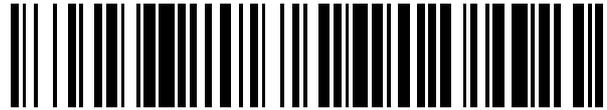


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 471**

51 Int. Cl.:

**B63J 4/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.12.2012 PCT/GB2012/053270**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2013 WO13093527**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2012 E 12813428 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2018 EP 2800907**

54 Título: **Aparato y método para bombear líquidos**

30 Prioridad:

**22.12.2011 GB 201122211**

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

**18.05.2018**

73 Titular/es:

**COLDHARBOUR MARINE LIMITED (100.0%)  
Baxter House, Robey Close, Linby  
Nottinghamshire NG15 8AA , GB**

72 Inventor/es:

**WHITESIDE, RICHARD ERIC**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 668 471 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**

Aparato y método para bombear líquidos

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un aparato de bomba de elevación de gas y a un método de bombear líquidos por elevación de gas. En particular, pero no exclusivamente, algunas realizaciones de la presente invención se refieren a la circulación de líquidos en un tanque de almacenamiento de líquidos.

**Antecedentes**

10 Existe el problema de que las especies acuáticas perjudiciales (ANS) tales como los mejillones Zebra se transportan entre lugares tales como puertos de diferentes países en los tanques de lastre de los buques marítimos. Las especies acuáticas perjudiciales se pueden definir como organismos acuáticos, no nativos que amenazan la diversidad o abundancia de especies nativas, la estabilidad ecológica de las aguas afectadas o las actividades comerciales, agrícolas, acuícolas o recreativas. Se han propuesto diversas medidas para evitar la invasión de un entorno por parte de las ANS, incluida la purga de tanques de lastre en el mar antes de que un buque entre en un área sensible a las ANS. La técnica anterior muestra una bomba de elevación de gas para ese fin en el documento  
 15 GB 2470070. Sin embargo, la purga de un tanque de lastre requiere vaciar y rellenar el tanque de lastre. Se comprenderá que tal procedimiento puede tener un efecto adverso sobre la estabilidad de un buque, particularmente en mares agitados y no resulta apropiado en determinados casos.

**Exposición de la invención**

La invención proporciona un aparato y un método como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

20 En una realización, un aparato de bomba de elevación de gas comprende:

una columna que usa una parte sustancialmente vertical a través de la cual un medio líquido puede ser bombeado por elevación de gas; y

un dispositivo de suministro de fluido para suministrar un flujo de un fluido gaseoso a la columna en una primera posición de la columna,

25 en el que la columna comprende una porción de elevación que tiene una pared no perforada, sustancialmente continua, y una porción perforada que es una porción que tiene una pared perforada, sirviendo el dispositivo de suministro de fluidos para suministrar el flujo de fluido gaseoso en la porción de elevación en la que el fluido gaseoso se eleva a través de la porción de elevación una primera distancia antes de entrar en la porción perforada.

30 Por pared perforada se entiende la pared que tiene al menos una abertura formada en la misma. Ventajosamente, la parte perforada tiene una pluralidad de aberturas formadas en la pared de la misma.

35 Las realizaciones de la invención tienen la ventaja de que el medio líquido puede recircularse en un tanque de almacenamiento de líquido por medio del aparato incluso si un nivel de líquido en el tanque de almacenamiento oscila en profundidad en un amplio rango de profundidades. Esto se debe a que el líquido que se bombea a través de la columna puede salir de la columna a través de perforaciones en la porción perforada de la columna si la propia columna no está sumergida por completo en el líquido. Por lo tanto, no se requiere líquido para viajar a un extremo libre (superior) de la columna antes de salir de la columna, pero puede salir de la columna lateralmente a través de una pared de la columna por medio de las perforaciones.

40 En algunas disposiciones, el aparato sirve para suministrar un flujo de fluido gaseoso en la columna solo en la primera posición. En otras palabras, no existen otros lugares en los que se inyecte el fluido gaseoso en la columna. En algunas realizaciones, una pluralidad de dispositivos de suministro de fluido puede cada uno suministrar un flujo de fluido gaseoso en la columna sustancialmente en la primera posición. En algunas disposiciones alternativas, el fluido gaseoso puede inyectarse en una o más posiciones a lo largo de una longitud de la columna además de la primera posición.

45 La característica de que el fluido gaseoso se inyecte en la parte de elevación permite que el aparato establezca el bombeo del líquido a través de la columna antes de que el gas entre en la parte perforada de la columna donde se reduce la presión diferencial entre el líquido en la columna y el líquido externo a la columna.

50 Debe entenderse que las realizaciones de la invención tienen la ventaja inesperada de que, una vez que se establece el bombeo del líquido a través de la columna, el gas inyectado en la columna queda arrastrado en el flujo ascendente del líquido y el líquido en la columna tiende a permanecer en el columna a medida que se eleva hacia arriba. Esto se debe a que la presión a la que está sometido el líquido en la columna es menor que la del líquido fuera de la columna, debido a la presencia de burbujas de gas en el líquido que reducen la masa de la columna de líquido. Por consiguiente, el gas arrastrado tiende a permanecer dentro de la columna donde también está sometido a una presión menor.

- 5 Cualquier gas que escape de la columna a través de las perforaciones en la misma se puede transferir de nuevo a la columna debido al gradiente de contrapresión establecido entre el líquido en un interior de la columna y el líquido externo a la columna. Parte del gas que escapa de la columna puede quedar atrapado en una región límite o capa límite que rodea la columna y se eleva dentro de esta región límite a una superficie del líquido.
- El líquido (y el gas arrastrado) tienden a elevarse dentro de la columna y salir de la columna en o cerca de una superficie del líquido a través de las perforaciones en la pared lateral. Si la columna está completamente sumergida, el líquido con gas retenido puede salir de la columna en un extremo libre de la columna sin tener que pasar a través de la pared lateral.
- 10 Ventajosamente, una distancia axial de la primera posición de la columna desde la porción perforada de la columna puede ser una distancia mayor o sustancialmente igual a básicamente diez veces el diámetro medio de la columna en la primera posición.
- Opcionalmente, una distancia axial de la primera posición de la columna desde la porción perforada de la columna corresponde a un múltiplo del diámetro medio de la columna en la primera posición, siendo el múltiplo uno seleccionado de entre 10 a 15, de 15 a 20 y más de 20 diámetros.
- 15 Ventajosamente, el aparato puede comprender además un generador de energía sónica, sirviendo el generador para lanzar energía sónica dentro de un medio líquido que fluye a través de la columna.
- 20 Debe entenderse que por el término "lanzar" se entiende que el generador sirve para transmitir la energía sónica al medio líquido. Por lo tanto, el generador de energía sónica puede lanzar energía sónica (ondas de sonido) en el medio líquido. El dispositivo en sí puede generar ondas de choque sónicas. Además o en su lugar, el dispositivo puede generar ondas sónicas que no sean ondas de choque. Las ondas sonoras lanzadas al medio líquido pueden ser ondas de sonido ordinarias y no ondas de choque.
- El generador de energía sónica puede proporcionarse o ser adicional al dispositivo de suministro de fluido.
- 25 El generador sónico puede estar dispuesto como generador de ondas sónicas con una frecuencia fundamental en el rango de 20-50 kHz, opcionalmente en el rango de 20-25 kHz. En algunas realizaciones, el generador sónico puede estar dispuesto para generar ondas sónicas con una frecuencia fundamental de aproximadamente 22 kHz. Las ondas se pueden generar con armónicos a 44 y 88 kHz. También resultan útiles otras disposiciones.
- La ventaja de esta característica es que el generador sónico puede provocar el colapso de las burbujas de gas presentes en el medio líquido. Esto puede dar como resultado la destrucción de especies perjudiciales acuáticas que pueden, por ejemplo, pegarse a una pared de las burbujas, por ejemplo, las ANS bacterianas.
- 30 El aparato puede servir para ajustar la frecuencia de energía sónica generada por el generador.
- En realizaciones en las que se obtiene energía sónica a una frecuencia de resonancia asociada con el generador, el aparato puede servir para ajustar la frecuencia de resonancia.
- 35 Ventajosamente, el generador de energía sónica puede comprender un miembro de boquilla que sirve para dirigir un flujo de fluido gaseoso hacia o a través de una entrada a un miembro receptor provisto en relación aparte separada del miembro de boquilla, definiendo el miembro receptor una cavidad abierta, para excitar la resonancia del fluido gaseoso en el miembro receptor para generar la energía sónica.
- 40 Debe entenderse que las dimensiones de la boquilla y del miembro receptor (que también puede describirse como un miembro de cavidad resonante) se pueden seleccionar para proporcionar una frecuencia específica de oscilación de una columna de aire en la cavidad. En algunas realizaciones, el aparato está situado donde el gas emerge de la boquilla a velocidad supersónica y forma una onda de presión estable. Alternativamente, el gas puede emerger de la boquilla a velocidad subsónica y formar una onda de presión estable.
- Se puede ajustar un espacio entre la boquilla y el miembro receptor de manera que un extremo abierto del miembro receptor se sitúe en una posición óptima con respecto a la onda de presión.
- 45 Debe entenderse que la energía acústica asociada con la columna de aire oscilante se irradia hacia el exterior en el gas circundante.
- El aparato sirve para hacer que se establezca una onda estable sónica tal como una onda estable ultrasónica entre el miembro de boquilla y el miembro receptor.
- Opcionalmente, el aparato puede funcionar para dirigir un flujo supersónico de fluido gaseoso a través de la boquilla.
- 50 Ventajosamente, el aparato puede servir para establecer un patrón estable de ondas de choque entre la boquilla y el miembro receptor.

El aparato puede servir para ajustar una distancia entre el miembro receptor y la boquilla.

Ventajosamente, el aparato puede servir para ajustar una profundidad de la cavidad definida por el miembro receptor.

- 5 Esta característica tiene la ventaja de que el aparato puede ajustarse para mejorar una magnitud de energía sónica de una frecuencia requerida que genera el aparato. En algunas disposiciones, esta característica puede permitir el ajuste de una frecuencia de energía sónica generada por el aparato.

Opcionalmente, el miembro receptor está acoplado sustancialmente de forma directa a la columna en la que se puede lanzar la energía sónica en el medio líquido que fluye a través de la columna.

- 10 Por "acoplado de forma directa" se entiende que el miembro receptor está en contacto sustancialmente directo con la columna por lo que la energía sónica se comunica al líquido a través de la propia columna.

El miembro receptor puede estar acoplado directamente a la columna por lo que la columna vibra a una frecuencia correspondiente a la de las ondas sónicas generadas por el dispositivo para introducir las ondas sónicas en el líquido en la columna.

- 15 Debe entenderse que la energía sónica lanzada en la columna puede ser en forma de ondas sónicas ordinarias y no de ondas sónicas de choque. Las ondas pueden ser de una frecuencia determinada por el dispositivo, tal como una frecuencia ultrasónica.

Ventajosamente, el miembro receptor está provisto dentro de una cámara, estando dispuesta la boquilla para dirigir un flujo de fluido gaseoso hacia o a través de la entrada al miembro receptor en el que se generan ondas de presión sónica dentro de la cámara.

- 20 Debe entenderse que en algunas realizaciones la propia cámara puede estar dispuesta para resonar debido a la resonancia del aire en e inmediatamente fuera del miembro receptor. Por lo tanto, en algunas realizaciones, el aire en e inmediatamente fuera del miembro receptor puede estar dispuesto para resonar en un armónico de la cámara u opcionalmente en dos o más armónicos.

La cámara puede ser definida alternativamente como una carcasa.

- 25 Además, ventajosamente, el miembro de boquilla y el miembro receptor pueden estar situados dentro de la cámara.

- 30 Por lo tanto, el proceso de inyectar gas desde el miembro de boquilla al miembro receptor que da como resultado la resonancia del gas puede tener lugar sustancialmente por completo dentro del entorno definido por la cámara. Este entorno puede ser un entorno sustancialmente lleno de gas bajo condiciones normales de uso. Por lo tanto, cualquier medio líquido que pueda entrar en la cámara cuando el gas no está fluyendo a través del miembro de boquilla puede ser expulsado cuando se introduce gas en la cámara a través del miembro de boquilla.

Ventajosamente, la cámara puede estar provista de comunicación acústica con el medio líquido que fluye a través de la columna.

Ventajosamente, la cámara puede estar situada dentro de la columna.

- 35 En algunas disposiciones, puede disponerse una corriente de flujo del medio líquido a través de la columna para fluir en contacto directo con la cámara.

Ventajosamente, el generador de energía sónica puede servir para comunicar energía sónica en el medio líquido por medio de un diafragma flexible.

El diafragma flexible (que también se puede denominar membrana) puede proporcionar medios de amplificación para aumentar la amplitud de la energía sónica lanzada al medio líquido.

- 40 El diafragma flexible puede estar dispuesto para reducir una falta de coincidencia entre una impedancia del generador sónico y una impedancia del medio líquido.

Opcionalmente, el diafragma está dispuesto para resonar a una frecuencia correspondiente a la de la energía sónica generada por el generador sónico.

- 45 Ventajosamente, el diafragma está formado por al menos uno seleccionado de entre un material metálico y un material polimérico.

El diafragma puede estar dispuesto para proporcionar medios de amplificación en combinación con una cámara o alojamiento sustancialmente en forma de bocina. También son útiles otras disposiciones.

Por forma de bocina se entiende que el diámetro de la cámara aumenta en un sentido hacia el diafragma que puede estar dispuesto para sellar un extremo libre de la cámara de una manera sustancialmente hermética al aire. El

diámetro de la cámara puede aumentar de manera que en una vista lateral, una pared de la cámara sobresale hacia fuera de una manera sustancialmente curva.

Ventajosamente, el miembro receptor puede montarse en el diafragma para acoplar la energía sónica generada por el generador al medio líquido en un lado opuesto del diafragma.

- 5 Ventajosamente, el diafragma puede estar dispuesto para resonar de un modo en el que el miembro receptor permanezca sustancialmente estacionario.

Esta característica tiene la ventaja de que la distancia entre el miembro receptor y el miembro de boquilla pueda mantenerse sustancialmente constante mientras que al mismo tiempo permite un mejor acoplamiento entre el miembro receptor y el diafragma (y por lo tanto el medio líquido) en virtud del hecho de que el miembro receptor está acoplado al diafragma.

10 Opcionalmente, el miembro receptor está provisto de una abertura en una pared basal del mismo, por lo que la energía sónica puede acoplarse al diafragma.

Ventajosamente, el diafragma puede estar dispuesto para definir una pared de la cámara.

- 15 Ventajosamente, puede tener al menos una parte de la cámara que tenga un área de sección transversal que aumente en función de la distancia desde el miembro de boquilla.

Esta porción de la cámara puede formar una "cámara de amplificación", una "bocina" o una "bocina acústica". El diafragma puede proporcionar una pared de la cámara de amplificación a través de una región de área de sección transversal aumentada con relación a otra porción de la cámara, para mejorar así una eficacia con la que se puede acoplar energía sónica en el medio líquido.

- 20 La cámara de amplificación puede aumentar en el área de sección transversal de forma lineal o de acuerdo con una relación matemática prescrita alternativa. En algunas realizaciones, una pared interna de la cámara puede conformarse para corresponder a una curva, opcionalmente a una curva logarítmica.

Ventajosamente, al menos una porción de la cámara puede tener una sección transversal sustancialmente cónica.

Opcionalmente, al menos una parte de la cámara tiene una forma sustancialmente cónica.

- 25 Opcionalmente además, la al menos una parte de la cámara puede tener una forma sustancialmente troncocónica. El dispositivo de suministro de fluido comprende el generador sónico, en el que el fluido gaseoso empleado para generar energía sónica está dispuesto para ser inyectado en la columna para bombear fluido a través de la columna.

Por lo tanto, se puede disponer un proceso de suministro de fluido gaseoso (o "gas") a la columna para generar energía sónica.

- 30 Alternativamente, el fluido gaseoso empleado para generar energía sónica puede disponerse para no ser inyectado en la columna.

Por lo tanto, en algunas disposiciones, el fluido gaseoso puede ventilarse a la atmósfera, almacenarse en un tanque de almacenamiento o volver a presurizarse para su uso en el funcionamiento continuo del generador de energía sónica. En algunas realizaciones en las que se use un gas que pueda no ser inyectado en el medio líquido, el gas puede por lo tanto dirigirse de otra forma que no sea al líquido en la columna.

35 Ventajosamente, la energía sónica generada por el generador de energía sónica puede comprender energía ultrasónica.

Opcionalmente, la energía sónica generada por el generador consiste sustancialmente en energía ultrasónica.

- 40 Ventajosamente, el dispositivo de suministro de fluido puede disponerse para ser situado en una corriente de flujo del medio líquido a través de la columna.

El dispositivo puede tener una porción aguas arriba y una porción aguas abajo.

Ventajosamente, la parte aguas abajo puede reducirse gradualmente para reducir la cantidad de arrastre experimentada por el dispositivo en la corriente de flujo.

El miembro receptor puede situarse en la porción aguas arriba del dispositivo.

- 45 Ventajosamente, el diafragma puede estar dispuesto para dirigir la energía sónica hacia el medio líquido en un sentido aguas arriba con respecto a un flujo del medio líquido a través de la columna.

En algunas realizaciones alternativas, el diafragma puede estar dispuesto para dirigir la energía sónica a través del flujo del medio líquido a través de la columna.

En algunas realizaciones, el diafragma puede estar dispuesto para dirigir la energía sónica en un sentido aguas abajo del flujo del medio líquido a través de la columna.

Opcionalmente, el aparato puede comprender una pluralidad de generadores de energía sónica.

5 Esta característica tiene la ventaja de que se puede aumentar una magnitud de energía sónica introducida en el líquido en la columna.

La pluralidad de generadores sónicos puede proporcionarse sustancialmente en la primera posición de la columna.

10 Alternativamente, la pluralidad de generadores puede situarse en una posición diferente, y/o en una pluralidad de posiciones de la columna. El aparato comprende un generador de burbujas que sirve para proporcionar burbujas de gas en el líquido en la columna, sirviendo el aparato para someter las burbujas a la energía sónica generada por el generador de energía sónica.

Esta característica tiene la ventaja de que se puede mejorar el efecto de las ondas de presión sónicas generadas por el generador sónico sobre organismos acuáticos y bacterias.

