

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 923 703**

51 Int. Cl.:

C02F 1/24 (2006.01)
B03D 1/14 (2006.01)
B03D 1/24 (2006.01)
C02F 1/52 (2006.01)
C02F 1/56 (2006.01)
B03D 1/002 (2006.01)
B03D 1/016 (2006.01)
C02F 101/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.09.2015** **PCT/EP2015/072482**
87 Fecha y número de publicación internacional: **07.04.2016** **WO16050802**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2015** **E 15774580 (3)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2022** **EP 3201137**

54 Título: **Sistema de tratamiento de aguas y proceso que emplea flotación por aire disuelto para eliminar sólidos en suspensión**

30 Prioridad:

02.10.2014 US 201462058831 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.09.2022

73 Titular/es:

**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES
SUPPORT (100.0%)
L'Aquarène 1 Place Montgolfier
94417 Saint-Maurice Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**GAID, ABDELKADER;
DJAFER, MALIK y
PASTORELLI, DELIA**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 923 703 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

Sistema de tratamiento de aguas y proceso que emplea flotación por aire disuelto para eliminar sólidos en suspensión

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a procesos de tratamiento de aguas o de aguas residuales y, de manera más particular, a procesos que utilizan flotación por aire disuelto para eliminar sólidos en suspensión.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Se conocen procesos de flotación por aire disuelto (DAF, por sus siglas en inglés de *Dissolved Air Flotation*). Los procesos de DAF convencionales incluyen inyectar un coagulante en el agua, mezclar el coagulante con el agua, inyectar un floculante en el agua, mezclar el floculante en agua y, a continuación, dirigir el agua coagulada y floculada a una zona donde el agua presurizada, comúnmente denominada agua blanca, se inyecta y se mezcla con el agua que se va a clarificar. Después de haberse mezclado el agua blanca con el agua coagulada y floculada, el agua se dirige a una zona de separación que separa los sólidos del agua mediante un proceso de flotación por aire disuelto.

El principio básico de la flotación para la clarificación es fundamentalmente el mismo independientemente de la tecnología que se use. Mediante la introducción de gas o aire en el agua que se está tratando, se consigue separar los sólidos del agua que se está tratando. Las burbujas de gas normalmente se inyectan cerca del fondo de un estanque que contiene sólidos y partículas floculadas que se van a separar de la fase líquida. Las burbujas de aire se adhieren a estos sólidos a través de una adherencia superficial y, a su vez, hacen que las partículas suban a la superficie. Las partículas de flóculos que se forman y que se han hecho flotar en la superficie forman una capa discreta de lodo conocida como "manto" o "flotador". Este manto de lodo se puede eliminar bien mediante desecho hidráulico o mediante un raspado mecánico.

Uno de los inconvenientes o deficiencias de un proceso de DAF que utiliza productos químicos es el coste de implementar y ejecutar tal proceso. Un ejemplo de un sistema de flotación por aire disuelto y una aplicación habitual pueden ser útiles para apreciar el coste asociado a la adición de productos químicos. Por ejemplo, una planta de aguas residuales puede incluir un sedimentador primario, un reactor biológico de lecho móvil (MBBR, por sus siglas en inglés de *Moving Bed Biological Reactor*) y un sistema de flotación por aire disuelto para la eliminación de sólidos en suspensión del efluente de la unidad de MBBR. En este ejemplo, se supone que la unidad de DAF está diseñada para tratar 26.240 m³/día de aguas residuales. La unidad de DAF incluye una fase de coagulación, una fase de floculación y una fase de flotación. Los productos químicos, tales como un coagulante, por ejemplo, cloruro férrico, y un floculante, tal como un polímero, se inyectan en el agua aguas arriba de la zona o fase de flotación. En este ejemplo, la velocidad o tasa especular en la zona de separación es de aproximadamente 7,6 m/h. La eficiencia promedio para la eliminación de sólidos en suspensión totales puede ser de aproximadamente un 90 %, gracias a la adición del coagulante y del floculante. Generalmente, se ha observado, sin embargo, que cuando no se añaden los productos químicos, hay una reducción sustancial en la eficiencia de eliminación de sólidos en suspensión totales.

Por otra parte, a menudo supone un desafío implementar correctamente la inyección de coagulantes y floculantes en los procesos de flotación por aire disuelto. Si no se implementa correctamente, disminuye la eficiencia de eliminación de sólidos en suspensión totales en la DAF. Por ejemplo, si el tiempo de contacto entre el agua blanca y el agua que se está tratando es demasiado corto, entonces se resiente la eficiencia de eliminación. De la misma manera, si el gradiente de velocidad (G) no es adecuado, entonces se reduce la eficiencia de eliminación de sólidos en suspensión.

Los sistemas de DAF convencionales se usan en todo el mundo de diversas formas. Por ejemplo, estos se usan para tratar el agua potable para la eliminación de algas, materiales flotantes, aceite y la supresión de sustancias responsables del color (tipos de sustancias húmicas y fúlvicas) y de sustancias coloidales presentes en el agua sin tratar. Asimismo, los sistemas de DAF convencionales se usan en la desalinización de agua marina, el pretratamiento del agua marina para la eliminación de algas, aceite, sustancias coloidales y partículas responsables de obstruir las membranas. Por último, los sistemas de DAF convencionales se usan ampliamente para eliminar sólidos en suspensión en el tratamiento de aguas residuales.

Estos sistemas y procesos de DAF convencionales tienen inconvenientes. En primer lugar, estos normalmente producen una velocidad o tasa especular baja, normalmente inferior a 10 m/h en la zona de separación y, por lo tanto, con el fin de conseguir la capacidad deseada, el sistema debe estar diseñado para ocupar un área mayor. Además, los sistemas de DAF convencionales requieren la preparación y el acondicionamiento de las sustancias que se van a eliminar mediante el uso de fases específicas de coagulación y floculación en las que se inyectan reactivos químicos. Como se ha indicado anteriormente, los productos químicos consumidos son caros y la energía consumida para accionar los mezcladores es costosa.

