

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 868 875**

51 Int. Cl.:

F01N 3/04 (2006.01)

F01N 13/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2018 E 18200320 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **07.08.2024 EP 3640444**

54 Título: **Sistema de limpieza de gases de escape y método para limpiar gases de escape**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente modificada:
03.02.2025

73 Titular/es:

ALFA LAVAL CORPORATE AB (100.00%)
P.O. Box 73
221 00 Lund, SE

72 Inventor/es:

MÖLGAARD, SÖREN y
LEEMREIZE, CASPER

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 868 875 T5

DESCRIPCIÓN

Sistema de limpieza de gases de escape y método para limpiar gases de escape

5 **Campo técnico**

La invención se refiere a un sistema de limpieza de gases de escape para limpiar los gases de escape a bordo de un barco, p. ej., de un motor marino, quemador o caldera. La invención también se refiere a un método para limpiar los gases de escape a bordo de un barco, p. ej., de un motor marino, quemador o caldera, por medio de un sistema de limpieza de gases de escape de este tipo.

Técnica anterior

Los barcos grandes suelen ser propulsados por motores que funcionan con combustible que contiene azufre. En la combustión de dicho combustible, se forman gases de escape que contienen óxidos de azufre (SOx). Los gases de escape normalmente también contienen material en forma de partículas, tal como hollín, aceite y metales pesados y óxidos de nitrógeno (NOx). Para reducir el impacto de los gases de escape en el medio ambiente, los gases de escape deben limpiarse antes de su liberación a la atmósfera. Por ejemplo, los gases de escape podrían pasar a través de un depurador para lavarlos con un fluido de depuración mediante el cual los contaminantes de los gases de escape quedan atrapados en el fluido de depuración.

El depurador podría ser un depurador de circuito abierto, que utiliza la alcalinidad natural del agua de mar para eliminar los óxidos de azufre de los gases de escape. Luego, el agua de mar se alimenta desde el mar a través del depurador para la absorción de SOx y material en forma de partículas de los gases de escape antes de descargarse directamente al mar.

De manera alternativa, el depurador podría ser un depurador de circuito cerrado que utiliza agua dulce o agua de mar en circulación en combinación con un agente alcalino tal como hidróxido de sodio (NaOH) o carbonato de sodio (Na₂CO₃) para eliminar los óxidos de azufre y el material en forma de partículas de los gases de escape. En tal depurador, las cantidades de sales acuosas de sulfito y sulfato, y el material en forma de partículas en el agua dulce o el agua de mar circulantes, aumentan gradualmente. De este modo, para controlar la calidad del agua dulce o del agua de mar en circulación, una pequeña cantidad puede ser reemplazada ocasional o continuamente por agua dulce o agua de mar limpia y ser almacenada en el barco o descargada por la borda después de la limpieza del material en forma de partículas.

El documento WO 2011/104302 describe un equipo de limpieza de gases de escape que comprende un depurador de circuito cerrado y un separador centrífugo para separar el fluido de depuración contaminado en una fase contaminante, que contiene la mayor parte del material en forma de partículas y fluido de depuración limpio. Aunque este equipo de limpieza de gases de escape funciona bien, es posible que no sea capaz de producir un fluido de depuración limpio lo suficientemente libre de material en forma de partículas como para descargarlo por la borda, especialmente si el flujo de fluido de depuración es alto. Si el fluido de depuración limpio no se puede descargar por la borda, debe almacenarse a bordo del barco para su posterior descarga.

El documento JP 2004 081933 divulga un equipo para el tratamiento de aguas residuales de un depurador de lavado de gases.

Sumario

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de limpieza de gases de escape para limpiar los gases de escape a bordo de un barco y un método para limpiar los gases de escape por medio de tal sistema que resuelva al menos parcialmente el problema mencionado anteriormente. El concepto básico de la invención es utilizar un separador centrífugo para eliminar la mayor parte del material en forma de partículas, también denominado PM en el presente documento, del fluido de depuración y luego un filtro de membrana para eliminar los residuos del material en forma de partículas del fluido de depuración y dejarlo lo suficientemente limpio como para ser descargado por la borda. El sistema de gases de escape y el método de acuerdo con la invención se definen en las reivindicaciones adjuntas y se analizan a continuación.

Se dispone un sistema de limpieza de gases de escape de acuerdo con la presente invención para limpiar los gases de escape a bordo de un barco. Este comprende un primer subsistema que incluye una unidad de depuración y un separador centrífugo. La unidad de depuración comprende un depurador dispuesto para lavar los gases de escape con un fluido de depuración. El separador centrífugo está dispuesto en comunicación con la unidad de depuración para recibir el fluido de depuración después del lavado y separarlo en una primera fracción y una segunda fracción, segunda fracción que está más contaminada, es decir, más sucia, que la primera fracción. El depurador comprende una entrada de gases de escape para recibir los gases de escape y una salida de gases de escape para extraer los gases de escape lavados. El sistema de limpieza de gases de escape está caracterizado por que comprende además un segundo subsistema que incluye un filtro de membrana. El filtro de membrana está dispuesto en comunicación con

el separador centrífugo para recibir la salida de la primera fracción del separador centrífugo y separarla en una tercera y una cuarta fracción, cuarta fracción que está más contaminada, es decir, más sucia, que la tercera fracción.