Las burbujas pueden generarse en el líquido antes de la inyección del líquido en la columna o en el líquido a medida que fluye a través de la columna.

15 El generador de burbujas puede ser un generador de microburbujas que sirve para proporcionar microburbujas en la columna aguas arriba del generador sónico. Por microburbuja se entiende una burbuja que tiene un tamaño inferior a alrededor de 1 mm. Debe entenderse que, en algunas realizaciones, el tamaño de la burbuja puede tener un límite inferior de alrededor de 1 micra. En algunas realizaciones, el generador puede producir burbujas de dimensiones por debajo de la micra.

20 El generador puede comprender ventajosamente una porción de constricción a través de la cual se fuerza que el medio líquido fluya, teniendo la porción de constricción una sección convergente de área de sección transversal decreciente, una sección de garganta y una sección divergente de área de sección transversal creciente.

La parte de constricción puede tener la forma de una porción venturi (o estrangulador).

25 El aparato puede servir ventajosamente para inyectar fluido gaseoso en un medio líquido en la columna en una posición aguas arriba de la parte constreñida.

El fluido gaseoso puede introducirse en la columna de tal manera que un efecto de cizalladura de un líquido que fluye a través de la columna reduzca el tamaño de las burbujas por debajo del tamaño natural de las burbujas en un caso en que el gas fuese inyectado en un líquido sustancialmente de manera estacionaria.

Ventajosamente, el aparato puede servir para inyectar fluido gaseoso en medio líquido en la sección de garganta.

30 Esta característica tiene la ventaja de que es mayor un efecto de cizalladura del líquido que fluye a través de la sección de garganta (debido a la mayor velocidad del líquido) reduciendo así un tamaño de las burbujas por debajo del que se formaría si se introdujeran burbujas aguas arriba de la parte constreñida.

Ventajosamente, el aparato puede estar dispuesto para proporcionar un flujo del medio líquido en la parte constreñida en forma de vórtice.

35 Esta característica tiene la ventaja de mejorar la generación de microburbujas en el medio líquido mejorando el efecto de cizalladura del líquido sobre cualesquiera burbujas en el líquido y sobre cualesquiera burbujas introducidas en el líquido.

40 Otra ventaja es que el aparato puede disponerse para generar un flujo del medio líquido en la parte constreñida en forma de vórtice mediante la inyección de un flujo del medio líquido en la columna del aparato en un sentido sustancialmente tangencial a una superficie interna de la columna. El líquido puede inyectarse en la columna en una posición que esté sustancialmente en o radialmente hacia el interior de una superficie cilíndrica interna de la columna para generar el vórtice del flujo.

45 Ventajosamente, el aparato puede disponerse para generar microburbujas que tengan un diámetro en el rango de al menos uno seleccionado entre alrededor de 1 micra a alrededor de 1000 micras, alrededor de 1 micra a alrededor de 500 micras, alrededor de 500 micras a alrededor de 1000 micras y alrededor de 100 micras a alrededor de 1000 micras.

Ventajosamente, el aparato puede estar provisto de un tubo de extracción acoplado a una base de la columna, extendiéndose el tubo de extracción en un sentido alejado de un eje longitudinal de la columna para con ello extraer el líquido a la columna desde una región alejada de la columna.

## ES 2 668 471 T3

Esta característica permite que el aparato extraiga líquido a la columna desde una posición distal a la porción vertical de la columna, mejorando la circulación del líquido en un tanque.

Ventajosamente, el tubo de extracción puede orientarse sustancialmente normal a la columna.

- 5 Ventajosamente, el tubo de extracción está dispuesto para permitir que la columna extraiga líquido en la misma en un sentido sustancialmente tangencial a la superficie interna de la columna para generar el flujo del vórtice en la columna.

Opcionalmente, la columna y el tubo de extracción definen una disposición sustancialmente en forma de "J" o de "L".

Ventajosamente, el dispositivo de suministro del fluido sirve para introducir un gas en la columna con lo que se reduce la concentración de uno o más gases en el líquido.

- 10 Además, de forma ventajosa, el dispositivo de suministro del fluido sirve para introducir un gas en la columna con lo que se reduce la concentración de oxígeno en el líquido.

El aparato puede servir para reducir una concentración de oxígeno en el líquido con el fin de inducir hipoxia en las especies acuáticas perjudiciales.

- 15 El aparato puede servir para introducir un gas en la columna con el fin de aumentar la concentración de uno o más gases en el líquido.

El aparato puede servir para introducir un gas en la columna con el fin de cambiar la acidez del líquido, por ejemplo aumentando la concentración de uno o más gases en el líquido.

- 20 Debe entenderse que el aparato que sirve para aumentar la concentración de uno o más gases en un líquido puede provocar una disminución en la concentración de al menos otro gas en el líquido para mantener las condiciones de equilibrio. Por ejemplo, si un gas rico en dióxido de carbono y bajo en oxígeno (por ejemplo, con menos de uno seleccionado de entre 5%, 4%, 3%, 2%, 1%, 0,5% 0,3% de oxígeno) se burbujea a través del agua de mar que se ha equilibrado con una atmósfera ambiente (tal como un entorno de agua de mar o de lago externos a un barco) una cantidad de dióxido de carbono disuelto en el agua de mar aumenta mientras decrece la cantidad de oxígeno disuelto.

- 25 Ventajosamente, el dispositivo de suministro de fluido puede servir para introducir dióxido de carbono en la columna con lo que aumenta la concentración de dióxido de carbono en el líquido.

El aparato puede servir para aumentar una concentración de dióxido de carbono en el líquido para inducir hipercapnia en las especies acuáticas perjudiciales.

Ventajosamente, el gas comprende dióxido de carbono.

- 30 El gas puede consistir esencialmente en dióxido de carbono.

Debe entenderse que si el aparato está dispuesto para recircular el agua en un tanque de lastre de un buque, el agua inicialmente arrastrada al tanque de lastre del medio marino probablemente tendrá una concentración de gas correspondiente a una concentración de equilibrio esperada para ese agua cuando está en equilibrio con el aire atmosférico. Si se introduce gas en la columna del aparato para recircular el agua, y el gas tiene una mayor concentración de dióxido de carbono que la que normalmente se encuentra en el aire y una menor concentración de oxígeno (como el gas generado por un generador de gas inerte como se describirá a continuación), se espera que aumente la concentración de dióxido de carbono disuelto y disminuya la concentración de oxígeno disuelto.

- 35 Ventajosamente, el gas puede comprender una mezcla gaseosa que comprende dióxido de carbono y nitrógeno.

- 40 Dicha mezcla de gases es fácilmente disponible a un costo relativamente bajo a partir de un generador de gas inerte (IGG), incluidos los IGG a bordo como se indicó anteriormente.

La mezcla gaseosa puede consistir sustancialmente en dióxido de carbono y nitrógeno. Es decir, cualquier cantidad de uno o más gases diferentes puede ser sustancialmente insignificante.

Opcionalmente, el gas comprende una mezcla gaseosa de dióxido de carbono, nitrógeno y oxígeno.

- 45 La mezcla gaseosa puede consistir sustancialmente de dióxido de carbono, nitrógeno y oxígeno. Es decir, cualquier cantidad de uno o más gases diferentes puede ser sustancialmente insignificante.

Las mezclas gaseosas pueden proporcionarse mediante un generador de gas inerte, un escape de un motor diesel y/o en la forma de un gas de combustión de un barco.

Debe entenderse que un generador de gas inerte normal a bordo tal como un generador del tipo "Holec" produce típicamente un gas que tiene una composición de aproximadamente 2-3% de oxígeno, alrededor de 12-14% de

dióxido de carbono y un equilibrio de nitrógeno. Dichos niveles de oxígeno pueden en algunos casos ser demasiado altos para matar especies acuáticas perjudiciales o para evitar que vuelvan a crecer.

5 Los sistemas de gases de combustión a bordo, que se usan solo para servir cargueros que puedan tolerar la contaminación por hollín como el petróleo crudo, suelen contener alrededor de un 4,5% de oxígeno. La legislación exige que el contenido de oxígeno sea inferior al 5%. Debe entenderse que dichos niveles de oxígeno pueden ser demasiado altos para matar a las especies perjudiciales acuáticas y/o para evitar que vuelvan a crecer.

10 En algunas realizaciones, el gas puede contener solo trazas de oxígeno, en el rango de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 0,3%, opcionalmente alrededor de 0,2% de oxígeno, alrededor de 12-14% de dióxido de carbono, siendo el resto (lo que queda) nitrógeno. En algunas realizaciones, una concentración de oxígeno puede ser menor que 0,1%. En algunas realizaciones, el gas puede comprender alrededor de 0,2% de oxígeno, alrededor de 12-14% de dióxido de carbono, siendo el resto (lo que queda) nitrógeno. En algunas disposiciones, puede estar presente adicionalmente monóxido de carbono, opcionalmente solo una traza y además opcionalmente hasta aproximadamente 800 ppm de monóxido de carbono. El gas puede comprender sustancialmente nada de hollín. En algunas disposiciones, puede estar presente una pequeña cantidad de hollín.

15 En un aspecto adicional de la invención para el que se busca la protección de la patente, se proporciona un tanque de almacenamiento de líquido que comprende un aparato de acuerdo con el aspecto anterior.

El tanque puede ser de forma de un tanque sustancialmente en forma de L.

20 Ventajosamente, la columna puede proporcionarse en una parte de una pata del tanque y el aparato puede tener un tubo de extracción que se extiende hacia una parte de pie (inferior) del tanque alejándose lateralmente de la parte de la pata.

En otro aspecto adicional de la invención para el que se busca la protección de la patente se proporciona un buque marino que comprende un tanque de lastre proporcionado por un tanque de acuerdo con el aspecto anterior.

En un aspecto de la invención para el que se busca la protección de la patente, se proporciona un método para hacer circular un medio líquido que comprende:

25 bombear el medio líquido a través de una columna de una bomba de elevación de gas por medio de la elevación del gas por lo que se introduce un flujo de fluido gaseoso en una parte elevada de la columna que es una parte que tiene una pared sustancialmente continua, no perforada,

comprendiendo el método la etapa de permitir que el gas ascienda en la columna a través de la parte elevada una primera distancia antes de entrar en una parte perforada de la columna.

30 El método puede comprender ventajosamente someter el líquido que asciende en la columna a energía sónica.

Ventajosamente, el método puede comprender generar la energía sónica por medio de un dispositivo de silbato, comprendiendo el método proporcionar fluido gaseoso al dispositivo de silbato con el fin de generar la energía sónica.

35 Además, de forma ventajosa, el método puede comprender el agotamiento en el gas de columna que se ha introducido en el dispositivo de silbato, para provocar de este modo el bombeo de un medio líquido a través de la columna.

### Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la invención se describirán ahora con referencia a las figuras adjuntas en las que:

40 La figura 1 muestra vistas esquemáticas en sección transversal de (a) un tanque de lastre en forma de L de un buque que tiene un aparato de bomba de elevación de gas de acuerdo con una realización de la invención instalada en el mismo; (b) el tanque de lastre de (a) con un aparato de bomba de elevación de gas de acuerdo con una realización adicional de la invención instalada en el mismo; y (c) un tanque de lastre rectangular de un buque que tiene el aparato de bomba de elevación de gas mostrado en (b) instalado en el mismo;

45 La figura 2 es una ilustración esquemática en sección transversal de un dispositivo de suministro de fluido de acuerdo con una realización de la invención, dispuesto para generar energía sónica mediante un flujo de gas a su través;

La figura 3 es una ilustración esquemática en sección transversal de un dispositivo de suministro de fluido de acuerdo con una realización adicional de la invención, dispuesto para generar energía sónica mediante un flujo de gas a su través;

50 La figura 4 es una ilustración esquemática de un aparato de bomba de elevación de gas de acuerdo con una realización adicional de la invención, instalado en un tanque de lastre de un buque;

- La figura 5 es una ilustración esquemática de un aparato de bomba de elevación de gas de acuerdo con otra realización adicional de la invención, instalado en un tanque de lastre de un buque;
- 5 La figura 6 es una ilustración esquemática en sección transversal de un dispositivo de suministro de fluido de acuerdo con una realización adicional de la invención, dispuesto para generar energía sónica mediante un flujo de gas a su través;
- La figura 7 es una ilustración esquemática en sección transversal de un dispositivo de suministro de fluido de acuerdo con una realización adicional de la invención, dispuesto para generar energía sónica mediante un flujo de gas a su través;
- 10 La figura 8 es una ilustración esquemática en sección transversal de un dispositivo de suministro de fluido de acuerdo con otra realización más de la invención, dispuesto para generar energía sónica mediante un flujo de gas a su través;
- La figura 9 es una ilustración esquemática de un dispositivo de suministro de fluido de acuerdo con una realización de la invención, dispuesto para generar energía sónica mediante un flujo de gas a su través;
- 15 La figura 10 es una ilustración esquemática en sección transversal de un aparato de bomba de elevación de gas de acuerdo con una realización de la invención, provisto de un dispositivo de suministro de fluido de acuerdo con la realización de la figura 6;
- La figura 11 es una vista en sección transversal de una columna del aparato de elevación de gas de la figura 10 en X-X que muestra la orientación de un puerto de inyección de fluido tangencial;
- 20 La figura 12 es una ilustración esquemática en sección transversal de un aparato de bomba de elevación de gas de acuerdo con una realización adicional de la invención, provisto de un dispositivo de suministro de fluido de acuerdo con la realización de la figura 6;
- La figura 13 muestra un generador de microburbujas adecuado para su uso en algunas realizaciones de la invención en (a) vista en perspectiva seccionada, (b) vista lateral, (c) vista frontal y (d) vista desde arriba;
- 25 La figura 14 muestra un aparato de bomba de elevación de gas de acuerdo con una realización de la invención que tiene el generador de la figura 13 y un dispositivo de suministro de fluido de acuerdo con la realización de la figura 6;
- La figura 15 muestra un aparato de bomba de elevación de gas de acuerdo con una realización adicional de la invención que tiene el dispositivo de suministro de fluido de la realización de la figura 6;
- La figura 16 es una vista en sección transversal de un dispositivo de generación de energía sónica de acuerdo con una realización adicional de la invención;
- 30 La figura 17 muestra un dispositivo de suministro de fluido dispuesto para generar energía sónica mediante un flujo de gas a su través de acuerdo con una realización adicional de la invención en (a) vista lateral y (b) vista lateral en sección transversal;
- La figura 18 muestra (a) una vista lateral y (b) una vista en planta de una disposición de 16 dispositivos de suministro de fluido de acuerdo con la realización de la figura 17 provista en una columna del aparato de bomba de elevación de gas de la figura 1(a);
- 35 La figura 19 muestra una vista en sección transversal de un dispositivo de suministro de fluido dispuesto para generar energía sónica mediante un flujo de gas a su través de acuerdo con una realización adicional de la invención;
- La figura 20 muestra una vista lateral de un generador de microburbujas de tubo estrangulado (o Venturi) de acuerdo con una realización de la invención; y
- 40 La figura 21 muestra un generador de microburbujas de ciclón de acuerdo con una realización de la invención en (a) sección transversal y (b) vista desde el extremo según se ve en la dirección de la flecha B de (a).

#### Descripción detallada

- 45 La figura 1(a) muestra un aparato de bomba de elevación de gas 150 de acuerdo con una realización de la invención instalada, sustancialmente en forma de L, en un tanque de lastre 195 de un buque. El aparato 150 también se puede denominar aparato de tratamiento de agua de lastre. La forma del tanque de lastre 195 que se muestra es la que se usa comúnmente en los buques, en particular en los buques de carga transoceánicos. El tanque 195 se puede considerar que tiene una porción de pata sustancialmente vertical 195L y una porción de pie 195F que sobresale lateralmente de la parte de pata vertical 195L.

## ES 2 668 471 T3

El aparato de bombeo 150 también se puede describir como un aparato de circulación de líquido ya que en la disposición que se muestra se emplea para recircular líquido en el tanque de lastre 195.

El aparato 150 tiene un miembro de inmersión 160 en forma de un miembro de tubo sustancialmente hueco o columna 160 provisto en una orientación sustancialmente vertical dentro del tanque de lastre 195.

- 5 En la realización mostrada, en un extremo inferior de la columna 160 se proporciona una parte doblada 161 que acopla el extremo inferior de la columna 160 a un tubo de extracción o tubo de admisión 160H que sobresale lateralmente de un eje longitudinal de la columna 160 a lo largo de la parte de pie 195F del tanque de lastre 195. El tubo de extracción 160H tiene una entrada de líquido 162 en un extremo libre del mismo en una región de punta 195T del tanque 195 distal de la porción de pata 195L. La columna 160 tiene una abertura de salida de líquido 165E en un extremo libre superior de la misma.

Como se muestra en la figura 1(a) la porción de pie 195F del tanque de lastre 195 tiene una altura H similar a una anchura W de la porción de pata 195L, aunque también son útiles otras disposiciones.

- 15 En la disposición que se muestra en la columna 160, la parte doblada 161 y el tubo de extracción 160H están montados en relación separada con una pared exterior 195W del tanque de lastre 195. En algunas realizaciones, la columna 160 puede proporcionarse en otra posición. En algunas realizaciones, la columna 160 puede proporcionarse en una posición diferente dentro del tanque 195. En algunas realizaciones, al menos una porción de la columna 160 (y en algunas realizaciones sustancialmente la totalidad de la columna 160) puede proporcionarse externa al tanque 195.

- 20 La característica de que la columna 160 se extienda desde la región de punta 195T de la porción de pie 195F a la porción de pata 195L, mejora la recirculación de líquido en el tanque 195 y reduce el riesgo de que se establezcan zonas muertas o sustancialmente estancadas en el tanque 195. De esta manera, sustancialmente todo el líquido dentro del tanque 195 se estimula para que fluya a través de la columna 160.

En la realización de la figura 1(a) se puede ver que la columna 160 se extiende a una región superior de la porción de pata 195L y puede mejorar aún más la circulación del agua de lastre.

- 25 Esto tiene la ventaja de que si la columna 160 se emplea para tratar el líquido en el tanque 195, por ejemplo, por exposición a un gas en particular o mezcla de gases, el riesgo de que el líquido en una de más zonas del tanque 185 falle al ser expuesto al gas, se reduce. En ausencia del tubo de extracción 160H, el agua en la región de punta 195T podría no mezclarse con el agua que se ha extraído a través de la columna 160 y por lo tanto tener una composición diferente de gas disuelto en la parte de la pata 195L.