En la Opinión de Búsqueda Internacional, se mencionan varias referencias de la técnica anterior. En primer lugar, la opinión hace referencia a la publicación de la patente estadounidense 2012/211431 (la publicación '431). La publicación '431 describe un proceso de flotación por aire disuelto para eliminar los sólidos en suspensión del agua.

Sin embargo, la publicación '431 no aborda un proceso de flotación por aire disuelto que brinde un gradiente de velocidad que produzca una tasa especular impresionante en situaciones donde no se añada ningún coagulante ni floculante. Además, la Opinión de Búsqueda Internacional hace referencia al documento EP 0789672 (la publicación '672). Aunque este proceso se refiere a un proceso de flotación por aire disuelto, las eficiencias globales en la eliminación de los sólidos en suspensión totales son menores de lo ideal. En particular, la publicación '672 no describe un proceso que produzca una alta tasa especular y, al mismo tiempo, produzca un efluente clarificado que incluya una reducción del 80 % de los sólidos en suspensión totales. Por tanto, tanto la publicación '431 como la publicación '672 no son procesos altamente eficientes en ausencia del uso de coagulantes y floculantes.

El documento CZ 291459 divulga un proceso de tratamiento de aguas mediante flotación sin coagulación ni floculación del agua. Sin embargo, este método requiere una gran cantidad de energía, ya que es necesario comprimir todo el agua que se va a tratar.

Por lo tanto, existe la necesidad de un sistema y un proceso de DAF que sea tanto efectivo como eficiente sin necesidad de añadir productos químicos.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un proceso de flotación por aire disuelto para clarificar agua o licor mezclado. En una realización, en lugar de inyectar un coagulante o un floculante aguas arriba de la zona de separación como es habitual en los procesos de flotación por aire disuelto, la presente invención no utiliza ni un coagulante ni un floculante, sino que consigue una eficiencia de eliminación de sólidos en suspensión totales (SST) comparable a la que se logra con los procesos de DAF convencionales que usan productos químicos, es decir, un coagulante y un floculante.

La presente invención proporciona un proceso de DAF donde no hay inyección de productos químicos y, sin embargo, la tasa especular conseguida en la zona de separación es de al menos 20 m/h con una eficiencia de eliminación de SST que supera el 80 %.

Los objetos y las ventajas de la presente invención resultarán evidentes y obvios a partir de un estudio de la siguiente descripción y de los dibujos que la acompañan, que son meramente ilustrativos de tal invención.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 muestra un sistema de flotación por aire disuelto según la presente invención.

La Figura 2 muestra un sistema de flotación por aire disuelto alternativo que proporciona un medio para inyectar productos químicos, tales como un coagulante o floculante (no según la invención), en el agua blanca presurizada o directamente en la alimentación que está siendo dirigida hacia una zona de entrada del sistema de flotación por aire disuelto.

La Figura 2A es una vista alternativa del sistema de DAF que se muestra en la Figura 2 que proporciona la inyección de un coagulante y/o un floculante (no según la invención) en la zona de mezclado a través de un difusor.

La Figura 3 es una ilustración esquemática que muestra el sistema y proceso de DAF de la presente invención que se emplea aguas abajo de un biorreactor de lecho móvil.

La Figura 4 es un gráfico que muestra los resultados de prueba habituales del proceso de DAF de la presente invención ejecutado en diversos períodos de tiempo y sin emplear productos químicos.

DESCRIPCION DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

Con referencia adicional a los dibujos, en los mismos se muestra un sistema de clarificación de tipo flotación y este está generalmente indicado con el número 10. Como se comentará más adelante en el presente documento, el sistema de clarificación 10 está diseñado para recibir agua o licor mezclado que incluye sólidos en suspensión y, a través de un proceso de flotación por aire, el sistema de clarificación está diseñado para eliminar los sólidos en suspensión del agua o licor mezclado.

Como representan los dibujos, el sistema de clarificación 10 incluye un depósito 14. El depósito 14 incluye un fondo y lados circundantes. En el depósito, se forma una zona de separación 16. En algunos casos, la zona de separación 16 se denomina zona de flotación. Aguas arriba de la zona de separación 16, se dispone una zona de mezclado o contacto 18. Como se muestra en los dibujos, el depósito 14 incluye una pared 20 que divide el depósito y forma las zonas de separación y mezclado 16 y 18.

En el fondo del depósito 14 o en la parte inferior de la zona de separación 16, se forma una zona de recepción de agua clarificada 22. Esta puede adoptar diversas formas. En una realización, la zona de recepción de agua clarificada incluye una cámara 24 que incluye una parte superior perforada. El agua clarificada en la zona de separación 16 entra

por la parte superior perforada de la cámara 24 y se dirige hacia fuera por una salida 25.

Se proporciona una línea de alimentación de afluente 26. Esta conduce a una zona de entrada 28 que se sitúa aguas arriba de la zona de mezclado 18. Un panel perforado 30 divide la zona de entrada 28 de la zona de mezclado 18. Durante un proceso de flotación por aire disuelto, se bombea agua o licor mezclado a la zona de entrada 28 y hacia arriba a través del panel perforado 30 hacia la zona de mezclado 18.

El sistema de clarificación 10 incluye un sistema de generación de agua blanca presurizada 34 para inyectar agua blanca a presión en la zona de mezclado 18. El sistema de inyección de agua blanca incluye una o más boquillas 32 dispuestas en la parte inferior de la zona de mezclado 18 por encima del panel perforado 30. Los sistemas para generar agua blanca se conocen bien en la técnica. Por ejemplo, un sistema de generación de agua blanca habitual incluye una bomba de agua blanca que bombea agua clarificada desde el fondo de la zona de separación 16 a través de un prefiltro. Desde el prefiltro, el agua clarificada o el agua blanca se dirige a un recipiente de retención y desde el recipiente de retención hacia abajo hasta las boquillas 32 donde el agua blanca se expulsa hacia la zona de mezclado 18.