5 El sistema de limpieza de gases de escape podría disponerse para limpiar los gases de escape de un motor marino a bordo de un barco, un quemador marino a bordo de un barco o una caldera marina a bordo de un barco.

Cabe destacar que "comunicar" y "comunicación", a lo largo del texto, significan "comunicar directa o indirectamente" y "comunicación directa o indirecta", respectivamente. De forma similar, "recibir", "alimentar", etc., a lo largo del texto, significan "recibir directa o indirectamente" y "alimentar directa o indirectamente", respectivamente.

10 El separador centrífugo puede recibir todo, nada o algo del fluido de depuración de la unidad de depuración, y esto puede variar con el tiempo.

15 El filtro de membrana puede recibir todo, nada o algo de la primera fracción del fluido de depuración del separador centrífugo, y esto puede variar con el tiempo.

El separador centrífugo puede, por ejemplo, ser un separador de alta velocidad, un decantador o una combinación de los mismos.

20 El filtro de membrana puede ser, por ejemplo, polimérico o cerámico, o una combinación de los mismos. Además, el filtro de membrana puede ser del tipo de flujo cruzado.

25 Dado que el separador centrífugo puede recibir fluido de depuración de la unidad de depuración, se puede habilitar la limpieza o el fluido de depuración del material en forma de partículas absorbidas de los gases de escape. Además, en tanto que el filtro de membrana puede recibir la primera fracción del fluido de depuración, es decir, el fluido de depuración limpio, del separador centrífugo, se puede habilitar una mayor limpieza del fluido de depuración del material en forma de partículas absorbidas de los gases de escape.

30 Se puede disponer una entrada de fluido de depuración del depurador en comunicación con una salida de fluido de depuración del depurador. Así pues, la recirculación del fluido de depuración, es decir, un depurador de circuito cerrado, puede estar habilitada.

35 La unidad de depuración puede comprender además un tanque de circulación, en donde el tanque de circulación está en comunicación con el depurador, p. ej., con la salida de fluido de depuración del mismo, para recibir el fluido de depuración del depurador después del lavado, el tanque de circulación está en comunicación con el depurador, p. ej., con la entrada de fluido de depuración del mismo, para alimentar el fluido de depuración al depurador, y el tanque de circulación está en comunicación con el separador centrífugo para alimentar el fluido de depuración al separador centrífugo.

40 El separador centrífugo está en comunicación con la unidad de depuración para alimentar la primera fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración, p. ej., el depurador y/o el tanque de circulación, si este está presente, del mismo. Así pues, se hace posible un retorno de fluido de depuración limpiador a la unidad de depuración, lo que puede permitir que el nivel de material en forma de partículas del fluido de depuración en la unidad de depuración se mantenga suficientemente bajo.

45 El separador centrífugo puede alimentar todo, nada o una parte de la primera fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración, y esto puede variar con el tiempo.

50 El primer subsistema comprende además un módulo de conmutación que se comunica con el separador centrífugo, la unidad de depuración y el filtro de membrana. El módulo de conmutación está dispuesto para recibir la primera fracción de la salida de fluido de depuración del separador centrífugo y alimentar la primera fracción del fluido de depuración al filtro de membrana y/o la unidad de depuración.

55 El módulo de conmutación puede alimentar todo, nada o una parte de la primera fracción del fluido de depuración al filtro de membrana y/o la unidad de depuración, y esto puede variar con el tiempo.

El filtro de membrana puede estar en comunicación con la unidad de depuración para alimentar la cuarta fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración, p. ej., el depurador y/o el tanque de circulación, si este está presente, del mismo.

60 El filtro de membrana puede alimentar todo, nada o una parte de la cuarta fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración, y esto puede variar con el tiempo.

65 El segundo subsistema puede comprender además una unidad de análisis de agua dispuesta para determinar un número ≥ 1 de los valores de los parámetros de la tercera fracción del fluido de depuración. Los valores de los parámetros se pueden utilizar para decidir sobre la manipulación posterior de la tercera fracción del fluido de

depuración.

5 El filtro de membrana puede estar en comunicación con la unidad de depuración para alimentar la tercera fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración, es decir, el depurador o el tanque de circulación, si este está presente, del mismo, si al menos uno de dichos valores de parámetro excede o iguala un valor límite respectivo. Entonces, la tercera fracción del fluido de depuración puede estar demasiado sucia para ser descargada del sistema de gases de escape.

