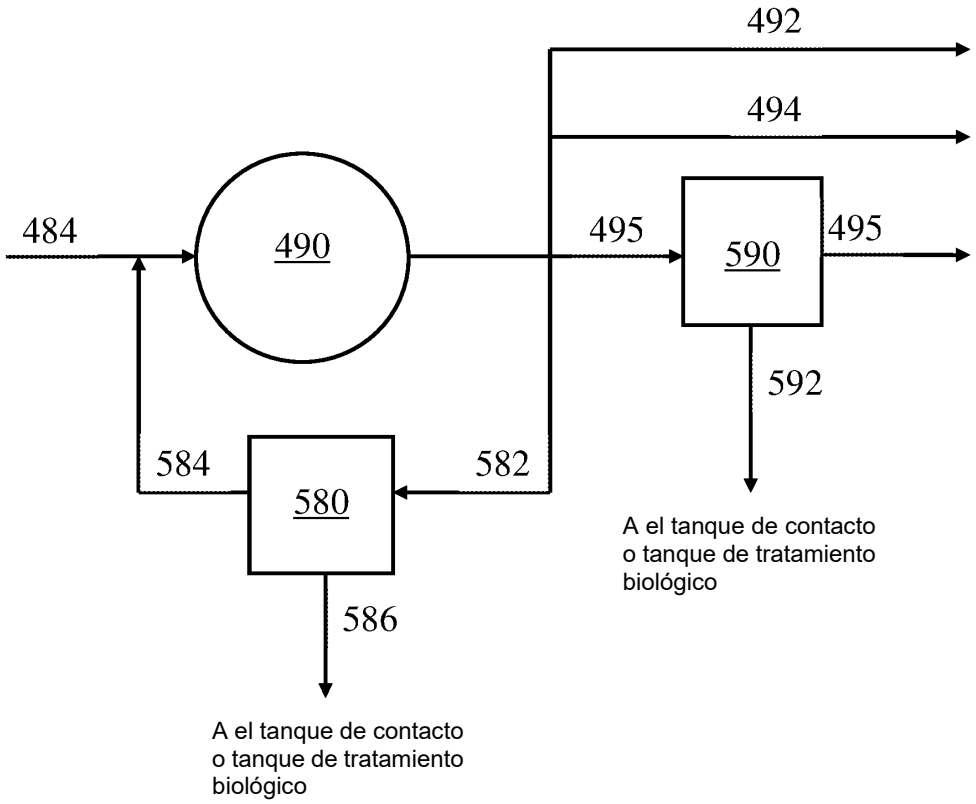

492
494
484
490
495
590
495
592
584
580
582
586
A el tanque de contacto o tanque de tratamiento biológico
A el tanque de contacto o tanque de tratamiento biológico

FIG. 8

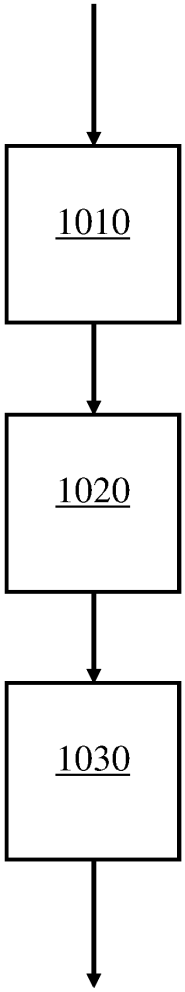


FIG. 9

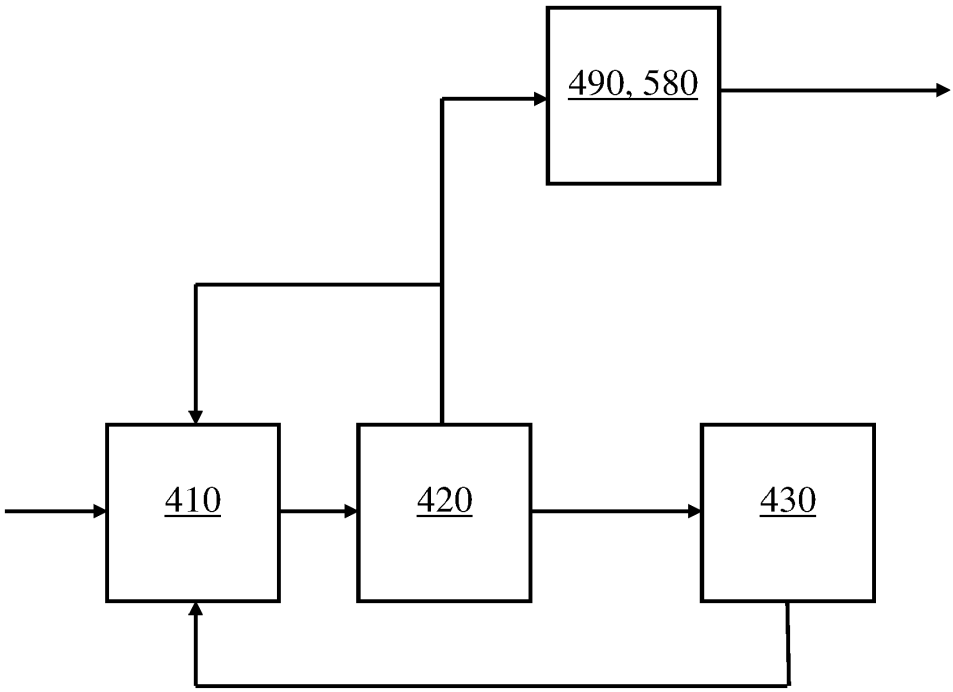


FIG. 10