Como se comentará más adelante en el presente documento, el sistema y proceso harán que los flóculos suban a la superficie del agua en la zona de separación 16. Se proporciona un raspador de lodos 38 alrededor de una parte superior del sistema de clarificación 10. El raspador de lodos 38 se puede mover hacia adelante y hacia atrás a través de la parte superior del sistema de clarificación e incluye un raspador para introducir el manto de lodos de la superficie superior del agua y raspar el lodo hasta una salida de lodos 40 donde se descarga el lodo del sistema de clarificación 10.

El sistema de clarificación 10 está diseñado para flocular y eliminar sólidos en suspensión sin la adición de productos químicos. Esto se abordará con más detalle a continuación. En situaciones, tales como cuando es deseable eliminar el fósforo, se pueden seguir añadiendo productos químicos, tales como un coagulante o un floculante. Sin embargo, cuando se añaden productos químicos, es preferible añadir los productos químicos en la zona de mezclado 18 directamente o a través del sistema de inyección de agua blanca.

La Figura 2 muestra un ejemplo de varias formas en las que se puede añadir un coagulante o un floculante al agua. En el presente documento, se proporcionan dos líneas de alimentación de productos químicos 50 y 52. Cada línea incluye una válvula de control 54, 56. Cabe destacar que la línea de alimentación 50 está conectada a la línea de alimentación de agua blanca 36. Al cerrar la válvula 56, los productos químicos se pueden dirigir a través de la válvula de control 54 y la línea de alimentación 50 hacia la línea de alimentación de agua blanca 36. Al cerrar la válvula 54, se puede dirigir un coagulante o un floculante a través de la válvula de control 56 y la línea 52 hacia el agua afluente en un punto aguas arriba de la zona de mezclado 18.

Hay otras formas y medios para inyectar un coagulante o un floculante en la zona de mezclado 18. Por ejemplo, un difusor 60 puede disponerse por encima o por debajo de las boquillas 32 y conectarse operativamente a un suministro de un coagulante y/o un floculante. Véanse la Figura 2A. Se puede proporcionar una bomba de alimentación de productos químicos para bombear el coagulante y/o el floculante desde el suministro hacia el difusor. En una realización, el difusor 60 u otros medios para inyectar un coagulante o un floculante en la zona de mezclado 18 se pueden colocar aproximadamente de 5 a aproximadamente 20 cm por encima de las boquillas 32. En otras realizaciones, el sistema de adición de productos químicos puede estar diseñado para inyectar el coagulante en un área de la zona de mezclado 18, al tiempo que se inyecta el floculante en otra área de la zona de mezclado 18. En otras realizaciones, el sistema de adición de productos químicos puede estar diseñado para inyectar bien el coagulante o el floculante en la línea de alimentación de agua blanca 36, al tiempo que se inyecta el otro directamente en la zona de mezclado 18.

El sistema de clarificación 10 se ha descrito en general. La patente estadounidense 8.753.508 muestra y describe un sistema de clarificación y un proceso para clarificar agua.

Repasando brevemente el proceso de clarificación, el agua o licor mezclado afluente se dirige a través de la línea 26 hacia la zona de entrada 28. Conviene señalar que el agua afluente puede ser agua sin tratar, que es agua que no se ha tratado, o puede ser agua que se ha sometido a un proceso de pretratamiento. Por ejemplo, el sistema de clarificación 10 de la presente invención se puede emplear aguas abajo de un proceso de MBBR. Véase la Figura 3. En este caso, el agua afluente (por ejemplo, licor mezclado) dirigida hacia la línea 26 se denomina licor mezclado.

El agua se bombea a presión hacia arriba a través del panel perforado 30 hacia la zona de mezclado 18. Allí, el agua se mezcla con el agua blanca que se ha presurizado y, una vez expelida por las boquillas, se despresuriza. El tiempo de contacto entre el agua que se va a tratar y el agua blanca expelida puede variar. En un ejemplo, el tiempo de contacto es de aproximadamente 2-5 minutos. Al reducir el tamaño de la burbuja, se aumenta la eficiencia de captura. El sistema de generación de agua blanca 34 es operativo para proporcionar un proceso de flotación por aire disuelto para eliminar los sólidos en suspensión en el agua afluente. En particular, el sistema de generación de agua blanca toma una parte del agua clarificada de la salida 25 o del fondo de la zona de separación 16 y presuriza el agua para formar lo que se denomina agua blanca. Esta agua blanca a presión se bombea a través de la línea 36 hasta las

boquillas 32. Las boquillas están diseñadas para inyectar el agua blanca, incluyendo pequeñas burbujas de aire (inferiores a 50 micrómetros de diámetro), en la zona de mezclado 18, donde las burbujas de aire se mezclan con el agua de la zona de recogida 28. Los sólidos en suspensión en el agua se adhieren a las burbujas de aire y forman flóculos, que son flotantes. Los flóculos que comprenden sólidos en suspensión aglomerados se elevan hacia arriba con las burbujas de aire adheridas en la zona de mezclado 18.

Como se observa en la Figura 1, por ejemplo, el agua de la zona de mezclado 18, junto con los flóculos, se hace pasar por encima del borde superior de la pared 20 hacia la zona de separación 16. En la zona de separación 16, los flóculos y las burbujas de aire siguen subiendo a la superficie superior del agua contenida en la zona de separación. Los flóculos forman la capa de lodo o un manto de lodo en la superficie superior del agua. El agua retenida en la parte inferior de la zona de separación 16 es agua clarificada. Esta agua clarificada entra en la cámara de agua clarificada 24 y, desde allí, se dirige hacia fuera del depósito 14 a través de la salida 25. Como se ha mencionado anteriormente, el sistema de generación de agua blanca utiliza una parte del efluente clarificado para generar agua blanca presurizada para inyectarla en la zona de mezclado 18.