10 El sistema de limpieza de gases de escape puede estar dispuesto para descargar la tercera fracción del fluido de depuración del sistema de limpieza de gases de escape si cada uno de dichos valores de parámetros está por debajo de dicho valor límite respectivo. Por ejemplo, la tercera fracción del fluido de depuración puede descargarse por la borda, o en un tanque de almacenamiento temporal para su posterior descarga por la borda.

15 El primer subsistema puede comprender además una unidad de dosificación de productos químicos dispuesta para suministrar una sustancia química al fluido de depuración. Así pues, se puede optimizar la eficacia del sistema de limpieza de los gases de escape. Por ejemplo, la unidad de dosificación de productos químicos puede estar dispuesta para suministrar la sustancia química al fluido de depuración aguas abajo de la unidad de depuración y aguas arriba, es decir, antes de que lo reciba, el separador centrífugo. Además, la sustancia química puede contener un floculante y/o un coagulante. Así pues, se puede optimizar la eficiencia del separador centrífugo. Así mismo, la sustancia química puede contener un agente alcalino para ajustar el pH del fluido de depuración.

20 Adicionalmente, el primer subsistema puede comprender además una unidad de floculación aguas abajo de la unidad de dosificación de productos químicos y aguas arriba del separador centrífugo, dispuesta para contener el fluido de depuración antes de que sea recibido por el separador centrífugo para permitir un tiempo suficiente para la floculación. Así pues, la eficiencia del separador centrífugo puede optimizarse aún más.

30 Se dispone un método de acuerdo con la presente invención para limpiar los gases de escape a bordo de un barco por medio de un sistema de limpieza de los gases de escape. El método comprende lavar los gases de escape con un fluido de depuración en un depurador comprendido en una unidad de depuración, y separar el fluido de depuración, después del lavado, en un separador centrífugo, en una primera y una segunda fracción, segunda fracción que está más contaminada que la primera fracción. La unidad de depuración y el separador centrífugo están comprendidos en un primer subsistema del sistema de limpieza de gases de escape. El método se caracteriza además por que comprende hacer pasar la primera fracción del fluido de depuración a través de un filtro de membrana para separarlo en una tercera y una cuarta fracción, cuarta fracción que está más contaminada que la tercera fracción. El filtro de membrana está comprendido en un segundo subsistema del sistema de limpieza de gases de escape.

35 El método podría disponerse para limpiar los gases de escape de un motor marino a bordo de un barco, un quemador marino a bordo de un barco o una caldera marina a bordo de un barco.

40 El método puede comprender además hacer recircular el fluido de depuración a través del depurador.

El método comprende además alimentar la primera fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración desde el separador centrífugo.

45 El método puede comprender además alimentar la cuarta fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración.

El método puede comprender además determinar un número ≥ 1 de los valores de los parámetros de la tercera fracción del fluido de depuración.

50 El método puede comprender además alimentar la tercera fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración si al menos uno de dichos valores de parámetro excede o iguala un valor límite respectivo.

55 El método puede comprender además descargar la tercera fracción del fluido de depuración del sistema de limpieza de gases de escape si cada uno de dichos valores de parámetros está por debajo de dicho valor límite respectivo.

60 El método puede comprender además suministrar una sustancia química, que contiene, p. ej., un floculante y/o un coagulante y/o un agente alcalino de ajuste del pH, al fluido de depuración en el primer subsistema, p. ej., aguas abajo de la unidad de depuración y aguas arriba del separador centrífugo. Además, el método puede comprender mantener el fluido de depuración en una unidad de floculación después del suministro de la sustancia química y antes de que se alimente al separador centrífugo para permitir un tiempo suficiente para la floculación.

65 Las ventajas discutidas anteriormente de las diferentes realizaciones del sistema de limpieza de gases de escape de acuerdo con la invención también están presentes para las diferentes realizaciones correspondientes del método para limpiar los gases de escape de acuerdo con la presente invención.

Aún otros objetivos, característica, aspectos y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente

descripción detallada, así como a partir de los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

5 La invención se describirá ahora en mayor detalle haciendo referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que
 la figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra esquemáticamente un sistema de limpieza de gases de escape
 de acuerdo con la invención, y
 10 la figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra el método para limpiar los gases de escape de acuerdo con la
 invención.

Descripción detallada

15 La figura 1 ilustra un sistema 1 de limpieza de gases de escape que comprende un primer subsistema 3 y un segundo
 subsistema 5. A su vez, el primer subsistema 3 comprende una unidad de floculación 7, un separador centrífugo 9 en
 forma de separador de alta velocidad, un tanque de lodos 10, una unidad de dosificación de productos químicos 11,
 un módulo de conmutación 13 y una unidad de limpieza 15, unidad de depuración 15 que contiene un depurador 17 y
 un tanque de circulación 19. El segundo subsistema 5 comprende un filtro de membrana 21 de tipo flujo cruzado con
 20 un tamaño de poro de 0,15 micrómetros, una unidad de análisis de agua 23 y un módulo de conmutación 25. El sistema
 de limpieza de gases de escape está configurado para limpiar los gases de escape EG de un motor diésel marino 27
 a bordo de un barco (no ilustrado). Por consiguiente, el depurador 17 comprende una entrada de gases de escape 29
 para recibir los gases de escape EG del motor 27 y una salida de gases de escape 31 para liberar los gases de escape
 lavados EGW.