- 30 En el caso de que el aparato 150 se use para el control de poblaciones de especies perjudiciales acuáticas, controlando una cantidad de uno o más gases disueltos en el líquido, existe el riesgo de que las especies perjudiciales acuáticas fallen al ser expuestas al líquido de una composición prescrita de gas disuelto se puede reducir eliminando las zonas muertas.

- 35 En algunas realizaciones, es deseable exponer las especies perjudiciales acuáticas a líquidos que tengan niveles reducidos de oxígeno y/o niveles aumentados de dióxido de carbono y/o uno o más gases, dependiendo del procedimiento de tratamiento de gas empleado. Los niveles reducidos de oxígeno pueden provocar la muerte de especies acuáticas perjudiciales por hipoxia. El aumento de los niveles de dióxido de carbono puede provocar la muerte de especies acuáticas perjudiciales por hipercapnia. Si se reducen los niveles de oxígeno y simultáneamente se incrementan los niveles de dióxido de carbono disuelto, la muerte puede ser inducida por una combinación de niveles reducidos de oxígeno y niveles aumentados de dióxido de carbono, opcionalmente por una combinación de hipoxia e hipercapnia.

- 40 Un inyector de gas 10 está dispuesto para inyectar gas en la columna 160 en la posición P1. En la realización mostrada, la posición P1 está dispuesta para ser una posición por debajo del nivel de líquido esperado más bajo en el tanque de lastre 195 (etiquetado 197L) en el que se requiere el funcionamiento del aparato de bomba de elevación de gas 150. El nivel 197L se puede denominar como el nivel de trabajo bajo o más bajo.

Se proporciona un suministro de fluido gaseoso (o gas) al inyector 10 cuando se necesite por medio de un conducto de suministro de gas 160G.

- 45 En la realización mostrada, se proporciona una abertura de salida 165E en un extremo libre superior 160E de la columna 160, es decir, el miembro tubular que define la columna 160 tiene los extremos abiertos. El extremo superior libre 160E se sitúa por debajo de un límite superior esperado de un nivel de llenado 197H del tanque 195, aunque también son útiles otras disposiciones. Tal nivel de llenado 197H se puede denominar nivel de trabajo superior.

- 50 Una porción 160P de una pared de la columna 160 desde el extremo libre superior 160E sobre una longitud L2 de la columna del extremo libre 160E está perforada. En la realización que se muestra, la pared está provista de una pluralidad de aberturas 165W que permiten el paso de agua dentro de la columna 160 para salir de la columna 160.

- 55

La porción perforada 160P en la figura 1(a) también puede denominarse tubo de guía perforado o porción de tubo de guía de la columna 160.

5 Las aberturas 165W en el tubo de guía perforado 160P son suficientemente grandes para permitir el paso a su través de partículas u otros objetos tales como especies perjudiciales acuáticas que podrían quedar atrapadas en el flujo de líquido a través de la columna 160. Esto es para evitar el bloqueo de las aberturas 165W. En algunas realizaciones, las aberturas tienen un diámetro de alrededor de 10 cm, aunque también son útiles otros tamaños. En algunas realizaciones, las aberturas tienen alrededor de 15 cm de diámetro. En algunas realizaciones, las aberturas están formadas para ocupar un área de aproximadamente 25% a aproximadamente 50% de un área superficial del tubo de guía 160P. También son útiles otras disposiciones.

10 Se proporciona una parte no perforada 160UP de la columna 160 de longitud L1 entre la porción de tubo de guía 160P y el inyector de gas 10. La porción no perforada 160UP se puede denominar como una 'porción de elevación' o 'tubo de elevación' 160UP. El tubo de elevación 160UP permite que el gas inyectado por el inyector 10 establezca el bombeo de líquido a través de la columna 160 antes de que el líquido entre en el tubo de guía perforado 160P como se describirá con más detalle a continuación. En algunas realizaciones, que incluye la de la figura 1(a), sustancialmente la totalidad de la columna debajo del tubo de guía 160P y la porción doblada 161 y el tubo de extracción 160H están formados para tener una pared sustancialmente continua, no perforada.

Se puede ver que en la realización mostrada, el tubo de guía perforado 160P se proporciona a un nivel que es una distancia L3 por encima del nivel de líquido más bajo esperado en el tanque, 197L (o nivel de trabajo del líquido inferior).

20 La posición P1 del inyector de gas 10 y la longitud L1 del tubo elevador 160UP se seleccionan de manera que la distancia L3 (es decir, la longitud que el tubo elevador 160UP sobresale por encima del nivel inferior de trabajo del líquido) no exceda el 30% de la longitud L1 del tubo elevador 160UP desde el inyector de gas 10 hasta el tubo de guía 160P, aunque también son útiles otros valores. Esto es para asegurar que se puede lograr una acción de bombeo suficiente mediante la inyección de gas a través del inyector de gas 10 para elevar el líquido en el tanque de lastre desde el nivel inferior de trabajo del líquido 197L hasta el fondo del tubo de guía perforado 160P. Esto permite que el líquido que sube a través del tubo de elevación 160UP se descargue a través de las aberturas 165W en el tubo de guía 160P, facilitando la circulación del líquido.

25 La figura 1(b) muestra el aparato de bomba de elevación de gas 250 de acuerdo con una realización adicional de la invención instalada en un tanque de lastre 295 de un buque. Las características similares de la realización de la figura 1(b) a la de la figura 1(a) se muestran con signos de referencia similares con el prefijo numérico 2 en lugar del número 1.

30 El tanque de lastre 295 de la realización de la figura 1(b) es sustancialmente idéntico al tanque 195 de la realización de la figura 1(a). El aparato 250 es similar al aparato 150 de la figura 1(a) excepto que el inyector de gas 10 está instalado en un extremo inferior de la columna 260 y no en una posición en o cerca de un punto medio de la columna con respecto a una altura vertical de la columna. Una porción del tubo de elevación 260UP de la columna 260 es de una longitud similar (L1) a la porción de tubo de elevación 160UP de la realización de la figura 1(a). Debido a que el inyector 10 está situado en la base de la columna 260 (inmediatamente encima de una parte doblada 261), una porción del tubo de guía perforado 260P de la columna 260 es más larga que la de la realización de la figura 1(a). Sin embargo, se puede ver que una longitud total de la columna 260, la parte doblada 261 y el tubo de extracción 260H son sustancialmente los mismos que los de la realización de la figura 1(a).

35 Se puede observar en la figura 1(b), que debido a que el inyector 10 está situado en una posición inferior de la columna 260 y la porción de tubo de guía (perforado) 260UP se extiende más abajo en la columna 260, el aparato de bomba de elevación de gas 250 puede mantener la circulación de líquido en el tanque 295 en un rango más amplio de profundidades de líquido en el tanque 295. Este rango puede denominarse "rango de trabajo" del aparato.

40 La figura 1(c) muestra el aparato de bomba de elevación de gas 250 de la realización de la figura 1(b) instalado en un tanque de lastre rectangular 295R de un buque. Debe entenderse que el funcionamiento del aparato 250 es similar al de la realización de la figura 1(b).

45 La figura 2 muestra un dispositivo de suministro de fluido 100 según la invención que sirve para generar energía sónica en forma de ondas sónicas por medio de un flujo de gas a través del dispositivo 100 en forma de un silbato. El dispositivo 100 también sirve para inyectar gas que ha pasado a través del dispositivo 100 al líquido en la columna del aparato de bomba de elevación de gas. De acuerdo con la invención, el dispositivo 100 puede reemplazar al inyector 10 de las realizaciones de la figura 1(a) a (c). En algunas realizaciones, el dispositivo 100 está dispuesto para generar energía sónica que se transmite o se lanza en el líquido que fluye a través de la columna del aparato elevador de gas pero para ventilar el gas que fluye a través a una posición alternativa (tal como a un tanque de almacenamiento de gas, a una línea de recirculación de gas o a la atmósfera). El dispositivo 100 puede estar dispuesto para dirigir la energía sónica en el líquido que fluye a través de la columna del aparato de bomba de elevación de gas.

5 El dispositivo 100 tiene una cámara 110 que forma una parte del cuerpo del dispositivo 100 y una boquilla de fluido 120 dispuesta para suministrar un flujo de fluido gaseoso a la cámara 110 a través de una abertura de salida 121 de la boquilla 120. En algunas realizaciones, el dispositivo 100 sirve para proporcionar un flujo de gas (tal como aire, nitrógeno u otro gas como cualquier gas inerte o mezcla adecuada de gases) fuera de la boquilla 120 a una velocidad supersónica tal como una velocidad de aproximadamente  $340 \text{ m/s}^{-1}$  o mayor. Otras velocidades también son útiles, incluidas las velocidades subsónicas.

10 En la realización mostrada, la boquilla 120 está dispuesta para proporcionar el flujo de fluido gaseoso en la cámara 110 en un sentido hacia un primer extremo 111 de la cámara 110 que es un extremo cerrado. La boquilla 120 tiene un perfil externo e interno sustancialmente troncocónico. Un ángulo de estrechamiento de una superficie troncocónica interna de la boquilla 120 con respecto a un eje del cilindro del mismo es menor que el de la superficie troncocónica externa, aunque también son útiles otras disposiciones.

En un segundo extremo 112 opuesto al primer extremo 111, la cámara 110 tiene aberturas 141, 142 dispuestas para permitir que el fluido gaseoso fluya desde la cámara 110.

15 En la realización de la figura 2 un miembro receptor 130 está provisto en la cámara 110. El miembro receptor 130 tiene la forma de un miembro ahuecado que tiene paredes 131 que definen una cavidad abierta 137, una abertura 135 del miembro receptor 130 orientada en un sentido hacia la boquilla 120.

El dispositivo 100 está dispuesto de forma que el fluido gaseoso que entra en la cámara 110 se dirige para que fluya hacia la abertura 135 del miembro receptor 130.

20 El flujo de fluido gaseoso a través de la boquilla 120 está dispuesto para que tenga lugar a una velocidad y presión sustancialmente constantes. A medida que el fluido gaseoso sale de la boquilla 120, el fluido se expande generando una onda de presión hacia delante (que es una onda de choque) que se desplaza en un sentido hacia adelante hacia el miembro receptor 130.

25 Una porción de la onda de presión directa incide sobre el miembro receptor 130. De este modo aumenta la presión del fluido en el miembro receptor 130 y se genera una onda de presión inversa (que es una onda de choque), que se desplaza en un sentido contrario a la onda de presión directa. La onda de presión inversa también puede denominarse onda de presión "reflejada" u onda de choque.

30 La onda de presión inversa se encuentra con la onda de presión directa proporcionando así un mecanismo de "retroalimentación" para la propagación de la onda hacia adelante. La interacción de las ondas adelante y atrás a medida que el fluido gaseoso sale del miembro receptor 130 puede disponerse para dar como resultado la generación de energía sónica. En algunas disposiciones, puede producirse energía ultrasónica. La energía sónica (que puede ser o incluir energía ultrasónica) se propaga desde la cámara 110 al líquido 102 que está en contacto con la cámara 110. La energía sónica se propaga en el líquido 102 en forma de ondas de presión longitudinales que se propagan a través del líquido 102 alejándose de la cámara 110.

35 En la realización de la figura 2 el gas atrapado en el miembro receptor 130 resuena a una frecuencia de resonancia cuando el gas es dirigido hacia el miembro receptor 130 por la boquilla 120. Debe entenderse que en algunas disposiciones la cámara 110 puede por lo tanto ser definida como una cámara de resonancia 110 ya que la resonancia del fluido gaseoso puede tener lugar allí. Debe entenderse que la cámara 110 puede no resonar por sí misma, es decir, la cámara 110 puede no vibrar a una frecuencia de resonancia de la cámara 110. Sin embargo, el gas atrapado dentro del miembro receptor 130 puede resonar a una frecuencia determinada, entre otros, por una profundidad D de la cavidad 137 definida por el miembro receptor 130.

El fluido gaseoso que entra en la cámara 110 está dispuesto para salir de la cámara 110 a través de una pluralidad de conductos de salida 141, 142. En la realización de la figura 2, el fluido que sale de la cámara 110 fluye sobre una superficie exterior de la boquilla 120 en un sentido que es sustancialmente el contrario del sentido en el que el fluido entra en la cámara 110 a través de la boquilla 120.

45 En la realización mostrada, el dispositivo 100 está dispuesto para ser sumergido en un medio líquido con lo que se lanza la energía sónica en el medio líquido.

50 Como se indicó anteriormente, la frecuencia de la energía sónica generada por el dispositivo 100 puede depender de una profundidad D de la cavidad 137 definida por el miembro receptor 130. En algunas realizaciones, la profundidad D puede aumentarse o disminuirse para sintonizar el funcionamiento del aparato. Puede requerirse el ajuste de la profundidad D o la distancia del miembro receptor 130 desde la boquilla 120 dependiendo de una condición operativa esperada del aparato, tal como la temperatura, la presión y/o una o más condiciones o parámetros operativos. El ajuste también puede ser necesario para acomodar las tolerancias en la fabricación y/o en el montaje.

55 En la realización mostrada, la posición del miembro receptor 130 es fija. En algunas realizaciones, la distancia entre el miembro de receptor 130 y la abertura de salida 121 de la boquilla 120 puede cambiarse, por ejemplo, por medio de un mecanismo de tornillo. El ajuste de la posición del miembro receptor 130 es útil, por ejemplo, en la

compensación de tolerancias de mecanizado asociadas con la fabricación y tolerancias asociadas con el montaje del dispositivo 100. También son útiles otras disposiciones, tales como otros medios para ajustar la profundidad D del miembro receptor 130.

5 Debe entenderse que la selección de una frecuencia de resonancia del dispositivo 100, es decir, una frecuencia de energía sónica generada por el dispositivo 100, puede ser importante en aplicaciones en las que sea deseable la muerte de especies perjudiciales acuáticas, tales como especies bacterianas. Esto se debe a que algunas bacterias pueden ser más susceptibles a la muerte cuando se exponen a ondas sónicas tales como ondas ultrasónicas de una frecuencia prescrita o rango de frecuencias en comparación con ondas sónicas de una o más frecuencias diferentes.

10 En algunas realizaciones, puede proporcionarse una pluralidad de dispositivos 100, cada uno de ellos dispuesto para generar energía sónica de frecuencias o rangos de frecuencias sustancialmente diferentes con el fin de mejorar la eficacia de un aparato de tratamiento de líquidos para matar ANS.

La figura 3 muestra un dispositivo de suministro de fluido 200 de acuerdo con una realización adicional de la invención. Las características similares del dispositivo 200 de la figura 3 a los del dispositivo 100 de la figura 2 están provistos con números de referencia similares con el prefijo numérico 2 en lugar del número 1.

15 El dispositivo 200 tiene una cámara 210 en la cual está dispuesta una boquilla 220 para proporcionar un flujo de fluido gaseoso. Se proporciona un miembro receptor 230 en una pared de la cámara 210 y se coloca en una línea de visión directa de fluido gaseoso que entra en la cámara 210 a través de la boquilla 220.

20 Como en la realización de la figura 2, el miembro receptor 230 tiene la forma de un miembro ahuecado. Una porción externa del miembro ahuecado está dispuesta para estar en contacto directo con un entorno externo al dispositivo 200.

25 Durante su uso, la incidencia sobre el miembro receptor 230 del fluido gaseoso que fluye hacia la cámara de resonancia 210 provoca la generación de energía sónica como se describe con respecto a la realización de la figura 2 y el lanzamiento de energía sónica en forma de ondas de presión sónicas longitudinales en un medio líquido 202 en comunicación acústica con la cámara 210. El dispositivo 200 sirve por lo tanto para matar ciertas ANS tales como determinadas ANS bacterianas. El dispositivo 200 puede estar dispuesto para lanzar energía ultrasónica (ondas de presión ultrasónicas) en el medio líquido 202.

30 Además, la incidencia del fluido gaseoso sobre el miembro receptor 230 está dispuesta para provocar el calentamiento del miembro receptor 230. En ciertas condiciones, la temperatura del miembro receptor 230 puede aumentar desde una temperatura ambiente a una temperatura perjudicial para las ANS. Debe entenderse que, ventajosamente, el líquido en el que se sumerge el dispositivo 200 puede fluir en contacto con una superficie externa del miembro receptor 230 dando como resultado el calentamiento del líquido. Esto puede contribuir aún más a la muerte de bacterias u otras ANS presentes en el líquido.

35 En algunas aplicaciones, se proporciona un dispositivo de suministro de fluido 100, 200 de acuerdo con una realización de la invención en un aparato de bomba de elevación de gas dispuesto para provocar la recirculación de líquido en un tanque de lastre de un buque marino. Por lo tanto, uno o más de los dispositivos 100, 200 pueden proporcionarse además o en lugar del inyector 10 de las realizaciones de la figura 1. Uno o más de los dispositivos 100, 200 pueden proporcionarse en la misma posición que el inyector 10 (por ejemplo cuando se proporciona en lugar del inyector 10) o en una o más posiciones diferentes de la columna 160, 260.

40 La figura 4 muestra un aparato de tratamiento de agua de lastre 450 de acuerdo con una realización adicional de la invención en la que se proporciona más de una columna 460, teniendo cada columna 460 la forma de un miembro de tubo 460. En la realización de la figura 4 se proporcionan tres miembros de tubo 460A, 460B, 460C. Debe entenderse que puede proporcionarse cualquier cantidad adecuada de miembros de tubo.

45 En la realización mostrada, cada elemento de tubo 460A, 460B, 460C tiene un solo inyector de gas 10A, 10B, 10C acoplado respectivamente al mismo a través del cual el gas puede ser forzado en un volumen interior 465A, 465B, 465C del miembro de tubo respectivo 460A, 460B, 460C. Se suministra gas a cada inyector 10A, 10B, 10C por un conducto de suministro de gas respectivo 480A, 480B, 480C.