En comentarios anteriores, se ha señalado cómo el uso de productos químicos aumentó considerablemente el coste de los procesos de clarificación por flotación de aire. El coste en capital de construir depósitos de coagulación y floculación u otras estructuras para dar cabida a los procesos de coagulación y floculación es significativo. Además, está el equipo de suministro, mezclado y control de los productos químicos. Este también es caro. Los inventores han descubierto que se puede llevar a cabo un proceso de clarificación por flotación de aire sin coagulantes ni floculantes, pero aun así conseguir una eficiencia de eliminación de SST comparable a la de los procesos de DAF convencionales que dependen de coagulantes y floculantes.

El sorprendente rendimiento del proceso descrito en el presente documento donde no se usa ni coagulación ni floculación se puede explicar mediante las condiciones de floculación. Durante la etapa de floculación, se forma una multitud de microflóculos y la probabilidad de encuentros entre estos microflóculos para formar macroflóculos se hace por agitación mecánica del agua correspondiente a una baja turbulencia (Gradiente G de baja velocidad). El principio es que el crecimiento de microflóculos en agregados más grandes acelera la separación de fases. Por tanto, en igualdad de condiciones, el aumento del diámetro de los flóculos promueve la floculación y el Gradiente G de velocidad no puede ser demasiado alto porque los flóculos se pueden romper debido a fuerzas de cizallamiento demasiado altas.

El valor del gradiente de velocidad (G) que se suele usar para la fase de floculación en los procesos de DAF convencionales es $<100 \text{ s}^{-1}$ y, más particularmente, de aproximadamente 60 s^{-1} . El gradiente de velocidad viene dado por:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

Donde:

P: potencia disipada por las palas del agitador [W]
 V: volumen ocupado por el fluido de aguas residuales o licor mezclado [m^3]
 μ : viscosidad dinámica del agua [Pa].

En un sistema de DAF, después de la coagulación y la floculación, el agua entra en la zona de contacto. En la zona de contacto, se hacen flotar las partículas floculadas mediante unas microburbujas en la superficie del estanque de flotación. Las microburbujas se adhieren a las partículas de los flóculos mediante su adherencia superficial y se producen por la despresurización de una corriente de reciclaje presurizada parcialmente saturada de aire. Esta corriente de reciclaje es una parte de la corriente de efluentes clarificados (normalmente del 8 al 12 por ciento del flujo de efluentes).

La corriente de reciclaje se recicla mediante una bomba de reciclaje y se presuriza. La despresurización de la corriente de reciclaje tiene lugar a través de boquillas que se fijan a un cabezal que está situado en la entrada de la zona de contacto. El agua clarificada se recoge a medida que se hace pasar a través de una tubería y sale de la unidad sobre un rebasadero ajustable hacia un depósito de agua clarificada.

En un proceso de DAF, la eficiencia de captura de las partículas es en función del tamaño de la burbuja, entre otros parámetros. La flotación usada para conseguir una separación de sólido-líquido por inyección usa burbujas de aire finas (<50 micrómetros) que serán un agregado muy liviano y presentarán altas velocidades. La producción de burbujas de aire finas se consigue recirculando parte del agua clarificada a una presión de 500-700 kPa (5-7 bares). Al inyectar el agua que se va a tratar directamente en la zona de contacto o de mezclado 18, la turbulencia asociada a la inyección de burbujas de aire finas conlleva la formación de un gradiente de velocidad determinado tal y como sigue:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

$P(W) = Q \text{ agua blanca (m}^3/\text{s)} \times p \text{ agua blanca (m)} \times g \text{ (m/s}^2) \times l' \text{ (kg/m}^3)$

P Agua Blanca: 700 kPa (7 bares): 70 m

g: 9,8 m/s²

l': 1.000 kg/m³

μ : viscosidad dinámica de 0,001 Pa.s de agua

El presente proceso proporciona velocidad o tasas especulares altas (20-60 m/h) en la zona de separación y permite una planta con una huella menor en comparación con los sistemas de DAF convencionales usados para el tratamiento de aguas residuales. Considérese, por ejemplo, un caudal de 10 m³/h y un tiempo de contacto de 2 minutos. Esto hace que el volumen del área de contacto sea de 0,33 m³. El cálculo da como resultado un valor G de 24,2 s⁻¹. Esto confirma que es plausible ejecutar el sistema de DAF 10 de la presente invención sin productos químicos y conseguir una eficiencia de eliminación de SST favorable. Es decir, esto confirma que, en estas condiciones hidrodinámicas en la zona de mezclado o de contacto 18, se puede conseguir una implementación exitosa de un proceso de floculación que sea suficiente para crear colisiones entre las burbujas de aire y los flóculos.

La siguiente Tabla 1 muestra una serie de pruebas realizadas en un sistema de DAF similar al que se muestra en la Figura 1. Se probaron dos caudales afluentes: 20 m³/h y 28 m³/h. Las tasas de recirculación de agua blanca presurizada probadas fueron del 10, 15, 20 y 25 %. Se probaron dos concentraciones de afluentes de SST. Una se refiere a una concentración media donde la concentración de entrada de SST era de 250 mg/l. La segunda concentración de entrada de SST, conocida como alta concentración de SST, era de 500 mg/l.