25 La figura 2 ilustra un método para limpiar los gases de escape EG del motor 27. Dentro del depurador 17, los gases
 de escape se lavan con un fluido de depuración SF (Etapa A) en forma de agua dulce que contiene un agente alcalino
 tal como hidróxido de sodio (NaOH). El depurador funciona de una forma convencional que no se describe más
 detalladamente en el presente documento. El fluido de depuración SF se alimenta desde el tanque de circulación 19
 al depurador 17 a través de una entrada 33 de fluido de depuración del mismo. En el interior del depurador 17, el fluido
 30 de depuración SF absorbe los contaminantes de los gases de escape EG para limpiarlos, después de lo cual el fluido
 de depuración SF se alimenta a través de una salida de fluido de depuración 35 de vuelta al tanque de circulación 19.
 Por tanto, la entrada de fluido de depuración 33 se comunica indirectamente, es decir, a través del tanque de
 circulación 19, con la salida de fluido de depuración 35, por lo que el fluido SF del depurador se recircula a través del
 depurador 17 (Etapa B).

35 Cuando el fluido de depuración SF se recircula a través del depurador 17, se contamina cada vez más. Para asegurar
 un funcionamiento eficiente del depurador 17, el fluido de depuración no debe contaminarse demasiado. Por
 consiguiente, una parte del fluido de depuración SF se bombea continuamente desde el tanque de circulación 19 para
 limpiarlo. Para asegurar una cantidad suficiente de fluido de depuración en el tanque de circulación 19, este se rellena
 40 con fluido de depuración para compensar el fluido de depuración bombeado. Esta reposición podría implicar la adición
 de agua dulce limpia y un agente alcalino del exterior del sistema de limpieza de gases de escape 1. Además, la
 reposición "interna" del fluido de depuración puede tener lugar mediante el retorno del fluido de depuración al tanque
 de circulación 19 después de la limpieza, tal como se describirá adicionalmente a continuación.

45 Una sustancia química, que contiene un coagulante en forma de poli(cloruro de aluminio) y el agente alcalino para
 ajustar el pH del fluido de depuración a 6,5, es proporcionado, por la unidad de dosificación de productos químicos 11,
 al fluido de depuración SF extraído por bombeo del tanque de circulación 19 (Etapa C) antes de ser recibido en una
 unidad de floculación 7 que se comunica con el tanque de circulación 19. Dentro de la unidad de floculación 7, el fluido
 50 de depuración SF que contiene coagulante se mantiene y se mezcla para permitir una floculación adecuada (etapa D)
 antes de que sea recibido por el separador centrífugo 9 que se comunica con la unidad de floculación 7 y, por lo tanto
 (indirectamente) con el tanque de circulación 9. El separador centrífugo 9 separa el fluido de depuración SF que
 contiene flocúlos en una primera y una segunda fracciones (Etapa E). La segunda fracción, que está más contaminada
 que la primera fracción, se descarga al tanque de lodos 10 (Etapa F). Lo que sucede con la primera fracción del
 limpiador depende del modo en el que se encuentre el sistema 1 de limpieza de gases de escape.

55 En un primer modo, el módulo de conmutación 13 está configurado de manera que el 100 % de la primera fracción se
 retroalimenta a la unidad de depuración 15, más particularmente el tanque de circulación 19 del mismo (Etapa G), que
 está en comunicación con el separador centrífugo 9, por lo que el tanque de circulación 19 se rellena con fluido de
 depuración limpio. En un segundo modo, el módulo de conmutación 13 está configurado de manera que x%, $0 \leq x$
 60 <100, de la primera fracción se retroalimenta al tanque de circulación 19 (Etapa G) para reponer la misma
 (dependiendo del valor de x), mientras que (100-x)% de la primera fracción se alimenta al filtro de membrana 21, que
 está en comunicación con el separador centrífugo 9. x es ajustable y puede mantenerse constante o variarse durante
 el funcionamiento del sistema de limpieza de gases de escape 1. Que el sistema de limpieza de gases de escape 1
 65 esté en el primer modo o en el segundo modo depende, entre otras cosas, de la cantidad de sales acuosas de sulfito
 y sulfato en el fluido de depuración, y la cantidad de fluido de depuración en el primer subsistema 3.