50 Se proporciona una válvula 462A, 462B, 462C, tal como una válvula de retención en cada conducto respectivo 480A, 480B, 480C aguas arriba de cada inyector 10A, 10B, 10C con el fin de permitir un flujo de gas a través de cada inyector 10A, 10B, 10C para ser controlado por un controlador 450C. Las válvulas 462A, 462B, 462C pueden estar situadas en los respectivos conductos en un lugar de fuera del tanque de lastre 495 o en el interior del tanque 495 y, opcionalmente, pueden ser accionadas de forma neumática, por ejemplo por medio de un suministro de aire. En algunas realizaciones, las válvulas no están en los conductos, sino en una fuente de gas o en una línea de suministro de gas que alimenta el gas a los respectivos conductos 480A, 480B, 480C desde una fuente de gas.

55 Cada miembro de tubo 460A, 460B, 460C tiene un sensor de nivel de líquido 471A, 471B, 471C, respectivamente, situado encima del inyector correspondiente 10A, 10B, 10C dispuesto para proporcionar una señal al controlador 450C cuando se alcanza un nivel de líquido en el tanque 495 en el sensor respectivo 471A, 471B, 471C. Una vez

que un nivel de líquido en el tanque de lastre 495 alcanza o excede un nivel dado en el sensor de nivel de líquido 471A, 471B, 471C, el controlador 450C permite que el fluido gaseoso pase al miembro de tubo correspondiente 460A, 460B, 460C asociado con ese sensor de nivel 471A, 471B, 471C a través del inyector correspondiente 10A, 10B, 10C.

- 5 Si se suministra fluido gaseoso a cualquier otro miembro de tubo 460A, 460B, 460C cuando se acciona otro sensor de nivel de líquido 471A, 471B, 471C, puede terminarse el suministro de fluido gaseoso al otro miembro de tubo 460A, 460B, 460C aunque también son útiles otras disposiciones. Por ejemplo, se puede disponer un rango de nivel de líquido sobre el que está dispuesto un inyector para realizar el suministro de gas en su correspondiente miembro de tubo para solaparse a un rango de nivel de líquido sobre el que está dispuesto otro inyector para realizar el
- 10 suministro de gas en su correspondiente miembro de tubo.

Debe entenderse que los dispositivos de suministro de fluido generador de energía sónica de la figura 2 o figura 3 pueden usarse en el aparato 450 de la figura 4. Otros dispositivos de suministro de fluidos según las realizaciones de la invención también son útiles, tales como los de la figura 6 como se describe a continuación.

- 15 De manera similar a la columna 160 de la realización de la figura 1(a), cada uno de los miembros de tubo 460A, 460B, 460C tiene una parte de elevación no perforada respectiva (o porción de tubo de elevación) 460AUP, 460BUP, 460CUP en la que un inyector respectivo 10A, 10B, 10C inyecta gas. Directamente encima de cada porción de elevación no perforada hay una porción de tubo de guía perforado 460AP, 460BP, 460CP.

- 20 En algunas realizaciones, en lugar de que cada miembro de tubo esté provisto de un sensor de nivel, se puede proporcionar un sensor de nivel separado, por ejemplo un sensor montado en una pared lateral del tanque. El controlador 450C puede estar dispuesto para recibir una señal del nivel de líquido desde una fuente externa tal como un controlador del sistema de agua de lastre separado para controlar la carga y descarga del agua de lastre.

- 25 La figura 5 muestra el aparato 550 de acuerdo con una realización de la invención en la que se proporciona una columna vertical 560 en forma de un miembro de tubo 560 dentro de un tanque de lastre 595 de un buque. Se proporciona un dispositivo de suministro de fluido en forma de un inyector de gas 510 para inyectar gas en el líquido en la columna 560. En la realización mostrada, el inyector de gas 510 se proporciona en un extremo libre de una manguera 580 dispuesta para ser enrollada en un tambor 585. El inyector de gas 510 puede elevarse o bajarse dentro de la columna 560 mediante la rotación del tambor 585 bajo el control de un controlador 550C.

- 30 La columna 560 tiene una porción no perforada 560UP de longitud LUP desde un extremo inferior de la misma y una porción perforada 560P de longitud LP a lo largo de un resto de la longitud hasta un extremo superior de la misma. La porción no perforada se puede denominar porción de tubo de elevación de columna 560UP mientras que la porción perforada se puede denominar como porción de tubo de guía 560P como se describió anteriormente con respecto a las realizaciones de la figura 1 y figura 4.

- 35 Un miembro de tubo de elevación 580LT en forma de un tubo no perforado está acoplado a la manguera 580 y colocado sustancialmente coaxial con la misma. El miembro de tubo de elevación 580LT está dispuesto para elevarse y bajarse con el inyector de gas 510. El inyector de gas 510 sirve para inyectar gas transportado por la manguera 580 en el líquido en la columna 560 en un extremo inferior del miembro de tubo de elevación 580LT. El miembro de tubo de elevación 580LT tiene un diámetro suficientemente grande para permitir que el gas inyectado en la columna 560 por el inyector de gas 510 suba dentro del miembro de tubo de elevación 580LT e induzca el bombeo de gas en la columna 560 mediante la elevación del gas.

- 40 La figura 5 muestra el miembro de tubo de elevación 580LT sustancialmente en una posición más alta permitida dentro de la columna 560 cuando el nivel de líquido en el tanque 595 corresponde al nivel de trabajo 597H más alto (superior).

Debe entenderse que el aparato 550 sirve para colocar el inyector de gas 510 a una distancia adecuada por debajo de un nivel de líquido en el tanque 595 para permitir la circulación efectiva de líquido en el tanque 595.

- 45 En algunas realizaciones, se proporciona un dispositivo de supervisión de nivel de fluido S que está dispuesto para determinar el nivel de líquido en el tanque 595. El aparato 550 sirve para determinar una posición vertical requerida del inyector de gas 510 en respuesta al nivel de líquido en el tanque 595 como se determina por referencia con el dispositivo de supervisión S.

- 50 El aparato 550 tiene un "rango de trabajo" de líquido en el tanque 595 que es un rango de niveles de líquido sobre los cuales se puede conducir el bombeo de líquido por el aparato 550. El rango está definido por un nivel de trabajo inferior 597L y un nivel de trabajo superior 597H. Con el nivel de líquido en el tanque 595 sustancialmente en el nivel de trabajo superior 597H y el miembro de tubo de elevación 580LT en la posición mostrada en la figura 5, la inyección de gas a través del inyector 510 hace que el líquido se eleve dentro del miembro de tubo de elevación 580LT y emerja del miembro de tubo de elevación 580LT en el extremo superior del mismo, sustancialmente en la
- 55 superficie libre de líquido en el tanque de lastre 595. Debe entenderse que en ausencia del miembro 580LT del tubo elevador, el gas inyectado en la columna (parte perforada de la columna) no causaría un bombeo efectivo de líquido

a través de la columna 160. La presencia del miembro de tubo de elevación 580LT cusa el bombeo de líquido a través de la columna 160 y, por lo tanto, la circulación efectiva de líquido en el tanque 595.

5 Se entenderá además que si el miembro de tubo elevador 580LT desciende dentro de la columna 560, el líquido y el gas que emergen de un extremo superior del mismo cuando el gas fluye a través de la manguera 580 se elevan dentro de la porción de tubo de guía 560P de la columna 560 hacia la superficie de manera similar a las realizaciones de la figura 1. A medida que se baja el elemento de tubo de elevación 580LT, con el nivel de líquido en el nivel de trabajo más alto 597H, aumenta la longitud efectiva de la porción de tubo de guía 560P. Por lo tanto, para un nivel dado de líquido en el tanque 595, la realización de la figura 5 permite que la longitud efectiva de la porción de tubo de guía 560P varíe dependiendo de la posición vertical del miembro de tubo de elevación 580LT.

10 Debe entenderse que si el nivel de líquido en el tanque 595 cae por debajo del nivel de trabajo superior 595H, el miembro de tubo de elevación 580LT puede bajarse. En algunas disposiciones, el miembro de tubo de elevación 580LT puede bajarse de manera que un extremo superior del mismo esté en o por debajo del nivel de líquido para permitir la expulsión del líquido bombeado del extremo superior del miembro de tubo de elevación 580LT.

15 En algunas realizaciones, en lugar de tener un dispositivo de control de nivel de fluido S, el aparato 550 puede disponerse para determinar un nivel al que se debe suministrar fluido gaseoso al inyector de gas 510 colocando el inyector 510 en una posición vertical dentro de la columna 560 en la cual un caudal de gas a través de la manguera 580 cae dentro de un rango prescrito. En algunas realizaciones, el aparato 550 puede estar dispuesto para colocar el inyector 510 en una posición vertical en la que un cabezal de presión en el inyector 510 cae dentro de un rango prescrito.

20 También son útiles otras disposiciones.

En algunas realizaciones, el inyector 510 tiene una pluralidad de aberturas de salida de gas o boquillas de salida a través de las cuales puede salir gas del inyector 510. En algunas realizaciones, las boquillas pueden estar dispuestas para dirigir el gas hacia afuera del inyector 510 en un sentido radial en posiciones circunferencialmente separadas.

25 La figura 6 muestra un dispositivo de suministro de fluido 600 de acuerdo con una realización adicional de la invención. Las características similares del dispositivo 600 de la figura 6 a las de la realización de la figura 3 se muestran con signos de referencia similares al prefijado con el prefijo numérico 6 en lugar del número 2. El dispositivo 600 sirve de una manera similar a las realizaciones de la figura 2 y figura 3 para generar energía sónica cuando el gas se fuerza a través del dispositivo 600 como se describe a continuación. El dispositivo 600 está en una carcasa 601 dispuesta para ser colocada en un camino de flujo del fluido en una columna de un aparato de bomba de elevación de gas.

Por consiguiente, el dispositivo 600 tiene una porción aguas arriba 601A y una porción aguas abajo 601B como se define con respecto a un sentido en el que se espera que el flujo de fluido a través de la columna tenga lugar durante una operación de bombeo (normalmente un sentido ascendente).

35 La porción aguas abajo 601B de la carcasa 601 se estrecha para reducir una cantidad de arrastre en un líquido que fluye pasado el dispositivo 600 a medida que se bombea mediante la eyección de gas a través de las salidas 641, 642.

40 La porción aguas arriba 601A del dispositivo 600 tiene una boquilla 620, una cámara 610 y salidas de fluido gaseoso 641, 642. El dispositivo 600 sirve para inyectar gas bajo presión a través de la boquilla 620 y en un miembro receptor 630. El miembro receptor 630 está acoplado a una porción aguas arriba de una pared de la cámara 610 y que sobresale a través de ella. En la realización de la figura 6 el miembro receptor 630 sobresale de la cámara 610. Esto causa la exposición del líquido que fluye por el dispositivo 600 a la superficie exterior del miembro receptor 630. El flujo de gas desde la boquilla 620 al miembro receptor 630 da como resultado la generación de energía sónica que puede transmitirse (o lanzarse) a un medio líquido en el que el dispositivo 600 puede estar inmerso.

45 En algunas realizaciones tales como la de la figura 6, el miembro receptor 630 está dispuesto para ser calentado por el flujo de fluido gaseoso a través del dispositivo 600, por lo que se pueden matar ciertas ANS. Así, parte de la energía cinética asociada con el flujo de gas hacia la cámara 610 desde la boquilla 620 puede ser disipada por el miembro receptor 630 en forma de calor.

50 La figura 7 muestra un dispositivo de suministro de fluido 700 de acuerdo con una realización adicional de la invención. El dispositivo 700 tiene una boquilla de fluido 720 y un miembro receptor 730. El miembro receptor 730 tiene una forma ahuecada como en el caso de las realizaciones descritas anteriormente y define una cavidad 735. El miembro de boquilla 720 está dispuesto para dirigir un flujo de fluido gaseoso en la cavidad 735.

55 El miembro receptor 730 está acoplado a un conducto de fluido o tubería 760 a través de la cual el líquido puede estar dispuesto a fluir. Durante su uso, el fluido gaseoso se fuerza a través de la boquilla 720 y hacia la cavidad 735 del miembro receptor 730. Se genera una onda de choque sónica que viaja hacia adelante cuando la velocidad de flujo del fluido gaseoso a través de la boquilla 720 es suficientemente alta como se describió anteriormente y se

genera una onda de choque hacia atrás a medida que el gas de la boquilla 720 se desvía fuera del miembro receptor 730. El dispositivo 700 está dispuesto de manera que la energía acústica generada por el flujo de fluido gaseoso desde la boquilla 720 se lanza al líquido que fluye a través del tubo 760. En la realización mostrada, el tubo 760 puede proporcionar al menos una porción de una columna de un aparato de bomba de elevación de gas.

5 Además, en la realización mostrada, el flujo de fluido gaseoso a través del dispositivo 700 está dispuesto de tal manera que el fluido gaseoso que emana de la boquilla 720 fluye finalmente al tubo 760 causando bombeo de fluido en el tubo 760 mediante elevación de gas. Con este fin, se proporcionan aberturas 741, 742 en una pared del tubo 760 para permitir que el fluido gaseoso fluya dentro del tubo 760. En algunas realizaciones alternativas, el gas no está dispuesto para pasar al conducto 760, sino que puede reciclarse a través del boquilla 720 o ventilado a la atmósfera. También son útiles otras disposiciones.

10 Debe entenderse que, además, se puede introducir fluido gaseoso en la tubería 760 por medios alternativos, tal como un inyector de fluido gaseoso convencional que no está dispuesto para generar energía sónica.

15 Debe entenderse que una posición del miembro receptor 730 y la boquilla 720 con respecto a una longitud del tubo 760 puede ser importante en algunas realizaciones con el fin de permitir o mejorar el lanzamiento de la energía sónica en el tubo 760.

20 Debe entenderse que, en algunas realizaciones, el efecto Poisson puede explotarse más eficazmente para acoplar la energía sónica al líquido en el conducto 760. Esto puede lograrse sujetando rígidamente el conducto 760 en las posiciones del conducto 760 que están a distancias desde el dispositivo 700 correspondientes a múltiplos impares de un cuarto de la longitud de onda de la energía sónica generada por el dispositivo 700. También son útiles otras disposiciones.

Debe entenderse que la longitud y el diámetro del conducto 760, las dimensiones de la boquilla y la configuración del miembro receptor y el caudal del fluido a través de la boquilla pueden disponerse para generar una frecuencia deseada de energía sónica para optimizar la destrucción de las ANS.

25 Debe entenderse que pueden proporcionarse dispositivos múltiples 700 en posiciones a lo largo de un conducto dado 760 o alrededor de un conducto 760. En algunas disposiciones pueden proporcionarse múltiples orificios de ventilación de gas que permiten que el gas fluya hacia el interior del conducto 760 alrededor del conducto 760.

30 Además, en algunas realizaciones de la invención, el fluido gaseoso suministrado por el dispositivo de suministro de fluido está dispuesto para reducir la supervivencia de las ANS y/o de matarlas. Con el término "reducir la supervivencia" se entiende que es más probable que las ANS mueran, ya sea por hipercapnia, hipoxia, una combinación de ambas, o por un proceso adicional de reducción de la supervivencia.

35 Debe entenderse que para reducir la concentración de un componente de gas dado en un líquido, una presión parcial de ese componente de gas en el gas que está en contacto con el líquido (por ejemplo, burbujeando a través del líquido) debe ser tal que la presión parcial del componente de gas en el líquido sea mayor que la presión parcial del componente de gas en el gas. Esta diferencia de presión fuerza a las moléculas de gas a través del interfaz líquido/gas dentro de la burbuja de gas.

40 Por lo tanto, si se burbujea un gas que tiene un contenido de oxígeno inferior al líquido a través del líquido (por ejemplo, sustancialmente oxígeno cero), se reducirá una concentración de oxígeno en el líquido. Si un gas que tiene un contenido de dióxido de carbono más alto que el líquido se burbujea a través del líquido, puede aumentar una concentración de dióxido de carbono en el líquido. Los gases adecuados para aumentar la concentración de dióxido de carbono y reducir la concentración de oxígeno (en relación con una concentración de dióxido de carbono y oxígeno en el líquido en contacto con el aire) incluyen gases de combustión, por ejemplo, gases de combustión de buques o gas generado por un generador de gas inerte, por ejemplo del tipo Holec.

45 La figura 8 es una ilustración esquemática en sección transversal del dispositivo de suministro de fluido de la figura 2 equipado con una cámara de amplificación 290. La cámara 290 tiene una parte de cuerpo sustancialmente troncocónica 291 que tiene una membrana flexible 293 dispuesta para definir una pared de la cámara de amplificación 290 en un extremo basal (más ancho) de la porción de cuerpo 291.

50 En un extremo opuesto de la cámara de amplificación 290, la cámara 290 está acoplada al dispositivo 200 de manera que una superficie externa del miembro receptor 230 forma una porción de una pared apical de la cámara 290. Por lo tanto, el dispositivo 200 está dispuesto para dirigir la energía sónica directamente en la cámara de amplificación 290. Es ventajoso minimizar cualquier restricción al flujo de gas hacia la cámara 290. En la realización mostrada, el miembro receptor 230 está soportado por una estructura de bastidor abierto 210 que permite que el gas que emerge de la boquilla 220 o del miembro receptor 230 fluya hacia la cámara de amplificación 290.

55 En la realización de la figura 8 la cámara de amplificación 290 se muestra con una forma sustancialmente troncocónica. Debe entenderse que también son útiles otras formas, por ejemplo, un aumento logarítmico en el área de la sección transversal en función de la distancia desde la boquilla 220/receptor 230. Un perfil de pared de la cámara 290 puede seguir una curva logarítmica. Durante su uso, la cámara 290 permite un aumento en la amplitud

de la energía sónica lanzada en el líquido 202 en el que el dispositivo 200 y la cámara 290 están sumergidos. En algunas realizaciones, esto es al menos en parte porque la cámara de amplificación 290 está dispuesta para reducir una falta de coincidencia en la impedancia entre el dispositivo 200 y el líquido 202 para comunicar por lo tanto de forma más eficiente la energía desde el dispositivo 200 al líquido 202.

- 5 La cámara de amplificación 290 de la realización mostrada está formada de un material metálico. Debe entenderse que otros materiales también son útiles, incluidos los materiales plásticos.

La figura 9 es una ilustración esquemática de un dispositivo de suministro de fluido 600 de acuerdo con la realización de la figura 6 equipado con una cámara de amplificación 690 similar a la de la realización de la figura 8.