RENDIMIENTOS SIN REACTIVOS QUÍMICOS (MUESTREO MANUAL) DE ENERO A FEBRERO DE 2013

Caudal afluente y concentración de entrada de SST	Velocidad especular (m/h)	Entrada promedio de SST (mg/l)	Salida promedio de SST (mg/l)	Eficiencia de eliminación de SST promedio (%)	Energía eléctrica específica (Wh/m ³)
20 m ³ /h <u>Concentración media de SST</u>					
10 %	22	299,6	33,2	88,9	45
15 %	23	164,9	10,8	93,4	
20 %	24	165,4	8,3	94,9	
25 %	25	135,2	6,7	95,0	83
30 %	26	233,6	10,8	95,3	
<u>Concentración alta de SST</u>					
10 %	22	545,6	67,1	87,7	45
15 %	23	586,7	59,7	89,8	65
20 %	24	537,0	35,7	93,4	85
25 %	25	546,8	29,9	94,5	103
30 %	26	535,9	21,1	96,1	115
28 m ³ /h <u>Concentración media de SST</u>					
10	30,8	136,5	11,1	91,8	
15	32,2	136,8	8,7	93,3	50
20	33,6	181,0	11,3	93,8	67
25	35,0	120,0	6,2	94,8	89
<u>Concentración alta de SST</u>					
10	30,8	448,8	31,9	92,9	
15	32,2	339,1	17,3	94,9	
20	33,6	410,6	17,7	95,7	

Caudal afluente y concentración de entrada de SST	Velocidad especlar (m/h)	Entrada promedio de SST (mg/l)	Salida promedio de SST (mg/l)	Eficiencia de eliminación de SST promedio (%)	Energía eléctrica específica (Wh/m ³)
25	35,0	427,8	21,4	94,8	

Todas las eficiencias de eliminación de SST superan el 80 %. La mayoría están en el intervalo del 93-96 %. Todas las tasas especulares o de velocidad superan los 20 m/h. Un número considerable de las pruebas muestran tasas especulares en el intervalo de 30-35 m/h. Esto es sorprendente para un proceso de flotación por aire disuelto usado para clarificar licor mezclado o agua sin el uso de un coagulante o un floculante.

En estas pruebas, la concentración del lodo estaba en el intervalo de 35-40 g/l. El SST estuvo en el intervalo del 80-84 %.

La Figura 4 es una representación gráfica de tres pruebas realizadas durante tres períodos de tiempo para determinar la eficiencia de eliminación de SST para el sistema de flotación por aire disuelto 10 de la presente invención cuando el proceso se lleva a cabo sin la adición de productos químicos. En particular, el caudal afluente para estas pruebas fue de 28 m³/h. Para el agua blanca se usó un reciclaje de agua clarificada del 15 %. La tasa especlar promedio durante estas tres pruebas fue de 32,2 m/h. Cabe señalar que, en el período de tiempo 1, la concentración de SST en el agua afluente fue relativamente alta, a veces midiendo más de 400 mg/l. Como se muestra en la Figura 4, en las tres pruebas, la concentración de SST en la salida era inferior a 20 mg/l. Estas son pruebas que se realizaron sin emplear productos químicos.

La prueba realizada implicó un proceso de MBBR seguido de un proceso de flotación por aire disuelto, según el sistema que se muestra en la Figura 1, realizándose algunas pruebas con productos químicos y otras sin ellos. Basándose en la prueba, se plantea la hipótesis de que un enfoque preferido para eliminar los sólidos en suspensión totales consiste en emplear un reciclaje del 15 % de agua blanca sin el uso de productos químicos. Otro proceso preferible consiste en proporcionar un reciclaje del 10 % con agua blanca con una dosis de 1 mg/l de un polímero. En los casos donde es deseable eliminar tanto los SST como el fósforo, estas pruebas indican que un enfoque deseable consiste en emplear un reciclaje del 10 % de agua blanca y dosificar el agua en la zona de mezclado 18 con 1 mg/l de polímero y 50 mg/l de cloruro férrico.

Se observa que las descripciones del proceso y los ejemplos sugieren que los floculantes y coagulantes se pueden añadir al agua. Estos fragmentos ya no se relacionan con las realizaciones de la invención.

La presente invención puede, por supuesto, llevarse a cabo de formas distintas a las expuestas específicamente en el presente documento sin apartarse de las características esenciales de la invención. Las presentes realizaciones se deben considerar en todos los aspectos como ilustrativas y no restrictivas y todos los cambios que entren dentro del significado y rango de equivalencia de las reivindicaciones adjuntas están destinados a quedar incluidos en las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de clarificación de agua (26) mediante un proceso de flotación sin coagulación o floculación para producir agua clarificada (25), que comprende:

- (a) bombear el agua a una zona de entrada (28) y hacia arriba a través de un panel perforado (30) a una zona de mezclado (18) donde el agua se descarga desde una parte superior de la zona de mezclado (18) a una zona de separación (16);
- (b) reciclar el 10-30 % del agua clarificada (25);
- (c) presurizar el agua clarificada reciclada hasta una presión de 500-700 kPa (5-7 bares) para formar agua blanca presurizada y dirigir el agua blanca presurizada a una o más boquillas (32) situadas en una parte inferior de la zona de mezclado (18) por encima del panel perforado;
- (d) descargar el agua blanca presurizada y las burbujas de aire relativamente finas de diámetro inferior a 50 micrómetros en la misma desde la una o más boquillas (32);
- (e) emplear las burbujas de aire relativamente finas para inducir una turbulencia en la zona de mezclado (18) que conlleva la formación de un gradiente de velocidad en la zona de mezclado (18);
- (f) mezclar las burbujas de aire relativamente finas con el agua que se va a tratar en la zona de mezclado (18);
- (g) adherir las burbujas de aire finas a los sólidos en suspensión en el agua que se va a tratar para formar flóculos que suben hacia la superficie del agua en la zona de mezclado (18);
- (h) transferir el agua y los flóculos desde la parte superior de la zona de mezclado (18) hasta la zona de separación (16) y clarificar el agua por flotación a medida que los flóculos tienden a acumularse en la superficie del agua en la zona de separación (16) y el agua clarificada se recoge en una parte inferior de la zona de separación;
- (i) dirigir el agua clarificada desde la parte inferior de la zona de separación (16);
- (j) en ausencia de un coagulante o un floculante, mantener la suficiente turbulencia en la zona de mezclado debido al agua blanca y las burbujas de aire relativamente finas de menos de 50 micrómetros de diámetro que se descargan en la zona de mezclado para producir un gradiente de velocidad no superior a 24,2 s⁻¹ suficiente para mantener durante un período de tiempo seleccionado una tasa especular promedio en la zona de separación superior a 20 m/h, al tiempo que se produce el agua clarificada que tiene al menos una reducción del 80 % en los sólidos en suspensión con relación al agua que se va a tratar; y
- (k) mover un raspador de lodos (38) hacia adelante y hacia atrás a través de la parte superior del sistema de clarificación e introducir el manto de lodos sobre la superficie superior del agua y raspar los lodos hasta una salida de lodos (40).