5 El filtro de membrana 21 separa la primera fracción en una tercera y cuarta fracciones (Etapa H). La cuarta fracción, que está más contaminada que la tercera fracción, se realimenta a la unidad de limpieza 15, más particularmente el tanque de circulación 19 de la misma (Etapa I), que está en comunicación con el filtro de membrana 21, por lo que el tanque de circulación 19 se rellena con fluido de depuración. Lo que le ocurra a la tercera fracción más limpia depende de cuán contaminada esté.

10 Un valor de turbidez, un valor de pH y un valor de PAH (hidrocarburos aromáticos policíclicos) de la tercera fracción son determinados por la unidad de análisis de agua 23 (etapa J) y se comunican al módulo de conmutación 25. El módulo de conmutación 25 está configurado de manera que, si uno o más de los valores de turbidez, valor de pH y valor de PAH exceden o igualan un valor límite respectivo, en este caso 25 NTU, 6,5 y 2250 ppb, respectivamente, la tercera fracción se retroalimenta a la unidad de depuración 15, más particularmente al tanque de circulación 19 de la misma (Etapa K), que está en comunicación con el filtro de membrana 21, por lo que el tanque de circulación 19 se rellena con fluido de depuración limpio. Además, si el valor de turbidez, el valor de pH y el valor de PAH son todos inferiores a los valores límite respectivos, la tercera fracción se descarga del sistema de limpieza de gases de escape 1 (etapa L), por la borda o a un tanque de almacenamiento temporal (no ilustrado) para su descarga posterior, por ejemplo, si el barco se encuentra en una zona donde está prohibida la descarga por la borda.

20 De este modo, el fluido de depuración extraído del tanque de circulación 19 se limpia primero por medio del separador centrífugo 9. El separador centrífugo 9 elimina eficientemente la mayor parte de la material en forma de partículas y es capaz de manejar niveles muy altos de PM sin bloquearse. De este modo, el separador centrífugo 9 es capaz y adecuado para mantener el fluido de depuración circulando en el primer subsistema 3 del sistema de limpieza de gases de escape 1 suficientemente libre de PM. Sin embargo, si el flujo de fluido de depuración en el primer subsistema 3 es alto, el separador centrífugo 9 puede ser incapaz de eliminar suficiente material en forma de partículas para hacer que el fluido de depuración esté lo suficientemente limpio como para ser descargado por la borda. A continuación, la fracción limpiada, en este caso la primera, del fluido de depuración se limpia adicionalmente por medio del filtro de membrana 21. El filtro de membrana 21 elimina eficientemente casi todo el material en forma de partículas restante. Dado que el fluido de depuración alimentado a través del filtro de membrana 21 ha sido previamente limpiado por el separador centrífugo 9, el nivel de PM en el fluido de depuración es lo suficientemente bajo como para no obstruir el filtro de membrana 21. Así pues, se habilita un flujo a través del filtro de membrana significativamente mayor de lo normal.

25 Los componentes del sistema de limpieza de gases de escape descrito anteriormente están conectados mediante tuberías adecuadas para permitirles comunicarse de la manera especificada anteriormente. Además, el sistema de gases de escape descrito anteriormente puede comprender componentes adicionales para que funcione correctamente, tal como bombas, válvulas, sensores, unidades de análisis de agua adicionales, unidades de control, etc. Como un ejemplo, el sistema de gases de escape puede comprender un medidor de pH o un sensor entre el depurador y el tanque de circulación para medir el pH del fluido de depuración. Este medidor de pH puede comunicarse con la unidad de dosificación de productos químicos 11.

40 Cabe destacar que las etapas del método de acuerdo con la invención se han denominado Etapa A, Etapa B, etc. solo con fines de identificación. De este modo, no es necesario realizar las etapas en el orden específico Etapa A, Etapa B, etc. Además, se pueden omitir una o más etapas en realizaciones alternativas.

45 La realización descrita anteriormente de la presente invención se debería ver únicamente como un ejemplo. Un experto en la materia se dará cuenta de que la realización expuesta se puede variar en un número de maneras sin desviarse del concepto inventivo.

50 Como ejemplo, el sistema de limpieza de los gases de escape podría funcionar con otros coagulantes distintos de los especificados anteriormente, con un floculante, por ejemplo, un polímero, en lugar de un coagulante, o con una mezcla de coagulante y floculante.

El filtro de membrana puede tener un tamaño de poro diferente al indicado anteriormente, tanto más grande como más pequeño.

55 En la realización descrita anteriormente, la unidad de análisis de agua 23 está dispuesta para determinar un valor de turbidez, un valor de pH y un valor de PAH de la tercera fracción del fluido de depuración y la manipulación de la tercera fracción depende de estos valores. En realizaciones alternativas, la unidad de análisis de agua puede estar dispuesta para determinar solo uno o dos de estos parámetros, parámetros adicionales y/u otros parámetros.

60 No es necesario que el sistema de limpieza de los gases de escape comprenda un tanque de circulación. De este modo, en una realización alternativa, el separador centrífugo 9 podría disponerse para alimentar la primera fracción al depurador 17 en lugar de a un tanque de circulación.