- 10 La cámara 690 está fijada al dispositivo 600 para albergar el miembro receptor 630 de manera que el miembro receptor 630 proporcione una porción de una pared de la cámara 690. Por lo tanto, el dispositivo 600 está dispuesto para dirigir ondas sónicas directamente a la cámara 690 que a su vez, dirige las ondas hacia el medio líquido circundante 602.

- 15 Durante su uso, la cámara de amplificación 690 está orientada sustancialmente normal a un sentido del flujo del líquido bombeado. El gas que sale de las salidas 641, 642 por lo tanto se eleva fuera del plano de la figura, durante su uso.

La figura 10 es una ilustración esquemática del aparato de bomba de elevación de gas 750 de acuerdo con una realización adicional de la invención. Las características similares de la realización de la figura 10 con respecto de los de la realización de la figura 1 se muestran con signos de referencia similares con el prefijo numérico 7 en lugar del número 1.

- 20 El aparato 750 tiene una columna 760 en forma de un elemento de tubo sustancialmente hueco dispuesto en una orientación sustancialmente vertical dentro de un tanque de lastre (no mostrado).

- 25 En la realización que se muestra, en un extremo inferior de la columna 760 se proporciona una parte curvada 761 que acopla el extremo inferior de la columna 760 a un tubo de extracción o tubo de admisión 760H que se proyecta lateralmente hacia fuera desde un eje longitudinal de la columna 760. El tubo de extracción 760H tiene una entrada de líquido 762 en un extremo libre de la misma. La columna 760 tiene una abertura de salida de líquido 765E en un extremo libre superior de la misma. Debe entenderse que el tubo de extracción 760H puede considerarse parte de la columna 760, y por lo tanto la columna puede describirse como una columna de líquido 760 sustancialmente en forma de L similar a la del aparato 550 de la figura 5.

- 30 Un dispositivo de suministro de fluido 600 del tipo mostrado en la figura 6 se proporciona en la columna 720 y se orienta como se muestra, con el miembro receptor 630 provisto en un extremo aguas arriba del dispositivo 600.

El aparato 750 tiene un generador de microburbujas 770 aguas arriba del dispositivo de suministro de fluido 600. En la realización de la figura 10, el generador de microburbujas 770 está posicionado debajo del dispositivo de suministro de fluido 600.

- 35 El generador 770 tiene una porción venturi 771 que tiene la forma de un dispositivo venturi convencional. En la realización de la figura 11, la porción venturi 771 está dispuesta de manera que el líquido que fluye a través de la columna 760 es forzado a fluir a través de la porción venturi 771. La porción venturi tiene una porción convergente C dispuesta para dirigir el líquido a través de una porción de garganta T y posteriormente a través de una porción divergente D de la manera convencional.

- 40 Un inyector de líquido 775 está dispuesto para inyectar un flujo de líquido  $L_2$  en la columna 760 aguas arriba de la porción venturi 771. En la figura 11 se muestra una vista en sección transversal de la columna 760 en la posición X-X.

- 45 Se puede ver que el inyector de líquido 775 está configurado para inyectar líquido  $L_2$  en la columna 760 en un sentido sustancialmente tangencial a una superficie interna 760S de la columna 760 de manera que el líquido  $L_2$  tiene una componente de velocidad en un sentido tangencial dentro de la columna 760. Esto hace que el líquido que fluye hacia arriba a través de la columna 760 gire en sustancialmente un sentido.

Debe entenderse que el fluido también tendrá una componente de velocidad en un sentido axial a lo largo de la columna 760 a medida que se mueve hacia arriba a través de la columna 760. Por lo tanto, el inyector 775 está dispuesto para generar el establecimiento de un vórtice de flujo dentro de la columna 760.

- 50 Un inyector de gas 778 está dispuesto para inyectar un flujo de gas 778F en la columna 760 aguas arriba de la porción venturi 771. En la realización mostrada, el inyector de gas 778 está dispuesto para inyectar el gas en una posición aguas abajo del inyector de líquido 775. Según el gas se eleva, hace que el líquido se arrastre al interior del tubo de extracción 760H en un extremo libre del mismo, distal a la columna sustancialmente vertical 760. El líquido se extrae a través del tubo de extracción 760H y hacia arriba a través de la columna 760.

El aparato 750 está dispuesto de tal manera que a medida que el líquido del inyector de líquido 775 y el gas del inyector de gas 778 entran en la porción venturi 771, se generan microburbujas. Las microburbujas actúan como sitios a los que puede unirse las ANS bacterianas dentro del líquido.

5 La formación de las microburbujas aumenta la probabilidad de muerte de las ANS bacterianas por medio de la energía sónica producida por el dispositivo 600 de suministro de fluido. Esto es al menos en parte debido a que la energía sónica puede causar la ruptura violenta de las microburbujas causando la generación de ondas de choque tales como ondas de choque ultrasónicas que causan daño y muerte a las ANS bacterianas atrapadas por una microburbuja.

10 En algunas realizaciones, la columna 760 tiene un diámetro de alrededor de 20 cm (alrededor de 8 pulgadas) y el inyector de líquido 775 tiene un diámetro de alrededor de 5 cm (alrededor de 2 pulgadas).

En algunas realizaciones, el dispositivo de suministro de fluido 600 puede suministrarse con un caudal de gas de alrededor de 50 normales m<sup>3</sup>/h a una presión de alrededor de 3,5-4,0 bar de presión (350-400 kPa).

Son también útiles otros valores de una o más dimensiones y/o uno o más parámetros operativos en algunas realizaciones.

15 Debe entenderse que algunas realizaciones de la invención que emplean un generador de microburbujas 770 funcionan más eficazmente para destruir las ANS bacterianas. Además, algunas realizaciones de la invención que emplean una cámara de amplificación 690 también funcionan más eficazmente para destruir las ANS bacterianas.

20 La figura 12 es una ilustración esquemática del aparato de bomba de elevación de gas 850 de acuerdo con una realización adicional de la invención. Características similares del aparato de la figura 12 a los del aparato de la figura 10 están etiquetados con signos de referencia idénticos o signos de referencia similares con el prefijo numérico 8 en lugar del número 7.

El aparato 850 es similar al de la figura 10 excepto que el líquido solo puede entrar en la columna 860 por medio del tubo de extracción 860H, es decir, no se proporciona ningún inyector de líquido 775 alimentado por una fuente de líquido presurizado en adición al tubo de extracción 860H.

25 En la realización de la figura 12, el líquido que pasa a través del tubo de extracción 860H está dispuesto para entrar en la columna 860 en un sentido tangencial a una pared de la columna 860, induciendo así una turbulencia en el líquido que sube a través de la columna 860.

30 En las realizaciones de la figura 10 y de la figura 12, todo el líquido que fluye hacia arriba de las columnas 780, 860 desde debajo de las porciones venturi 771, 871 fluye a través de las porciones venturi 771, 871. En algunas realizaciones, algún líquido puede sortear la porción venturi (véase por ejemplo la realización de la figura 15 descrita más adelante).

La figura 13(a) es una vista en perspectiva de un generador de microburbujas 970 adecuado para su uso con las realizaciones de la presente invención.

35 El generador 970 tiene una porción de cuerpo 970B que tiene una entrada de líquido 975 y un inyector de gas 978 en un extremo, dispuestos para permitir que el líquido y el gas, respectivamente, entren en un conducto de fluido interno 973 del generador 970. El conducto 973 es sustancialmente circular en sección transversal, estando dispuesta la entrada de líquido 975 para permitir que el líquido entre al conducto 973 a lo largo de un sentido sustancialmente tangencial a una pared interna del conducto 973 según se ve a lo largo de un eje longitudinal del conducto 973 similar a la disposición de la figura 11. Esto es para promover el establecimiento de un vórtice de flujo de líquido a medida que el líquido pasa a lo largo del conducto 973 hacia una porción venturi 971. El establecimiento del vórtice de flujo puede promover la cizalladura del gas y del líquido y, por lo tanto, la cizalladura de las burbujas arrastradas en el líquido, promoviendo la formación de microburbujas.

45 El generador 970 sirve para generar microburbujas en el líquido a medida que el líquido y el gas pasan a través de la porción venturi 971. Por lo tanto, se puede proporcionar un flujo de líquido que tiene microburbujas arrastradas desde una salida de fluido 972 del generador 970.

Debe entenderse que el generador 970 y un dispositivo de suministro de fluido según una realización de la invención (véanse, por ejemplo, los dispositivos de las figuras 2, 3 y 6 a 9) pueden emplearse en un aparato de bomba de elevación de gas o por separado en un tanque de lastre, un conducto de fluido o cualquier otra localización adecuada.

50 En algunas realizaciones, la salida de fluido 972 está orientada verticalmente hacia arriba y está dispuesta para dirigir microburbujas hacia un dispositivo de suministro de fluido configurado para lanzar ondas sónicas hacia el líquido que fluye a través de la columna de un aparato de bomba de elevación de gas, tal como un aparato de bomba de elevación de gas similar al de la figura 12. Debe entenderse que el generador 970 puede estar dispuesto para formar parte de la columna del aparato de elevación de gas de una manera similar a la que el generador 870 de

la realización de la figura 12 forma parte de la columna. La entrada de líquido 975 se puede acoplar a un tubo de extracción de una manera similar al aparato de la figura 12. En algunas realizaciones, la entrada de líquido 975 puede ser sustancialmente el único líquido a través del cual el líquido entra en un extremo inferior de la columna.

5 La figura 14 muestra una realización de la invención en la que se proporciona un dispositivo de suministro de fluido 600 en una columna 960 de un aparato de bombeo de elevación de gas 950. Las características similares del aparato de la figura 14 con respecto a las del aparato de la figura 10 están etiquetados con signos de referencia idénticos o signos de referencia similares con el prefijo numérico 9 en lugar del número 7.

Un generador de microburbujas 970 similar al descrito anteriormente e ilustrado en la figura 13 está montado dentro de la columna 960 del aparato 950.

10 El generador 970 sirve para inyectar un flujo de líquido L2 en el que las microburbujas son arrastradas a la columna 960 a través de la salida 972 y hacia el dispositivo de suministro de fluido 600. Debe entenderse que el aparato 950 también puede funcionar para bombear líquido L1 a través de la columna desde un tubo de extracción 960H mediante elevación de gas, por medio de gas inyectado en la columna a través del dispositivo de suministro de fluido 600, así como mediante una presión de líquido inyectado en la columna 960 a través del inyector de líquido 975.

15 Debe entenderse que la inyección de gas en la columna 960 en forma de microburbujas por medio del inyector de gas 978 también puede ayudar a bombear líquido L1 a través de la columna 960 mediante elevación de gas. Se forman burbujas de gas dentro del generador 970 en el líquido inyectado por el inyector 975 cuando se inyecta gas por el inyector 978. El tamaño de las burbujas se reduce por medio de las fuerzas de cizalladura experimentadas a medida que el líquido fluye a través de la porción venturi (o estrangulador) 971, por lo que se forman las microburbujas.

20 Debe entenderse que también son útiles otras disposiciones en las que un generador de microburbujas 970 proporcione un flujo de microburbujas arrastradas a un dispositivo de suministro de fluido 600. Las realizaciones de la invención sirven para matar las ANS bacterianas así como las ANS no bacterianas.

25 En la realización de la figura 14, el generador 970 se muestra posicionado en la corriente de flujo del líquido L1 desde el tubo de extracción 960H. El generador 970 puede posicionarse alternativamente en una base de una columna 960 que tiene un extremo inferior cerrado, tal como el extremo 860L de la columna 860 de la realización de la figura 12.

30 La figura 15 es una ilustración esquemática del aparato de bomba de elevación de gas 1050 de acuerdo con otra realización de la invención. Características similares del aparato de la figura 15 a los del aparato de la figura 14 están etiquetados con signos de referencia similares con prefijos numéricos 10 en lugar del número 9.

El aparato 1050 de la figura 15 es similar al de la figura 14 porque tiene una columna de elevación de gas sustancialmente en forma de L 1060 que tiene un dispositivo de suministro de fluido 600 provisto en la misma. Debe entenderse que el aparato de acuerdo con las realizaciones de la invención puede tener cualquier cantidad de dispositivos de suministro de fluido 600 provistos en el mismo.

35 El aparato 1050 tiene un generador de microburbujas 1070 dispuesto aguas arriba del dispositivo de suministro de fluido 600 y dentro de la columna 1060. El generador 1070 es similar al de la realización de la figura 14 excepto que el generador 1070 no tiene un inyector de líquido 975. En su lugar, un extremo aguas arriba del generador 1070 está dispuesto para recibir un flujo de líquido L1 que entra en la columna 1060 a través del tubo de extracción 1060H. En la realización mostrada, el extremo aguas arriba del generador 1070 es también el extremo más bajo del mismo.

40 Puede verse que una parte del líquido L1 que entra en la columna 1060 desde el tubo de extracción 1060H fluye alrededor de un exterior del generador 1070. Sin embargo, una parte del líquido fluye a través del generador 1070. En algunas realizaciones, sustancialmente todo el líquido L1 fluye a través del generador 1070.

45 Se proporciona un flujo de gas 1078F a través del generador 1070 por medio de un inyector de gas 1078. El generador 1070 está dispuesto de manera que a medida que el líquido L1 fluye a su través se forman microburbujas en el líquido L1.

50 En la realización mostrada, la columna 1060 está dispuesta para introducir turbulencias en el líquido L1 una vez que ha entrado en la columna 1060 desde el tubo de extracción 1060H. La turbulencia puede ser útil para estimular la formación de microburbujas en el flujo de líquido L1 a través del generador 1070 como se describió anteriormente. La turbulencia se desarrolla introduciendo el líquido en la columna 1060 en un sentido tangencial al interior de una pared lateral de la columna 1060 de una manera similar a la descrita anteriormente.

En algunas realizaciones alternativas, el generador 1070 está dispuesto para introducir turbulencias en el líquido que entra en el generador 1070. Por ejemplo, pueden proporcionarse deflectores de flujo alrededor del inyector 1078 u otra porción del generador 1070 tal como una pared interna del generador 1070 para inducir turbulencias en el líquido L1 entrando al generador 1070.

La figura 16 muestra un dispositivo de suministro de fluido 1200 de acuerdo con una realización adicional de la invención. El dispositivo tiene una cámara 1210 en forma de una bocina, estando acoplada la cámara 1210 a un cabezal de suministro de gas 1215. El cabezal de suministro 1215 tiene una entrada de gas 1215IN dispuesta para acoplarse a una línea de suministro de gas G que se muestra en líneas discontinuas.

5 El cabezal 1215 está dispuesto para suministrar un flujo de gas a una parte de silbato 1200W dentro de la cámara 1210. La parte de silbato 1200W tiene un miembro de boquilla 1220 y un cuerpo de silbato 1225 acoplado al miembro de boquilla 1220. El cuerpo del silbato 1225 está dispuesto para soportar un miembro receptor 1230 en una relación sustancialmente fija espaciada y sustancialmente coaxial con el miembro de boquilla 1220. La parte de silbato 1225 tiene la forma de una estructura de bastidor sustancialmente abierto para reducir así la cantidad de energía de sonido absorbida cuando el miembro del silbato está funcionando.

10 El miembro de boquilla 1220 está dispuesto para dirigir un flujo de fluido gaseoso a través de una abertura 1235 del miembro receptor 1230 a una cavidad abierta 1237 definida por el miembro receptor 1230. El elemento receptor 1230 está dispuesto para ser atornillado en una abertura roscada en el cuerpo del silbato 1225 para acoplar así el miembro receptor 1230 al cuerpo del silbato 1225.

15 Una distancia entre la abertura 1235 del miembro receptor 1230 y la boquilla 1220 puede por lo tanto ajustarse por medio de la rosca por rotación del miembro receptor 1230.

En algunas disposiciones, se puede ajustar una profundidad D de la cavidad definida por el miembro receptor 1230. En algunas disposiciones, el ajuste es por medio de un ajuste de tornillo adicional, por ejemplo ajustando una posición de un tornillo que define en un extremo una superficie basal interior de la cavidad. Esta característica tiene la ventaja de que se puede optimizar la cantidad de energía del sonido producida por el dispositivo 1200. También se puede ajustar la frecuencia de la energía del sonido (es decir, la frecuencia de las ondas de sonido generadas por el dispositivo 1200).

20 Como se indicó anteriormente, la cámara 1210 tiene la forma de una bocina. Un área de sección transversal de la cámara 1210 aumenta en función de la distancia desde el elemento de boquilla 1220 en una dirección alejada del cabezal de suministro de gas 1215. El área de la sección transversal aumenta hasta un tamaño máximo (correspondiente a una posición de diámetro máximo de la cámara 1210) y empalma con una parte de la cámara 1210 que tiene un área de sección transversal sustancialmente constante en función de la distancia desde el miembro de boquilla 1220. Se proporciona un diafragma o membrana 1293 en el extremo de la cámara en forma de bocina 1210 y proporciona una pared de la cámara 1210 para comunicar energía sónica al líquido que rodea la cámara 1210.

25 El dispositivo 1200 está provisto de un conducto de salida de gas 1241 a través del cual se puede ventilar el gas que se ha inyectado en la cámara 1210, como se muestra mediante las flechas F.

En algunas realizaciones incluyendo la realización mostrada en la figura 16 el gas se ventila en la columna del aparato de bomba de elevación de gas en el que está instalado el dispositivo 1200. En algunas realizaciones, el gas se ventila a una ubicación alternativa tal como a la atmósfera. Un volumen 1295 de gas dentro de la cámara 1210 está dispuesto para acoplar la energía sónica en forma de ondas sónicas generadas por la parte de silbato 1200W en el líquido 1202 externo al dispositivo 1200 por medio del diafragma 1293 así como mediante la transmisión de energía sónica a través de la pared del resto de la cámara 1210.

35 La figura 17 muestra un dispositivo de suministro de fluido 1300 de acuerdo con una realización adicional de la presente invención. El dispositivo 1300 es de construcción relativamente simple, no teniendo una cámara de amplificación que tenga una membrana para comunicar energía sónica al líquido externo al dispositivo 1300. Más bien, el dispositivo 1300 tiene una cámara 1310 formada sustancialmente por completo de acero inoxidable, aunque también son útiles otros materiales.

40 La figura 17(a) es una vista lateral del dispositivo 1300 mientras que la figura 17(b) es una vista en sección transversal a lo largo de la misma dirección de visión que la figura 17(a).