2. El método de la reivindicación 1, que incluye el tratamiento biológico del agua para producir un efluente tratado biológicamente y, a continuación, dirigir el agua tratada biológicamente hacia la zona de mezclado donde el agua tratada biológicamente se mezcla con el agua blanca presurizada.

3. El método de la reivindicación 2, en donde el tratamiento biológico del agua comprende tratar el agua en un reactor biológico de lecho móvil y, a continuación, dirigir el licor mezclado resultante desde el reactor biológico de lecho móvil hacia la zona de mezclado.

4. El método de la reivindicación 1, que incluye mantener durante un período seleccionado una tasa especular de aproximadamente 20-35 m/h en la zona de separación.

5. El método de la reivindicación 1, en donde dicho panel perforado (30) divide la zona de entrada de la zona de mezclado; y en donde hay una pared (20) que separa la zona de mezclado de la zona de separación y en donde el método incluye transferir el agua y los flóculos sobre un borde superior de dicha pared hacia la zona de separación.

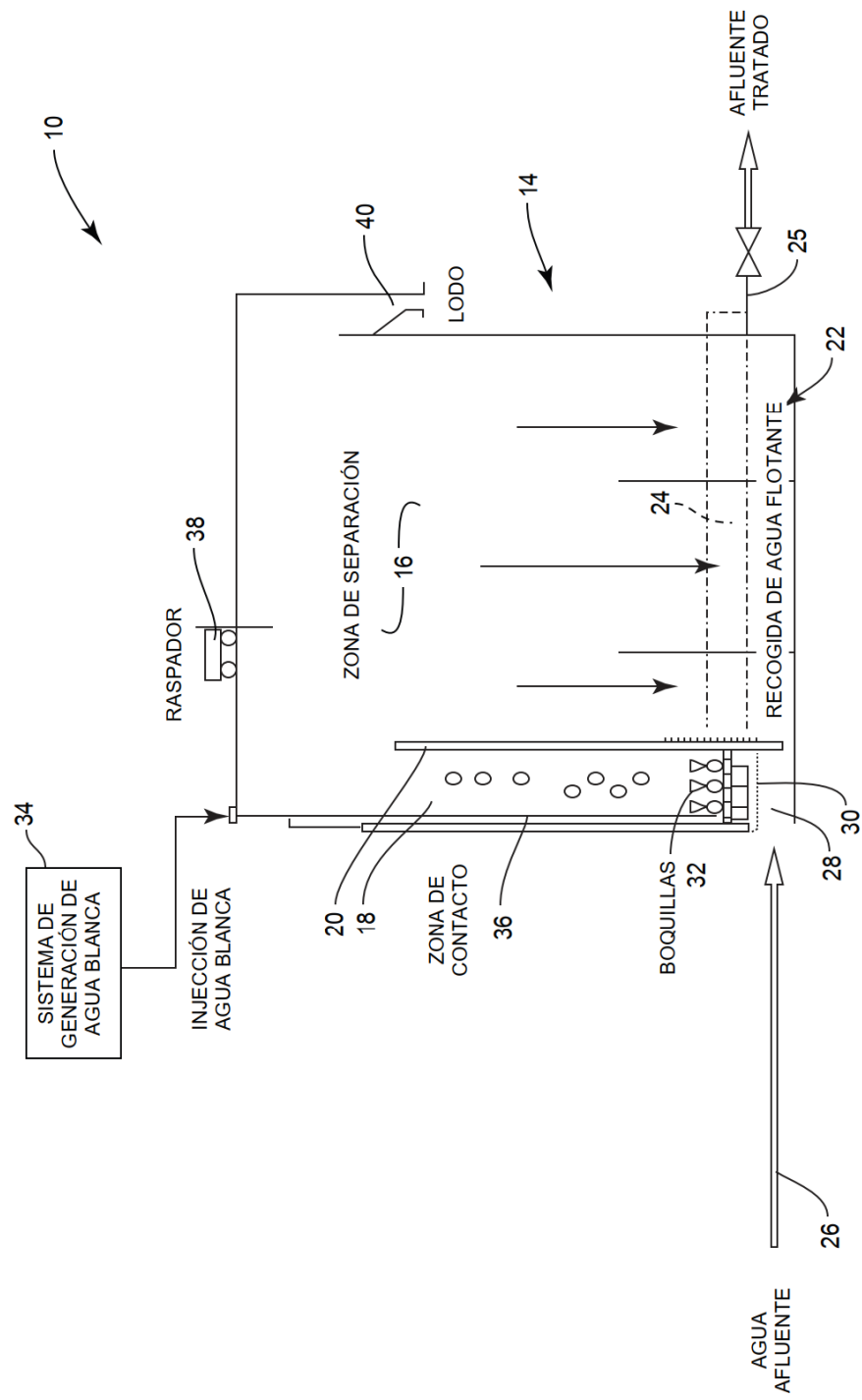


FIG. 1

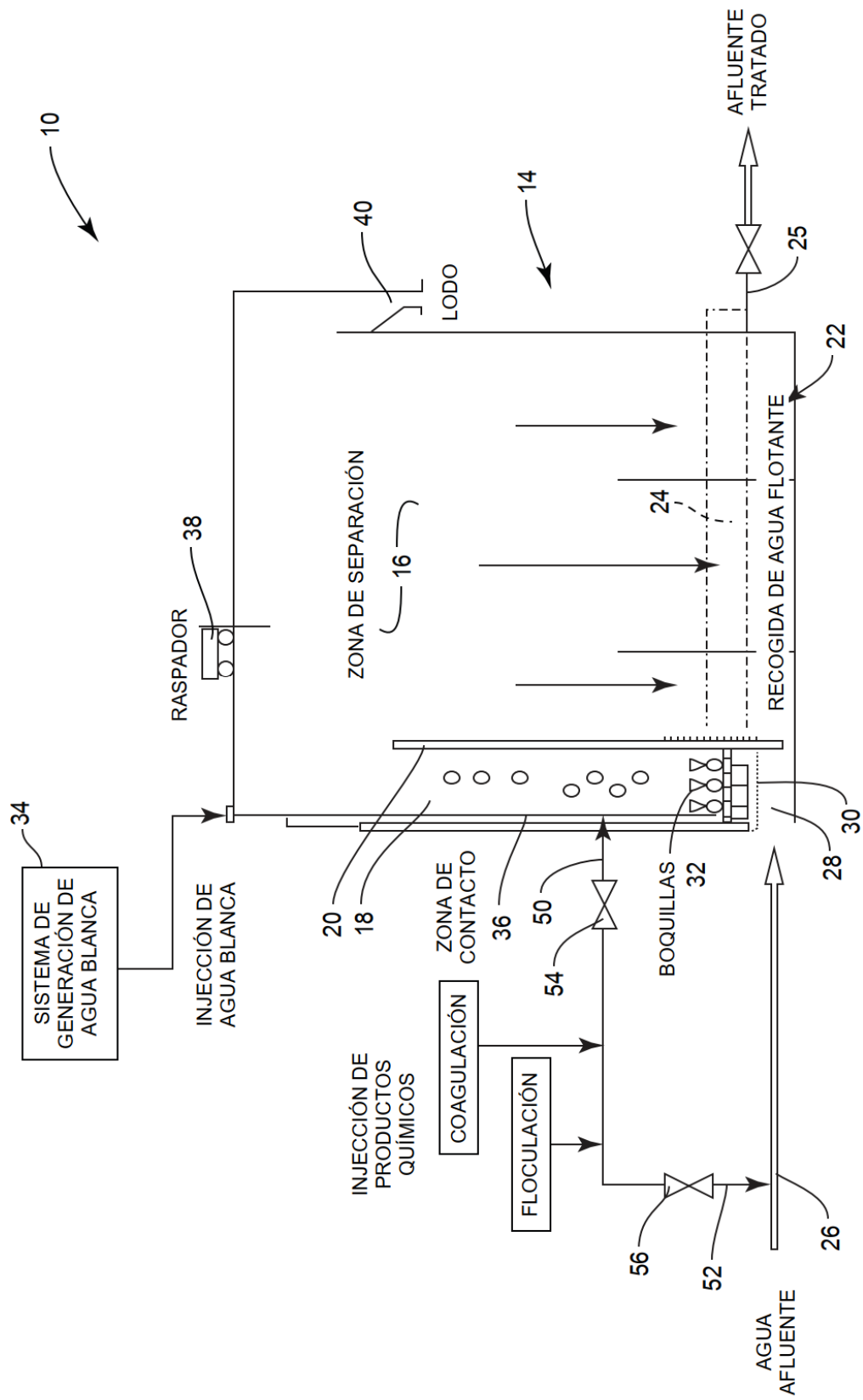


FIG. 2

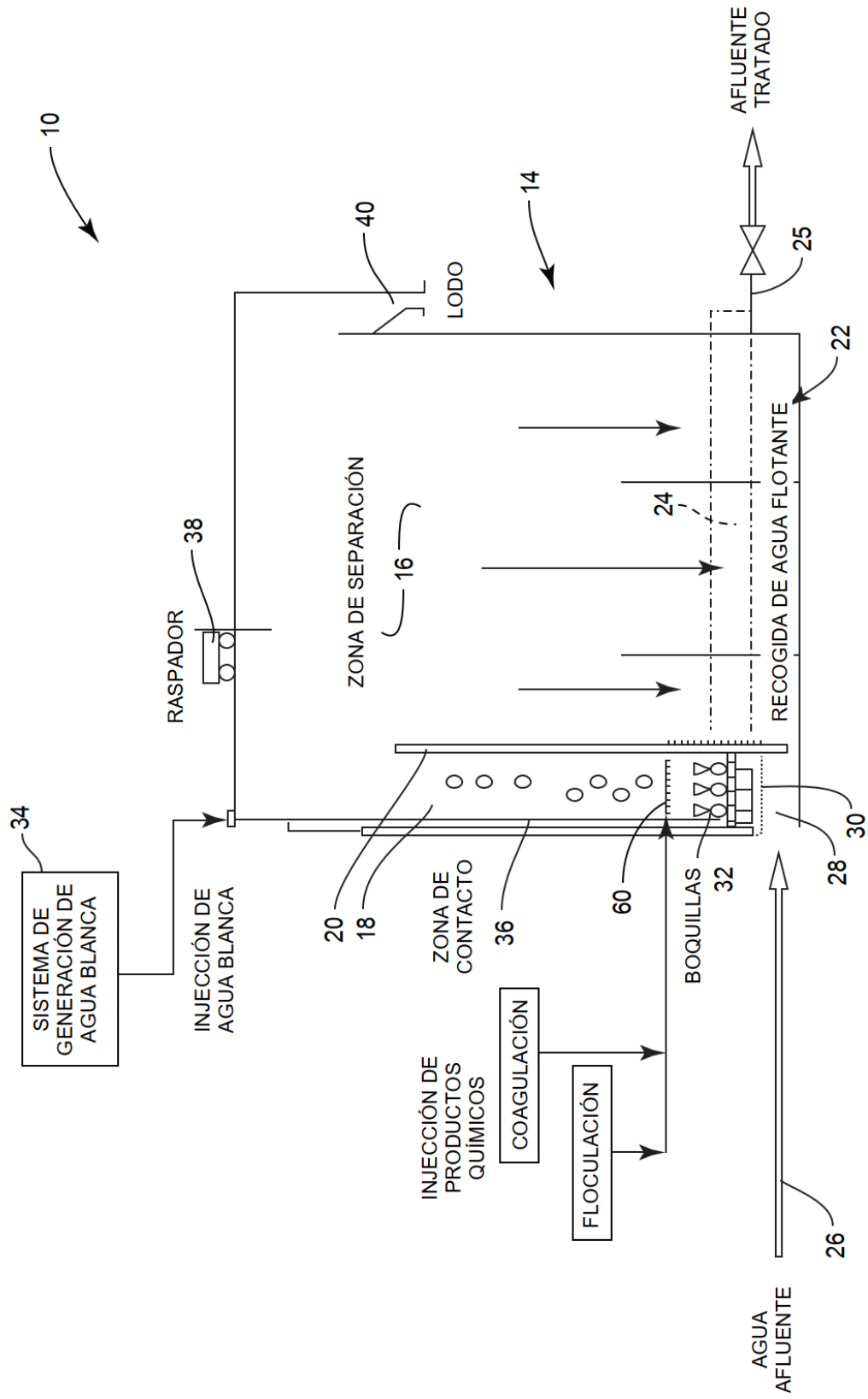


FIG. 2A

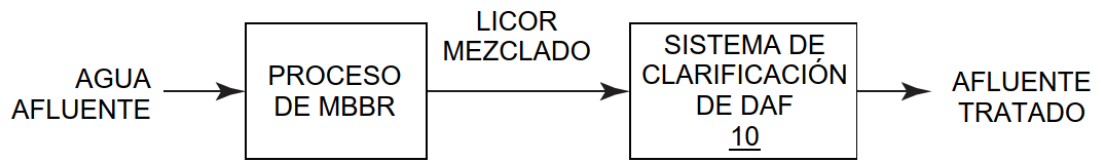


FIG. 3

PROCESO DE DAF SIN PRODUCTOS QUÍMICOS ADICIONALES
 ENTRADA DE SST - TENDENCIA DE SALIDA (28 m³/h - RC 15 % - 32,2 m/h - SIN PRODUCTOS QUÍMICOS)

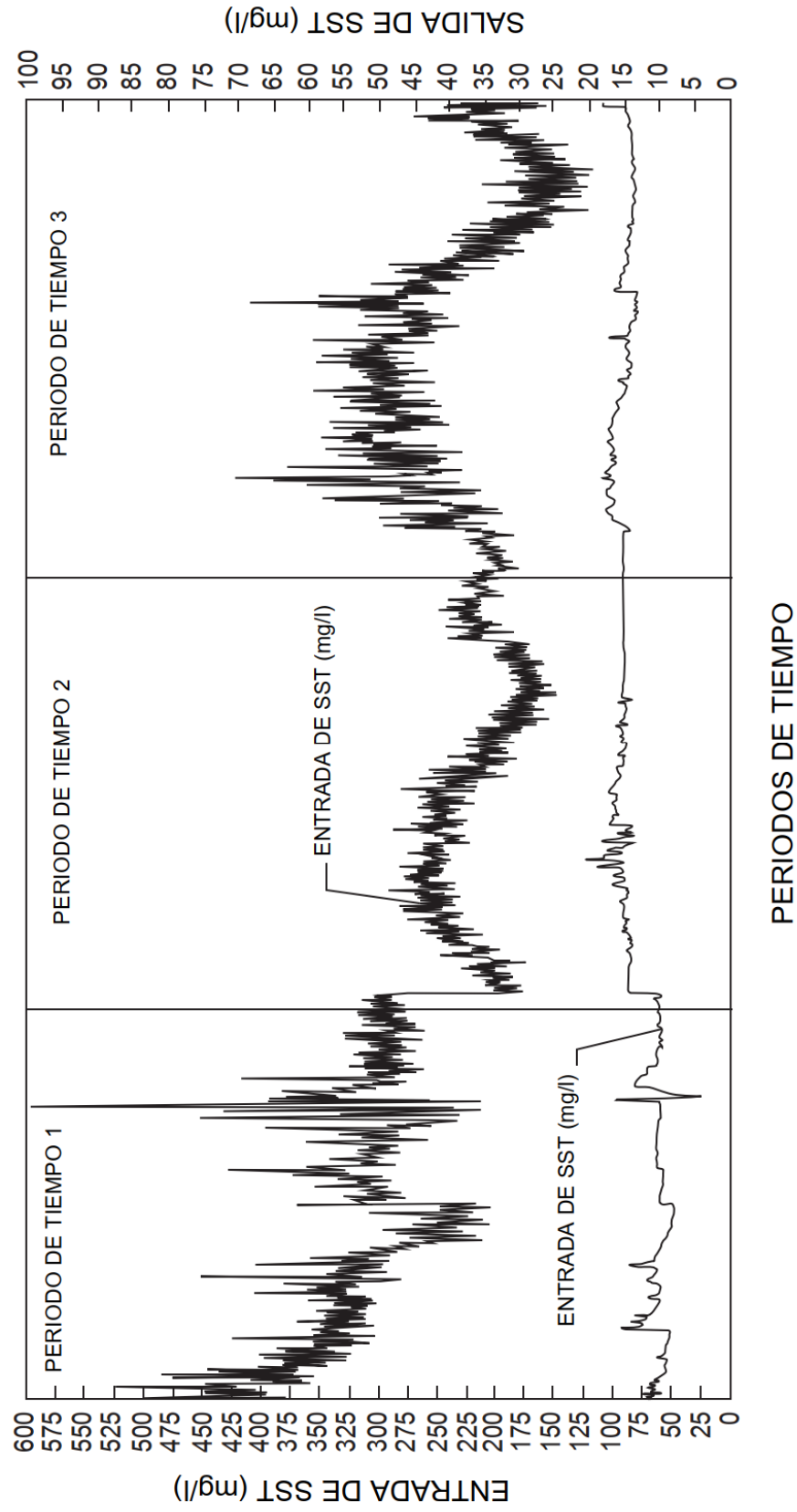


FIG. 4