65 No es necesario que el fluido de depuración comprenda agua dulce y un agente alcalino, sino que podría comprender agua de mar y un agente alcalino o una combinación de los mismos.

Debería enfatizarse que los atributos primero, segundo, tercero, etc. se utiliza en el presente documento solo con fines distintivos y no para expresar ningún tipo de orden específico.

5 Cabe destacar que se ha omitido una descripción de los detalles no pertinentes para la presente invención y que las figuras son únicamente esquemáticas y no están dibujadas a escala.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de limpieza de gases de escape (1) para limpiar los gases de escape (EG) a bordo de un barco, sistema de limpieza de gases de escape (1) que comprende un primer subsistema (3) que incluye
- 5 una unidad de depuración (15) que comprende un depurador (17) dispuesto para lavar los gases de escape (EG) con un fluido de depuración y un separador centrífugo (9) dispuesto en comunicación con la unidad de depuración (15) para recibir el fluido de depuración después del lavado y separarlo en una primera fracción y una segunda fracción, segunda fracción que
- 10 está más contaminada que la primera fracción, en donde el depurador (17) comprende una entrada de gases de escape (29) para recibir los gases de escape (EG) y una salida de gases de escape (31) para extraer los gases de escape lavados (EGW), comprendiendo además el sistema de limpieza de gases de escape (1)
- 15 un segundo subsistema (5) que incluye un filtro de membrana (21) dispuesto en comunicación con el separador centrífugo (9) para recibir la salida de la primera fracción del separador centrífugo (9) y separarla en una tercera y una cuarta fracción, cuarta fracción que está más contaminada que la tercera fracción, estando el sistema de limpieza de gases de escape (1) **caracterizado por que** el separador centrífugo (9) está en comunicación con la unidad de depuración (15) para alimentar la primera fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración (15),
- 20 en donde el primer subsistema (3) comprende además un módulo de conmutación (13) en comunicación con el separador centrífugo (9), la unidad de depuración (15) y el filtro de membrana (21), en donde el módulo de conmutación (13) está dispuesto para recibir la salida de la primera fracción del separador centrífugo (9) y alimentar la primera fracción del fluido de depuración al filtro de membrana (21) y/o a la unidad de depuración (15), en donde, en un primer modo, el módulo de conmutación (13) está configurado de tal manera que el 100 % de la
- 25 primera fracción se devuelve a la unidad de depuración (15), y, en un segundo modo, el módulo de conmutación (13) está configurado de tal manera que el x%, $0 \leq x < 100$, de la primera fracción se devuelve a la unidad de depuración (15), mientras que el (100-x)% de la primera fracción se devuelve al filtro de membrana (21).
- 30 2. Sistema de limpieza de gases de escape (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una entrada de fluido de depuración (33) del depurador (17) está dispuesta en comunicación con una salida de fluido de depuración (35) del depurador (17).
- 35 3. Sistema de limpieza de gases de escape (1) de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la unidad de depuración (15) comprende además un tanque de circulación (19), en donde el tanque de circulación (19) está en comunicación con el depurador (17) para recibir el fluido de depuración desde el depurador (17) después del lavado, el tanque de circulación (19) está en comunicación con el depurador (17) para alimentar el fluido de depuración al depurador (17), y el tanque de circulación (19) está en comunicación con el separador centrífugo (9) para alimentar el fluido de depuración al separador centrífugo (9).
- 40 4. Sistema de limpieza de gases de escape (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el filtro de membrana (21) está en comunicación con la unidad de depuración (15) para alimentar la cuarta fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración (15).
- 45 5. Sistema de limpieza de gases de escape (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el segundo subsistema (5) comprende además una unidad de análisis de agua (23) dispuesta para determinar un número ≥ 1 de los valores de los parámetros de la tercera fracción del fluido de depuración.
- 50 6. Sistema de limpieza de gases de escape (1) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el filtro de membrana (21) está en comunicación con la unidad de depuración (15) para alimentar la tercera fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración (15) si al menos uno de dichos valores de parámetro excede o iguala un valor límite respectivo.
7. Sistema de limpieza de gases de escape (1) de acuerdo con la reivindicación 6, dispuesto para descargar la tercera fracción del fluido de depuración del sistema de limpieza de gases de escape (1) si cada uno de dichos valores de
- 55 parámetro está por debajo de dicho valor límite respectivo.
8. Método para limpiar los gases de escape a bordo de un barco mediante un sistema de limpieza de los gases de escape, que comprende
- 60 lavar los gases de escape con un fluido de depuración en un depurador comprendido en una unidad de depuración (Etapa A), y separar el fluido de depuración, después del lavado, en un separador centrífugo, en una primera y una segunda fracción (Etapa E), segunda fracción que está más contaminada que la primera fracción,
- 65 en donde la unidad de depuración y el separador centrífugo están comprendidos en un primer subsistema del sistema de limpieza de gases de escape, comprendiendo además el método