El dispositivo tiene una cámara 1310 que también proporciona un cuerpo del silbato 1325. Un miembro de boquilla 1320 y un miembro de receptor 1330 están acoplados al cuerpo del silbato 1325 de una manera similar a la realización de la figura 16 descrita anteriormente.

45 El cuerpo del silbato 1325 proporciona un manguito sustancialmente tubular coaxial con el miembro de boquilla 1320 y el miembro receptor 1330. Por el contrario, en la realización de la figura 16, el cuerpo del silbato 1225 tiene la forma de un bastidor sustancialmente abierto dentro de una cámara más grande 1210 en lugar de en forma de un manguito. La disposición de bastidor abierto puede reducir la absorción de energía sónica por el cuerpo del silbato 1225 como se describió anteriormente.

50 El miembro receptor 1330 está dispuesto para cerrar un extremo de la cámara 1310. Las aberturas 1341 están formadas en una pared de la cámara 1310 para permitir que el gas que fluye hacia el dispositivo 1300 desde la boquilla 1320 fluya desde el dispositivo 1300.

La figura 18 muestra una parte de una columna 1360 de un aparato de bomba de elevación de gas de acuerdo con una realización de la invención en (a) vista lateral y en (b) vista en planta. La columna 1360 tiene dos entradas de gas GA, GB, cada una dispuesta para suministrar un flujo de gas en un conducto de gas correspondiente 1305A, 1305B que sobresale en la columna 1360 normal a un eje del cilindro del mismo.

- 5 Cada conducto 1305A, 1305B tiene cuatro dispositivos de suministro de gas 1300 T conectados al mismo y que se proyectan hacia arriba, y cuatro dispositivos de suministro de gas conectados T y que se proyectan hacia abajo.

En la realización de la figura 18, para cada conducto 1305A, 1305B, los dispositivos 1300 que se proyectan hacia arriba están emparejados cada uno con un dispositivo correspondiente 1300 que se proyecta hacia abajo de manera que los dispositivos emparejados son sustancialmente coaxiales entre sí. Sus ejes comunes son sustancialmente paralelos al eje de un cilindro de la columna 1360. Esta característica tiene la ventaja de que el arrastre inducido en un flujo de fluido a través de la columna 1360 puede reducirse ya que el área proyectada de los dieciséis dispositivos 1300 en un plano normal al del eje del cilindro de la columna 1360 se reduce con respecto al posicionamiento no coaxial de los dispositivos 1300.

10 Como se describió anteriormente, en la disposición mostrada en la figura 18, la columna 1360 está provista de dieciséis dispositivos 1300 de suministro de fluido. Debe entenderse que puede emplearse un número mayor o menor de dispositivos 1300 en algunas realizaciones.

La figura 19 muestra un dispositivo de suministro de fluido 1400 de acuerdo con una realización de la invención similar a la mostrada en la figura 16. Características similares de la realización de la figura 19 a la de la realización de la figura 16 se muestran con signos de referencia similares con el prefijo numérico 14 en lugar del número 12.

20 En la realización de la figura 19 un miembro receptor 1430 está acoplado directamente a un diafragma 1493 y está dispuesto para moverse con el mismo. Debe entenderse que una distancia entre un miembro de boquilla 1420 y un miembro receptor 1430 puede variar a medida que el diafragma 1493 vibra. Sin embargo, si el diafragma 1493 está dispuesto para vibrar a ciertas frecuencias prescritas, a las que la posición del miembro receptor 1430 define un nodo, el movimiento del miembro receptor 1430 se reducirá sustancialmente. En la configuración que se muestra en la figura 21, el diafragma 1493 se muestra vibrando a dicha frecuencia, el miembro receptor 1430 permanece sustancialmente estacionario a medida que el diafragma 1493 vibra. Las posiciones instantáneas del diafragma 1493 en el extremo opuesto de desviación del mismo durante el funcionamiento del dispositivo a una frecuencia particular se muestran en líneas discontinuas en la figura 19.

30 La figura 20 muestra un generador de microburbujas 1370 de acuerdo con una realización adicional de la presente invención. El generador 1370 se muestra instalado en una sección de la columna 1360 del aparato de bomba de elevación de gas de la figura 18 aguas arriba de los dispositivos de suministro de fluido 1300. El generador 1370 está dispuesto para suministrar un flujo de microburbujas a los dispositivos 1300. Debe entenderse que en algunas disposiciones el generador 1370 puede disponerse para inyectar microburbujas desde una salida 1370OUT de la misma en el columna 1360 de manera que las microburbujas se dirigen a una corriente de flujo de líquido a través del aparato de bombeo.

35 El generador 1370 tiene una entrada de líquido 1370IN y una salida de líquido 1370OUT en sus extremos opuestos. El líquido que pasa a través de la entrada 1370IN pasa a través de una porción de estrangulación 1371 que tiene una porción convergente C, una porción de garganta T y una porción divergente D. Debe entenderse se pueden seleccionar un ángulo de convergencia y un ángulo de divergencia de las partes convergentes y divergentes C, D respectivamente para optimizar el rendimiento del generador 1370. Los ángulos de divergencia más pronunciados de la parte D divergente pueden dar como resultado la inducción de una mayor turbulencia en el líquido que pasa a través de la parte divergente D. En la realización mostrada, un ángulo incluido de la divergencia  $\theta$  de la parte divergente con respecto al eje A del cilindro de la columna 1360 está en el rango de aproximadamente 150° a aproximadamente 160°. También son útiles otros ángulos.

45 En la realización de la figura 20 el generador 1370 tiene cuatro inyectores de gas 1375 dispuestos en cuadratura alrededor de la porción de garganta T y dispuestos para inyectar gas en el líquido que fluye a través de la porción de garganta T. El líquido que fluye a través de la porción de garganta fluye a una velocidad mayor que la que fluye en la columna 1360 aguas arriba del generador 1370 cuando pasa a través de la entrada 1370IN. Por lo tanto, una fuerza de cizalladura del líquido que fluye a través de la porción de garganta T sobre las burbujas de gas que entran en la porción de garganta T se mejora con respecto a la inyección de gas en la columna 1360 en ausencia de una porción de garganta. Esto da como resultado la formación de burbujas más pequeñas que las formadas si las burbujas se inyectaran en el líquido aguas arriba del generador 1370. Además, las burbujas de gas formadas en la porción de garganta T pasan a la parte divergente D donde se induce turbulencia en el líquido. Esto da como resultado la aplicación de fuerzas de cizalladura severas a las burbujas. Esto reduce adicionalmente el tamaño de las burbujas antes de que se expongan a las ondas sónicas generadas por los dispositivos de suministro de fluido 1300.

La figura 21 muestra un generador de microburbujas 1570 ciclón (o "ciclónico") dispuesto para inducir turbulencias en el líquido que pasa a una columna de un aparato de bomba de elevación de gas según una realización de la invención para promover la formación de microburbujas en el líquido.

Las características similares del generador de la figura 21 a los del generador de la figura 20 se muestran con signos de referencia semejantes con prefijo numérico 15 en lugar del número 13. Como en el caso de la realización de la figura 20 (y en contraste con la realización de la figura 13), en la realización de la figura 21 el gas está dispuesto para ser inyectado en el generador en una porción de garganta T de una porción Venturi V del generador 1570.

- 5 La figura 21(a) es una vista en sección transversal del generador 1570 en vista normal al eje del cilindro A del generador 1570. La figura 21(b) es una vista a lo largo del eje del cilindro A como se ve a lo largo de la dirección de la flecha B.

El generador 1570 está dispuesto para formar una conexión entre una columna de un aparato de bomba de elevación de gas y un tubo de extracción orientado sustancialmente ortogonal a la columna, aunque también son  
10 útiles otras disposiciones. La salida del líquido 1570OUT está dispuesta encarada hacia arriba y para acoplarse a la columna. Una entrada de líquido 1575 está dispuesta encarada en una dirección lateral (sustancialmente horizontal) y para conectarse al tubo de extracción. Como se puede ver en la figura 21(a), el líquido que entra en el generador 1570 a través de la entrada 1575 lo hace en un sentido sustancialmente tangencial a una pared interna del generador 1570 y esta característica promueve el flujo de turbulencias de líquido a través del generador 1570.

15 El líquido que fluye a través del generador 1570 es forzado a fluir a través de un estrangulador o porción Venturi 1571. La porción Venturi tiene una porción convergente C que es una porción sobre la cual disminuye un área de sección transversal del generador 1570 con la distancia desde la entrada de líquido 1575, una parte de garganta T del área de la sección transversal sustancialmente constante y una parte divergente D del área en sección transversal creciente.

20 Las entradas de gas 1575 están dispuestas en la porción de garganta T dispuesta para inyectar gas en el líquido que pasa a través de la porción de garganta T. Las entradas 1575 están dispuestas en posiciones separadas alrededor de una circunferencia de la porción de garganta T, siendo las entradas vecinas 1575 sustancialmente equidistantes entre sí. En la realización mostrada, se proporcionan 12 entradas. También son útiles otros números de entradas 1575 y otras disposiciones de entradas 1575.

25 En funcionamiento, el líquido que pasa a través de la porción Venturi 1571 está dispuesto para provocar la formación de burbujas de gas en el líquido a medida que se inyecta gas a través de las entradas 1575. Esto provoca una reducción en el tamaño de las burbujas en comparación con un tamaño de equilibrio de las burbujas de gas formadas en el líquido estancado. Se ha encontrado que generadores de microburbujas 1570 del tipo mostrado en la figura 21 son altamente efectivos para producir un flujo estable de microburbujas.

30 La referencia en este documento a un barco incluye referencia a cualquier buque, barco u otra estructura flotante que tenga al menos un tanque de lastre en forma de un tanque de almacenamiento de líquido.

Debe entenderse que las realizaciones de la presente invención proporcionan un aparato y un método para bombear un líquido, por ejemplo, para recircular líquido en un tanque de almacenamiento de líquido por medio de una bomba de elevación de gas. Una extensión perforada en la parte superior de una parte de elevación de la bomba de  
35 elevación de gas descrita en este documento permite que el aparato se use en circunstancias en las que la profundidad del líquido en el tanque pueda variar en un amplio rango. Se pueden usar gases distintos al aire en la elevación de gases, para cambiar la acidez y las concentraciones de gases disueltos, particularmente oxígeno, en el líquido. El gas puede introducirse en el elevador de gas a través de un silbato que genera ondas de sonido intensas y las acopla al líquido. Estas características cuando se usan en combinación tienen una aplicación particular contra especies invasoras en el agua de lastre de cargueros transoceánicos

40 Por lo tanto, algunas realizaciones de la invención proporcionan aparatos para la circulación simultánea de líquido en un tanque y cambiar la concentración de uno o más gases disueltos en el líquido. Algunas realizaciones proporcionan un aparato para hacer circular simultáneamente líquido en un tanque, cambiando la concentración de uno o más gases disueltos en el líquido y además exponiendo el líquido a ondas de  
45 sonido intensas.

Algunas realizaciones de la presente invención se pueden entender con referencia a los siguientes párrafos numerados:

1. Aparato de bomba de elevación de gas que comprende:

50 una columna que tiene durante su uso una parte sustancialmente vertical a través de la cual puede bombearse un medio líquido mediante elevación de gas; y

un dispositivo de suministro de fluido para suministrar un flujo de un fluido gaseoso a la columna en una primera posición de la columna,

55 en el que la columna comprende una parte de elevación que tiene una pared sustancialmente continua, no perforada y una porción perforada que es una porción que tiene una pared perforada, extendiéndose la parte de elevación de la columna entre la primera posición y la porción perforada de la columna; y

en el que el dispositivo de suministro de fluido sirve para suministrar el flujo de fluido gaseoso a la columna de manera que el fluido gaseoso se eleve a través de la porción de elevación una primera distancia antes de entrar en la porción perforada.

- 5 2. Aparato como se describe en el párrafo 1 en el que una distancia axial de la primera posición de la columna de la porción perforada de la columna es una distancia mayor o igual a sustancialmente diez veces el diámetro medio de la columna en la primera posición.
3. Aparato como se describe en el párrafo 1, en el que una distancia axial de la primera posición de la columna desde la porción perforada de la columna corresponde a un múltiplo del diámetro medio de la columna en la primera posición, siendo el múltiplo uno seleccionado de entre 10 a 15, de 15 a 20 y más de 20 diámetros.
- 10 4. Aparato como se describe en cualquier párrafo anterior que comprende además un generador de energía sónica, pudiendo funcionar el generador para lanzar energía sónica en un medio líquido que fluye a través de la columna.
5. Aparato como se describe en el párrafo 4 que sirve para ajustar una frecuencia sónica de la energía sónica generada por el generador
- 15 6. Aparato como se describe en cualquier párrafo anterior, en el que el generador de energía sónica comprende un miembro de boquilla que sirve para dirigir un flujo de fluido gaseoso hacia o a través de una entrada a un miembro receptor provisto en una relación separada con el miembro de boquilla, definiendo el miembro receptor una cavidad abierta, para excitar la resonancia del fluido gaseoso en el miembro receptor para generar la energía sónica.
7. Aparato como se describe en el párrafo 6 que sirve para dirigir un flujo supersónico de fluido gaseoso a través de la boquilla.
- 20 8. Aparato como se describe en el párrafo 6 o en el párrafo 7 que sirve para establecer un patrón estable de ondas de choque entre la boquilla y el miembro receptor.
9. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 6 a 8 que sirve para ajustar una distancia entre el miembro receptor y la boquilla.
- 25 10. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 6 al 9 que sirve para ajustar la profundidad de la cavidad definida por el miembro receptor.
11. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 6 a 10, en el que el miembro receptor está acoplado directamente a la columna en la que la energía sónica puede ser lanzada al medio líquido que fluye a través de la columna.
- 30 12. Aparato tal como se describe en cualquiera de los párrafos 6 a 11, en donde el miembro receptor se proporciona dentro de una cámara, estando dispuesta la boquilla para dirigir un flujo de fluido gaseoso en o a través de la entrada al miembro receptor en el que se generan las ondas de presión sónicas dentro de la cámara.
13. Aparato como se describe en el párrafo 12 en el que el miembro de boquilla y el miembro receptor se sitúan dentro de la cámara.
- 35 14. Aparato como se describe en el párrafo 12 o el párrafo 13, en el que la cámara se proporciona en comunicación acústica con un medio líquido que fluye a través de la columna.
15. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 12 a 14 en donde la cámara está situada dentro de la columna.
16. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 4 a 15, en el que el generador de energía sónica sirve para comunicar energía sónica al medio líquido por medio de un diafragma flexible.
- 40 17. Aparato como se describe en el párrafo 16, en el que el diafragma está dispuesto para resonar a una frecuencia correspondiente a la de la energía sónica generada por el generador sónico.
18. Aparato como se describe en los párrafos 16 o 17, en el que el diafragma está formado por al menos uno seleccionado de entre un material metálico y un material polimérico.
- 45 19. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 16 a 18 que dependen del párrafo 4, en el que el miembro receptor está montado en el diafragma con el fin de acoplar la energía sónica generada por el generador en el medio líquido en un lado opuesto del diafragma.
20. Aparato como se describe en el párrafo 19 en el que el diafragma está dispuesto para resonar en un modo en el que el miembro receptor permanece sustancialmente estacionario.
- 50 21. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 16 a 20, en el que el miembro receptor está provisto de una abertura en una pared basal del mismo, por lo que la energía sónica puede acoplarse al diafragma.

22. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 16 a 21 que dependen del párrafo 12, en el que el diafragma está dispuesto para definir una pared de la cámara.
23. Aparato como se describe en el párrafo 12 de cualquiera de los párrafos 13 a 22 que dependen del párrafo 12, en el que al menos una parte de la cámara tiene un área de sección transversal que aumenta en función de la distancia desde el miembro de boquilla.
24. Aparato como se describe en el párrafo 22 o 23 en el que al menos una parte de la cámara tiene una sección transversal sustancialmente cónica.
25. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 22 a 24, en el que al menos una porción de la cámara tiene una forma sustancialmente cónica.
26. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 22 a 25, en el que al menos una parte de la cámara tiene una forma sustancialmente troncocónica.
27. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 4 a 26, en el que el dispositivo de suministro de fluido comprende el generador sónico, en el que el fluido gaseoso empleado para generar la energía sónica está dispuesto para ser inyectado en la columna para bombear fluido a través de la columna.
28. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 4 a 26, en el que el fluido gaseoso empleado para generar la energía sónica está dispuesto para no ser inyectado en la columna.
29. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 4 a 28, en el que la energía sónica generada por el generador de energía sónica comprende energía ultrasónica.
30. Aparato como se describe en el párrafo 29 en el que la energía sónica generada consiste sustancialmente en energía ultrasónica.
31. Aparato como se describe en cualquier párrafo anterior en el que el dispositivo de suministro de fluido está dispuesto para ser proporcionado en una corriente de flujo del medio líquido a través de la columna.
32. Aparato como se describe en el párrafo 31, en el que el dispositivo tiene una parte aguas arriba y una parte aguas abajo.
33. Aparato como se describe en el párrafo 32, en el que la porción aguas abajo es cónica para reducir de ese modo la cantidad de arrastre experimentada por el dispositivo en la corriente de flujo.
34. Aparato como se describe en el párrafo 32 o 33 que depende del párrafo 6, en el que el miembro receptor se proporciona en la porción aguas arriba del dispositivo.
35. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 31 a 34, que dependen del párrafo 16, en el que el diafragma está dispuesto para dirigir la energía sónica hacia el medio líquido en un sentido aguas arriba con respecto a un flujo del medio líquido a través de la columna.
36. Aparato como se describe en el párrafo 4 o cualquiera de los párrafos 5 a 35, que dependen del párrafo 4, que comprende una pluralidad de generadores de energía sónica.
37. Aparato como se describe en el párrafo 36, en el que la pluralidad de generadores sónicos se sitúa sustancialmente en la primera posición de la columna.
38. Aparato como se describe en el párrafo 4 o en cualquiera de los párrafos 5 a 37, que dependen del párrafo 4, que comprende un generador de burbujas que sirve para proporcionar burbujas de gas en el líquido en la columna, sirviendo el aparato para someter las burbujas a la energía sónica generada por el generador de energía sónica.
39. Aparato como se describe en el párrafo 38 en el que el generador comprende una porción de constricción a través de la cual el medio líquido es forzado a fluir, teniendo la porción de constricción una sección convergente del área de sección transversal decreciente, una sección de garganta y una sección divergente del área de sección transversal creciente.
40. Aparato como se describe en el párrafo 39, que sirve para inyectar fluido gaseoso en el medio líquido en la columna en un lugar aguas arriba de la parte de constricción.
41. Aparato como se describe en el párrafo 39 o 40 que sirve para inyectar fluido gaseoso en un medio líquido en la sección de garganta.
42. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 39 a 41 dispuesto para proporcionar un flujo del medio líquido en la porción de constricción en forma de vórtice.