- hacer pasar la primera fracción del fluido de depuración a través de un filtro de membrana para separarla en una tercera y una cuarta fracción (Etapa H), cuarta fracción que está más contaminada que la tercera fracción, en donde el filtro de membrana está comprendido en un segundo subsistema del sistema de limpieza de gases de escape,
- 5 estando el método **caracterizado** además **por que** comprende alimentar la primera fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración desde el separador centrífugo (Etapa G),
- 10 en donde el primer subsistema comprende además un módulo de conmutación en comunicación con el separador centrífugo, la unidad de depuración y el filtro de membrana, en donde el módulo de conmutación está dispuesto para recibir la salida de la primera fracción del separador centrífugo y alimentar la primera fracción del fluido de depuración al filtro de membrana y/o a la unidad de depuración,
- 15 en donde, en un primer modo, el módulo de conmutación está configurado para que el 100 % de la primera fracción se devuelva a la unidad de depuración, y, en un segundo modo, el módulo de conmutación está configurado de tal manera que el x%, $0 \leq x < 100$, de la primera fracción se devuelva a la unidad de depuración, mientras que el (100-x)% de la primera fracción se devuelva al filtro de membrana.
9. Método de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende además recircular el fluido de depuración a través del depurador (Etapa B).
- 20 10. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-9, que comprende además alimentar la cuarta fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración (Etapa I).
- 25 11. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, que comprende además determinar un número ≥ 1 de los valores de los parámetros de la tercera fracción del fluido de depuración (Etapa J).
- 30 12. Método de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende además alimentar la tercera fracción del fluido de depuración a la unidad de depuración si al menos uno de dichos valores de parámetro excede o iguala un valor límite respectivo (Etapa K).
13. Método de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además descargar la tercera fracción del fluido de depuración del sistema de limpieza de gases de escape si cada uno de dichos valores de parámetro está por debajo de dicho valor límite respectivo (Etapa L).