43. Aparato como se describe en el párrafo 41 o 42 dispuesto para generar un flujo del medio líquido en la parte de constricción en forma de vórtice mediante la inyección de un flujo del medio líquido en la columna del aparato en una dirección sustancialmente tangencial a una superficie interior de la columna.
- 5 44. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 38 a 42 dispuesto para generar microburbujas que tienen un diámetro en el rango de al menos uno seleccionado entre alrededor de 1 micra a alrededor de 1000 micras, alrededor de 1 micra a alrededor de 500 micras, alrededor de 500 micras a alrededor de 1000 micras, y alrededor de 100 micras a alrededor de 1000 micras.
- 10 45. Aparato como se describe en cualquier párrafo anterior en el que el aparato está provisto de un tubo de extracción acoplado a una base de la columna, extendiéndose el tubo de extracción en un sentido que se aleja de un eje longitudinal de la columna para extraer líquido a la columna desde una región alejada de la columna.
46. Aparato como se describe en el párrafo 45 en el que el tubo de extracción es sustancialmente normal a la columna.
- 15 47. Aparato como se describe en el párrafo 46 que depende del párrafo 43 en el que el tubo de extracción está dispuesto para permitir que la columna extraiga líquido en el mismo en una dirección sustancialmente tangencial a la superficie interna de la columna para generar flujo de vórtice en la columna.
48. Aparato como se describe en el párrafo 46 o 47 en el que la columna y el tubo de extracción definen una disposición sustancialmente en forma de "J" o de "L".
49. Aparato como se describe en cualquier párrafo anterior en el que el dispositivo de suministro de fluido sirve para introducir un gas en la columna con lo que se reduce la concentración de uno o más gases en el líquido.
- 20 50. Aparato como se describe en cualquier párrafo precedente, en el que el dispositivo de suministro de fluido sirve para introducir un gas en la columna con lo que se reduce la concentración de oxígeno en el líquido.
51. Aparato como se describe en cualquier párrafo precedente, en el que el dispositivo de suministro de fluido sirve para introducir un gas en la columna con el fin de aumentar la concentración de uno o más gases en el líquido.
- 25 52. Aparato como se describe en el párrafo 51 en el que el dispositivo de suministro de fluido sirve para introducir dióxido de carbono en la columna para aumentar así la concentración de dióxido de carbono en el líquido.
53. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 49 a 52, en el que el gas comprende dióxido de carbono.
54. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 49 a 53, en el que el gas comprende una mezcla gaseosa de dióxido de carbono y nitrógeno.
- 30 55. Aparato como se describe en cualquiera de los párrafos 49 a 54, en el que el gas comprende una mezcla gaseosa de dióxido de carbono, nitrógeno y oxígeno.
56. Aparato como se describe en cualquier párrafo anterior en el que la porción perforada tiene una pluralidad de aberturas formadas en una pared del mismo.
- 35 57. Un tanque de almacenamiento de líquido que comprende un aparato como se describe en cualquier párrafo anterior.
58. Un tanque como se describe en el párrafo 57 en la forma de un tanque sustancialmente en forma de L.
59. Un tanque como se describe en el párrafo 58 que depende de uno cualquiera de los párrafos 45 a 48 en el que la columna se sitúa en una porción de la pata del tanque y el tubo de extracción se extiende hacia una porción de pie del tanque lateralmente alejada de la porción de pata.
- 40 60. Un buque marítimo que comprende un tanque de lastre proporcionado por el tanque de cualquiera de los párrafos 57 a 59.
61. Un método de circulación de un medio líquido que comprende:
- bombear el medio líquido a través de una columna de una bomba de elevación de gas mediante elevación del gas por lo que se introduce un flujo de fluido gaseoso en la columna en una primera posición de la misma;
- 45 comprendiendo el método la etapa de permitir que el gas suba en la columna a través de una porción de elevación de la columna una primera distancia antes de entrar en una porción perforada de la columna, siendo la porción de elevación de la columna una porción que tiene una pared no perforada, sustancialmente continua, y que se extiende entre la primera posición y la porción perforada.

62. Un método como se describe en el párrafo 61 que comprende someter el líquido que sube en la columna a la energía sónica.

5 63. Un método como se describe en el párrafo 62 que comprende generar la energía sónica por medio de un dispositivo de silbato, comprendiendo el método la introducción de fluido gaseoso en el dispositivo de silbato para generar la energía sónica.

64. Un método como se describe en el párrafo 63 que comprende agotar el gas de la columna que se ha introducido en el dispositivo de silbato para provocar el bombeo del medio líquido a través de la columna.

10 A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta especificación, las palabras "comprender" y "contener" y variaciones de las palabras, por ejemplo "que comprende" y "comprende", significan "que incluye pero no se limita a", y no pretende (y no excluye) otras fracciones, aditivos, componentes, enteros o etapas.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta especificación, el singular abarca el plural a menos que el contexto requiera lo contrario. En particular, cuando se usa el artículo indefinido, debe entenderse que la especificación contempla tanto la pluralidad como la singularidad, a menos que el contexto requiera lo contrario.

15 Características, números enteros, compuestos, fracciones químicas o grupos descritos en conjunción con un aspecto particular, realización o ejemplo de la invención deben entenderse aplicables a cualquier otro aspecto, realización o ejemplo descrito en el presente documento, a menos que sea incompatible con el mismo.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato de bomba de elevación de gas para usar en un tanque de almacenamiento de líquido, comprendiendo el aparato:
- 5 una columna configurada para estar dispuesta dentro del tanque de almacenamiento de líquido para estar al menos parcialmente sumergida en un medio líquido en el mismo y que tiene durante su uso una porción sustancialmente vertical a través de la cual el medio líquido puede ser bombeado por elevación de gas; y
- un dispositivo de suministro de fluido (10) para suministrar un flujo de un fluido gaseoso a la columna en una primera posición de la columna;
- caracterizado porque:
- 10 la columna comprende una porción elevada que tiene una pared no perforada, sustancialmente continua, (160 UP, 260 UP, 460 UP, 560 UP) y una porción perforada que es una porción que tiene una pared perforada (160 P, 260 P, 460 P, 560 P), extendiéndose la porción elevada de la columna entre la primera posición y la porción perforada de la columna;
- 15 sirviendo el dispositivo de suministro de fluido para suministrar el flujo de fluido gaseoso en la columna de manera que el fluido gaseoso se eleve a través de la porción de elevación una primera distancia antes entrar en la parte perforada;
- el dispositivo de suministro de fluido comprende un generador de energía sónica (100) que sirve para lanzar la energía sónica en un medio líquido que fluye a través de la columna; y
- 20 el aparato comprende un generador de burbujas que sirve para proporcionar burbujas de gas en el líquido en la columna, sirviendo el aparato para someter las burbujas a la energía sónica generada por el generador de energía sónica.
2. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una distancia axial de la primera posición de la columna desde la porción perforada de la columna corresponde a un múltiplo del diámetro medio de la columna en la primera posición, siendo el múltiplo uno seleccionado de entre 10 a 15, de entre 15 a 20 y más de 20 diámetros.
- 25 3. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 1 o con la reivindicación 2 en el que el fluido gaseoso empleado para generar la energía sónica está dispuesto para ser inyectado en la columna para bombear fluido a través de la columna.
4. Un aparato de acuerdo con cualquier reivindicación precedente que comprende una pluralidad de generadores sónicos situados sustancialmente en la primera posición de la columna.
- 30 5. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el generador de burbujas comprende una porción de constricción a través de la cual se fuerza que el medio líquido fluya, teniendo la porción de constricción una sección convergente del área de sección transversal decreciente, una sección de garganta y una sección divergente del área de sección transversal creciente.
- 35 6. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 5, que puede funcionar para inyectar fluido gaseoso en el medio líquido en la columna en una posición aguas arriba de la porción de constricción.
7. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 5 o con la reivindicación 6, que sirve para inyectar fluido gaseoso en el medio líquido en la sección de garganta.
8. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7 dispuesto para proporcionar un flujo del medio líquido en la parte de constricción en forma de vórtice.
- 40 9. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 7 o con la reivindicación 8 dispuesto para generar un flujo del medio líquido en la parte de constricción en forma de vórtice inyectando un flujo del medio líquido en la columna del aparato en un sentido sustancialmente tangencial a una superficie interna de la columna.
- 45 10. Un aparato de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que el generador de burbujas está dispuesto para generar microburbujas que tienen un diámetro en el rango de al menos uno seleccionado de entre 1 micra a alrededor de 1000 micras, de entre 1 micra a alrededor de 500 micras, de entre 500 micras a alrededor de 1000 micras, y de entre 100 micras a alrededor de 1000 micras.
11. Un tanque de almacenamiento de líquido, opcionalmente un tanque sustancialmente en forma de L, que comprende un aparato de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, o un buque marino que comprende el mismo para su uso como un tanque de lastre.

12. Un método para hacer circular un medio líquido en un tanque de almacenamiento de agua de lastre que comprende:

introducir un flujo de fluido gaseoso en una columna de una bomba de elevación de gas dispuesta en el tanque en una primera posición de la misma;

5 caracterizado por:

bombear el medio líquido a través de una porción elevada de la columna permitiendo que el gas suba en la columna una primera distancia antes de entrar en una parte perforada de la columna, siendo la porción elevada de la columna una porción que tiene una pared no perforada, sustancialmente continua y que se extiende entre la primera posición y la porción perforada;

10 permitir que el medio líquido y/o el gas pasen de la columna a través de la porción perforada;

lanzar energía sónica a un medio líquido que fluye a través de la columna; y

generar burbujas de gas en el líquido en la columna para someter las burbujas a la energía sónica generada por el generador de energía sónica.

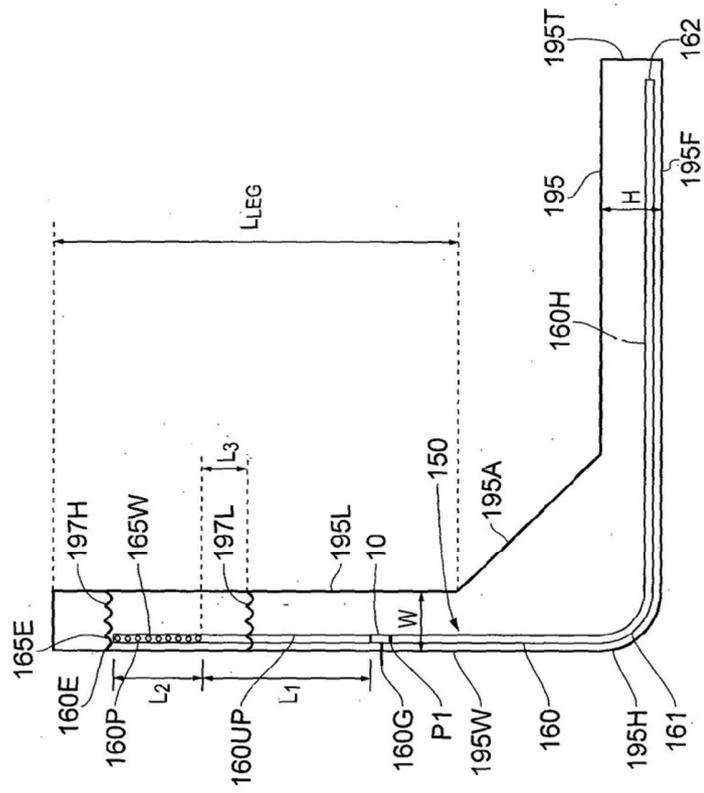


FIG. 1(a)

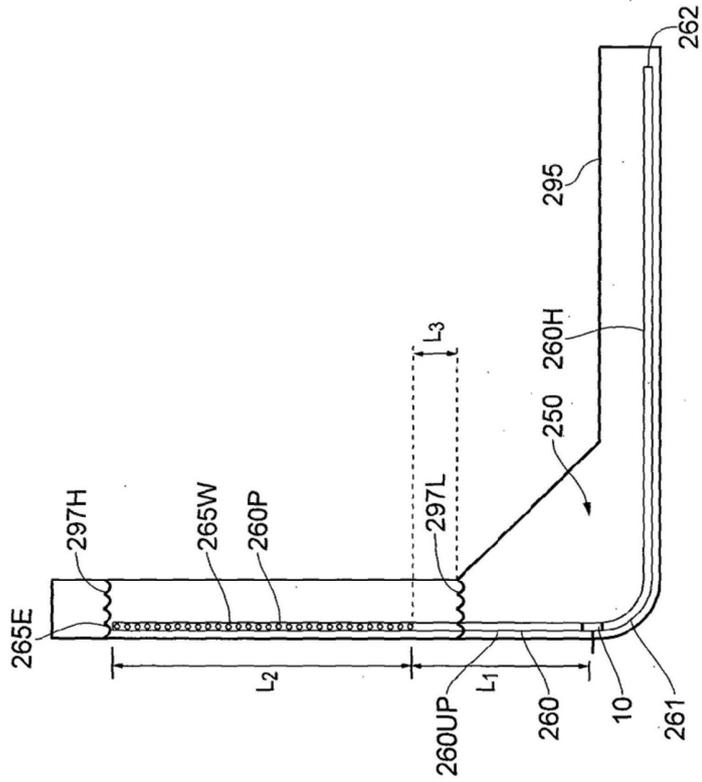


FIG. 1(b)

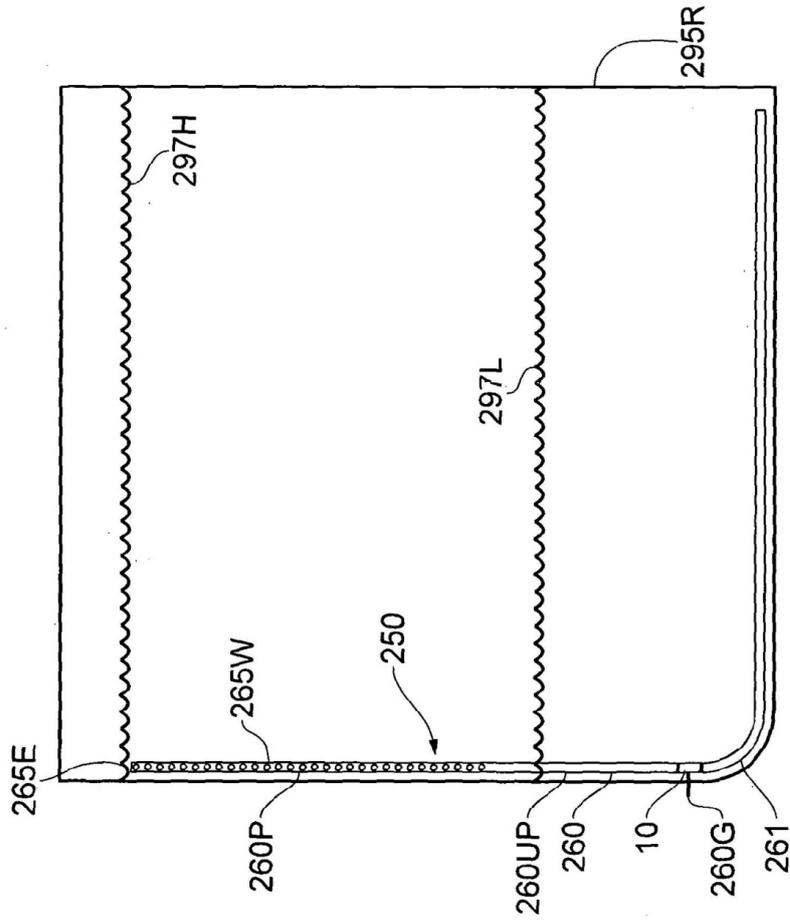


FIG. 1(c)