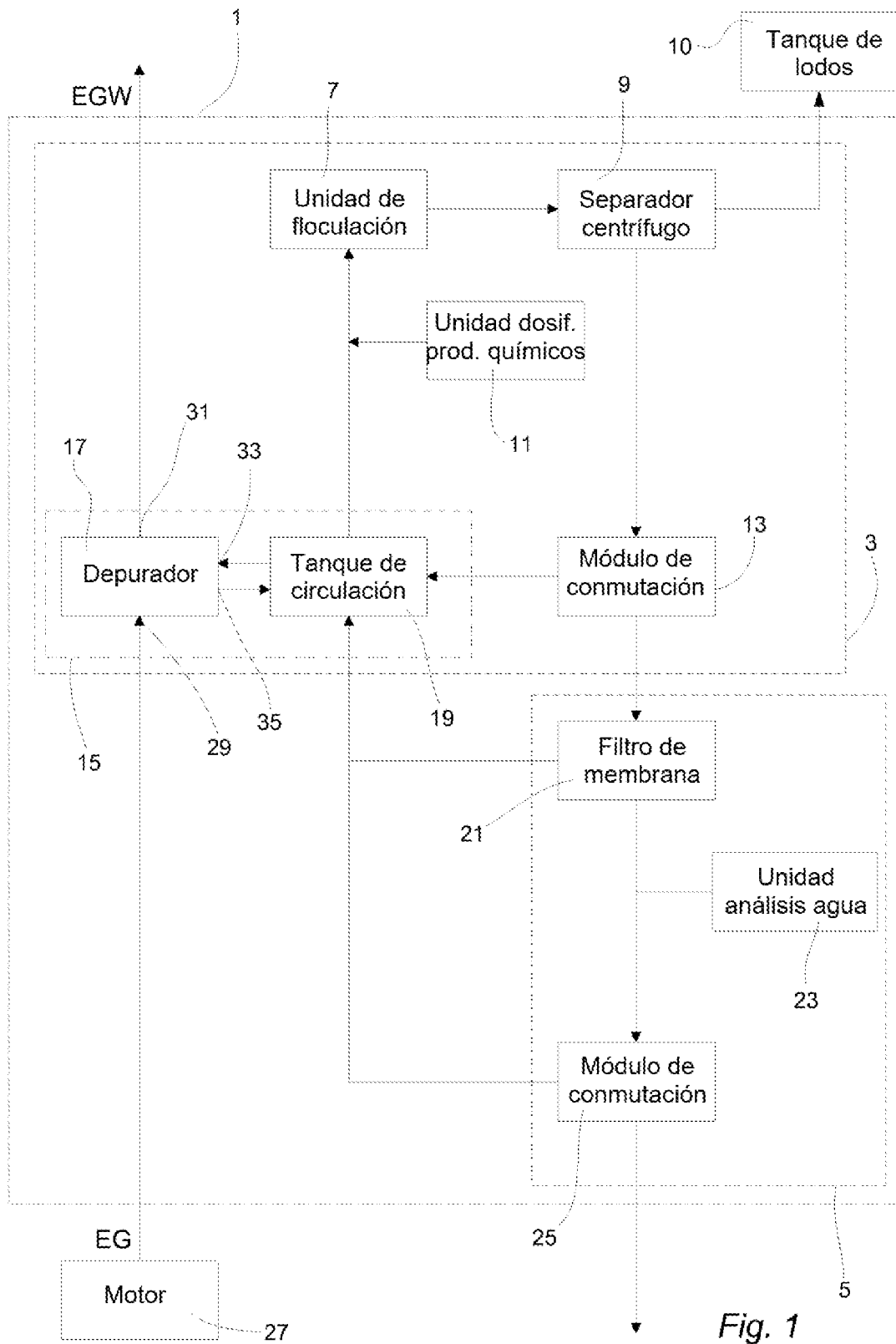


Fig. 1

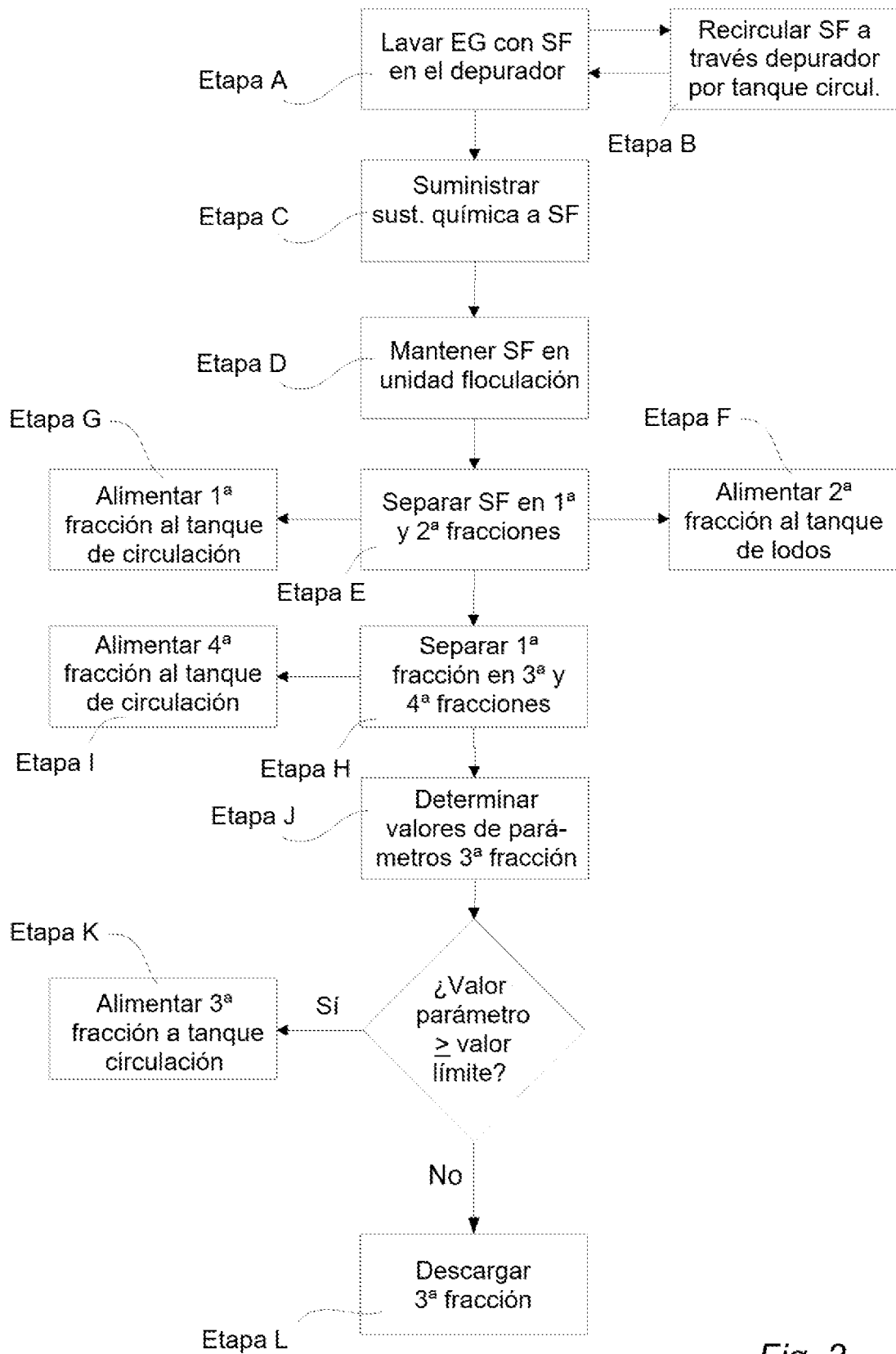


Fig. 2