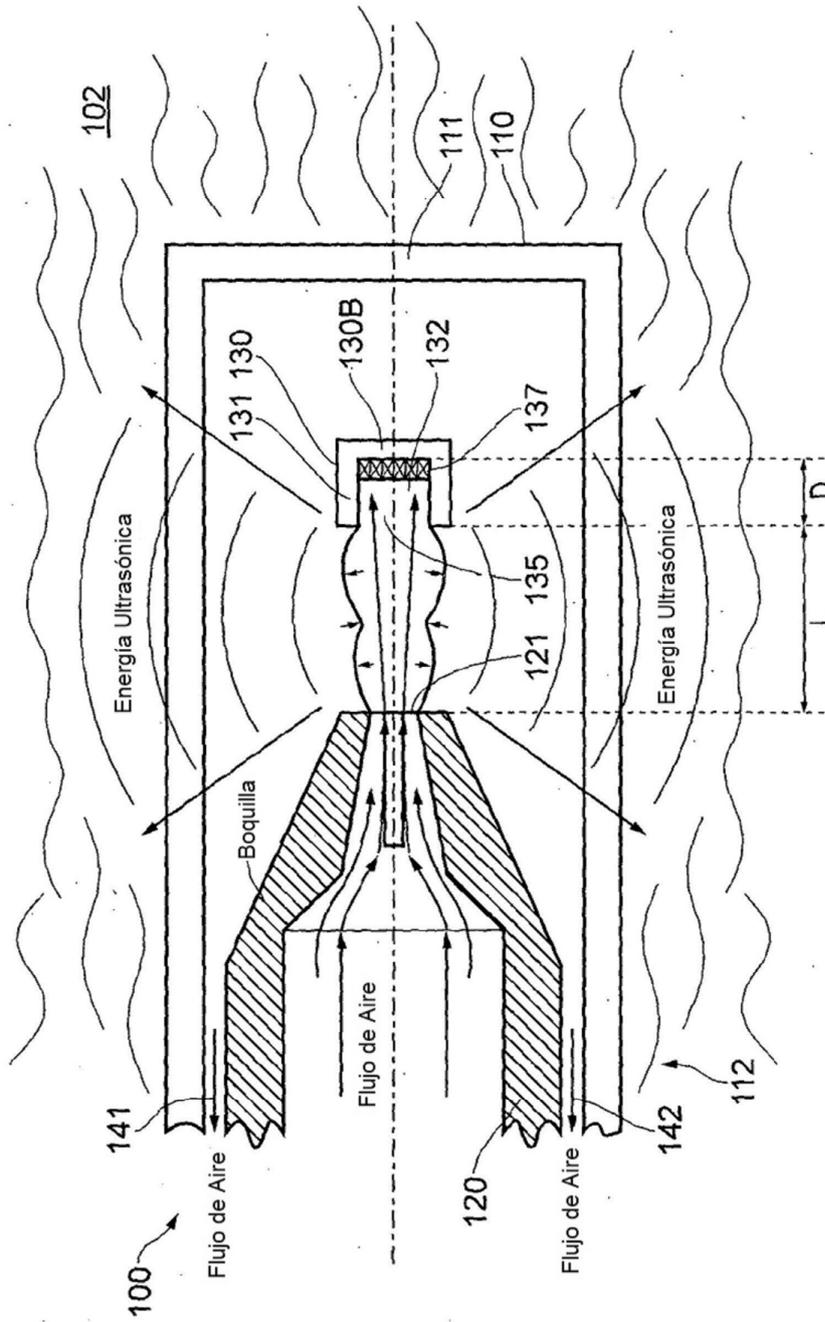


FIG. 2

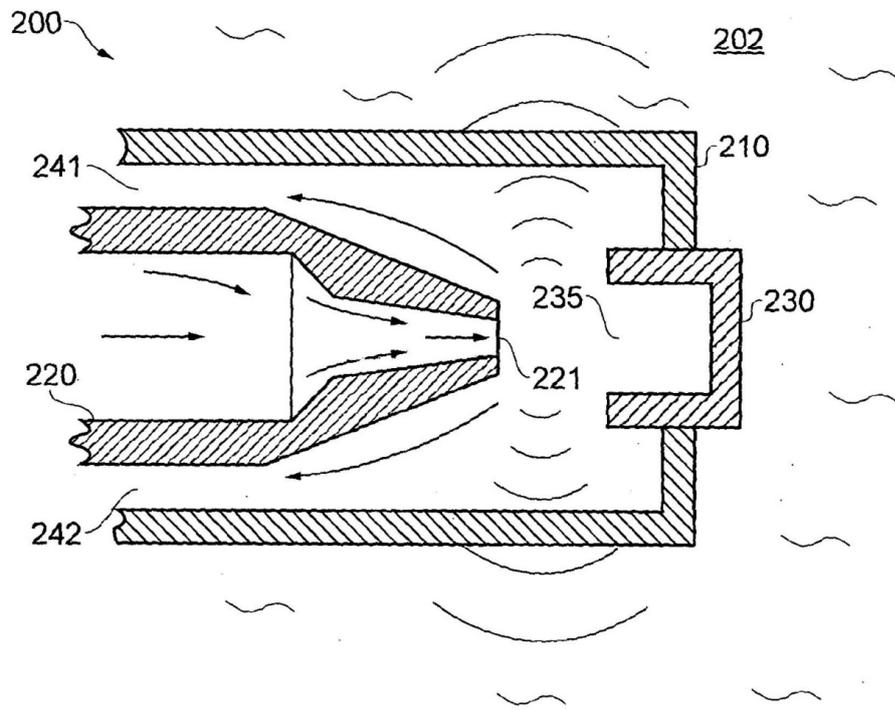


FIG. 3

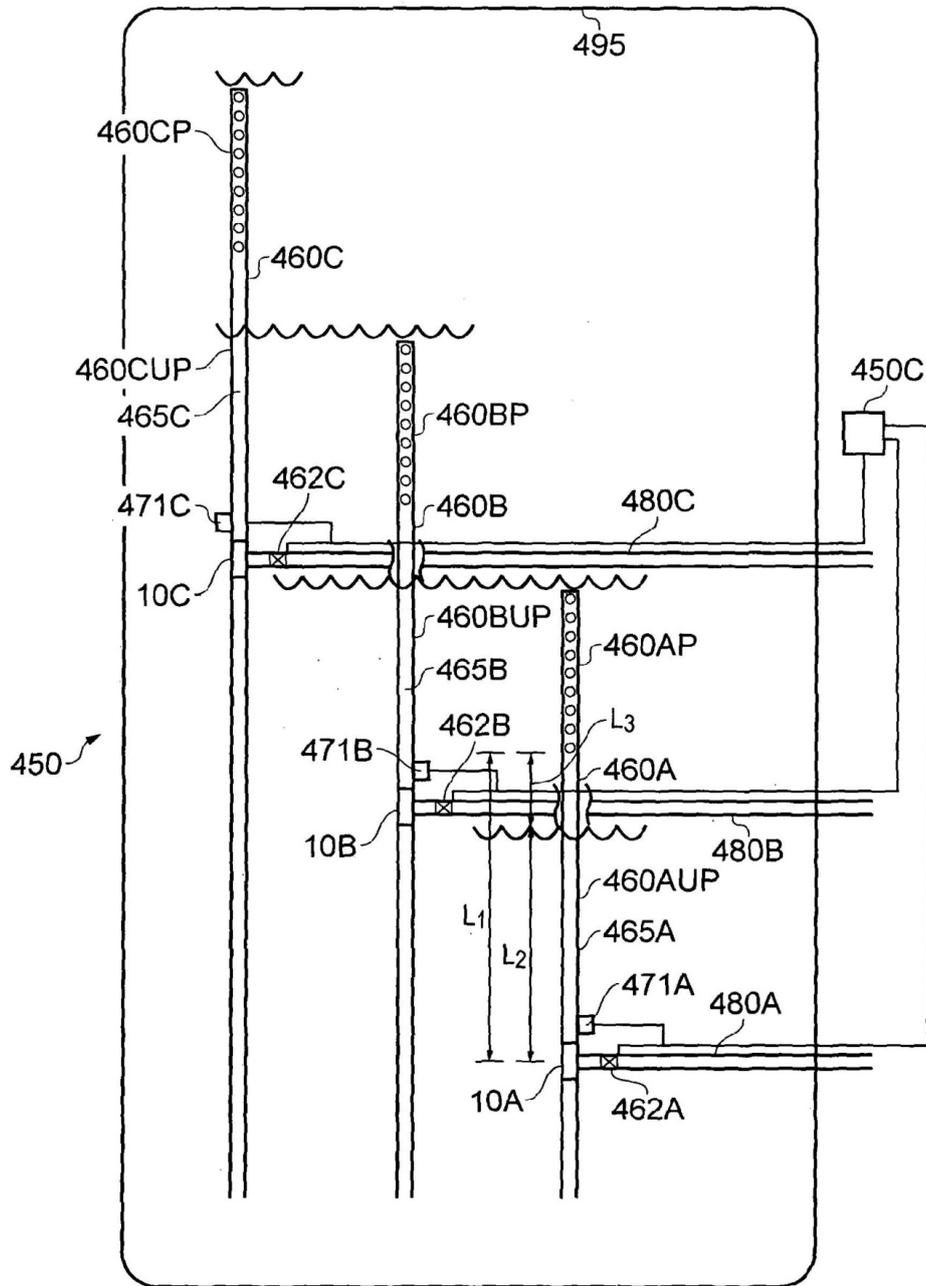


FIG. 4

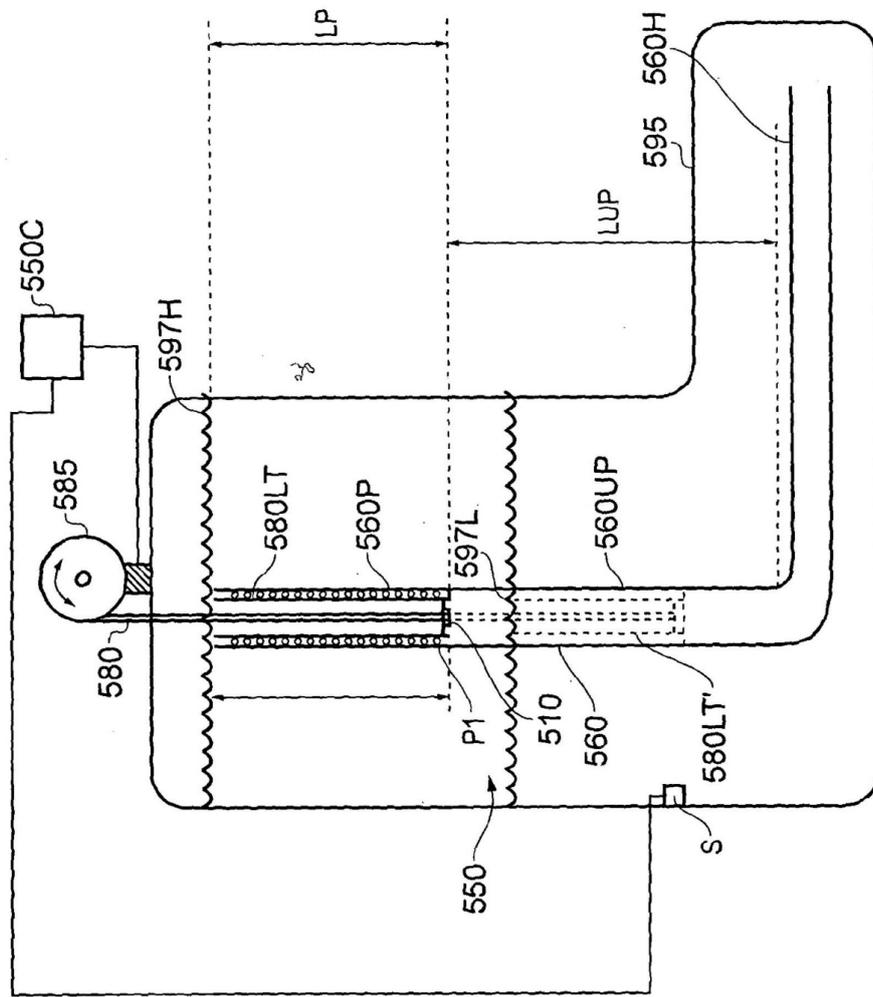


FIG. 5

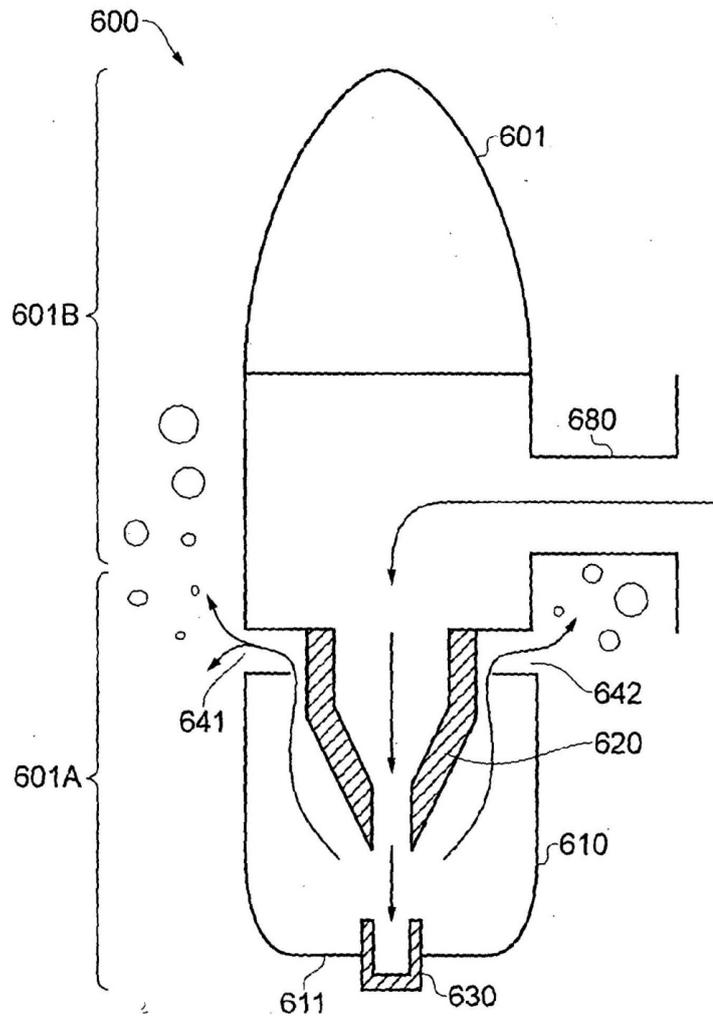


FIG. 6

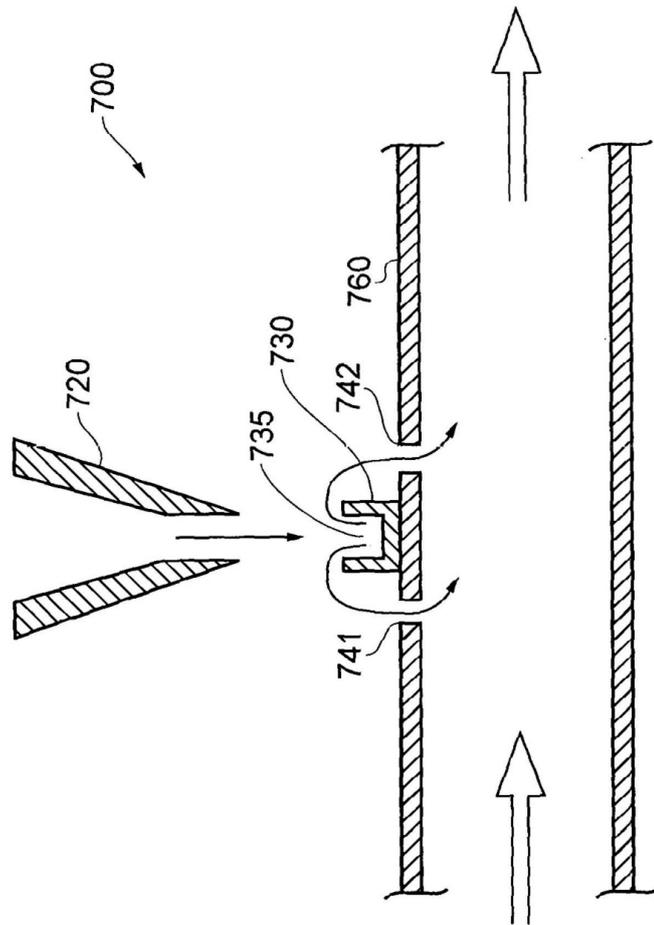


FIG. 7

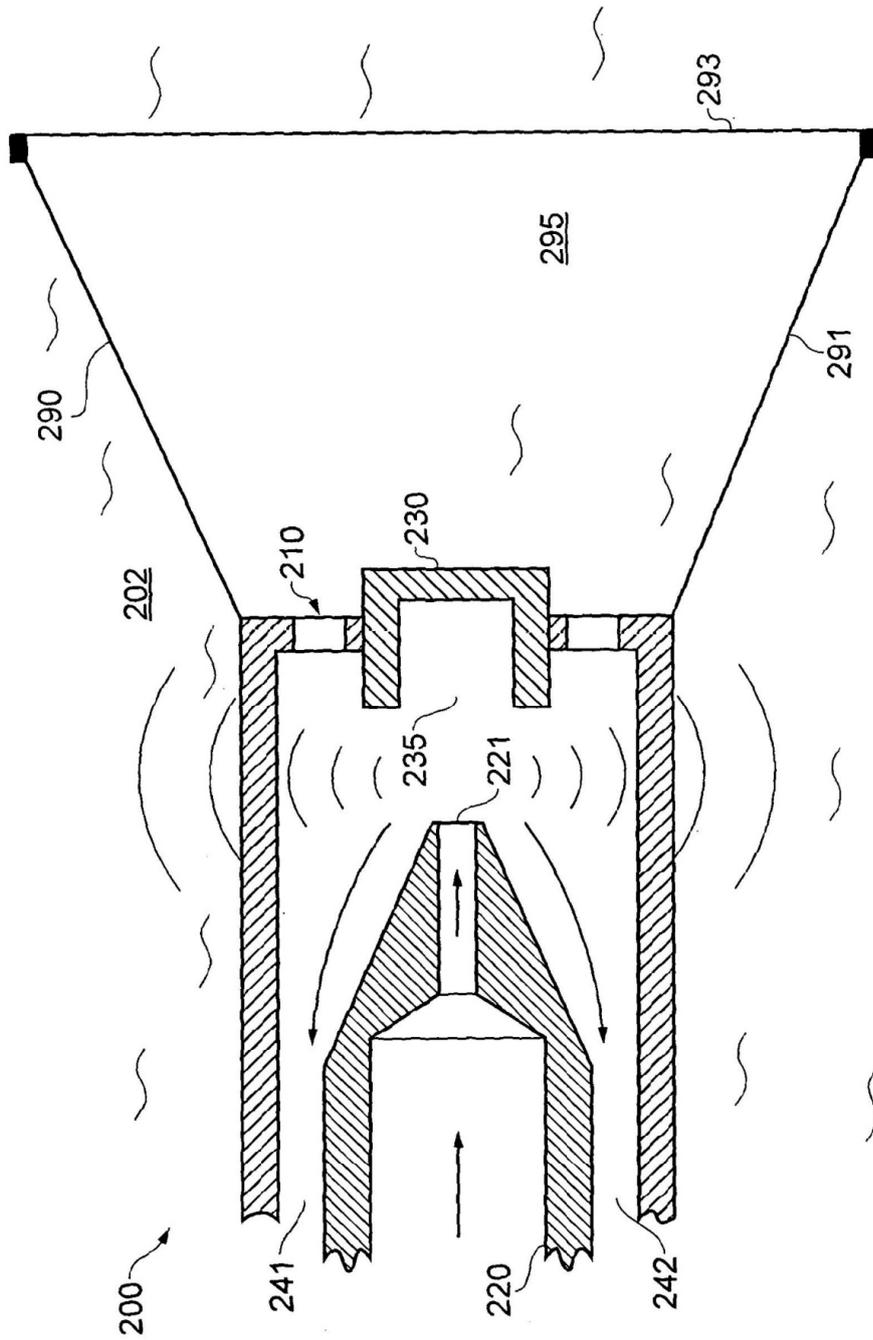


FIG. 8

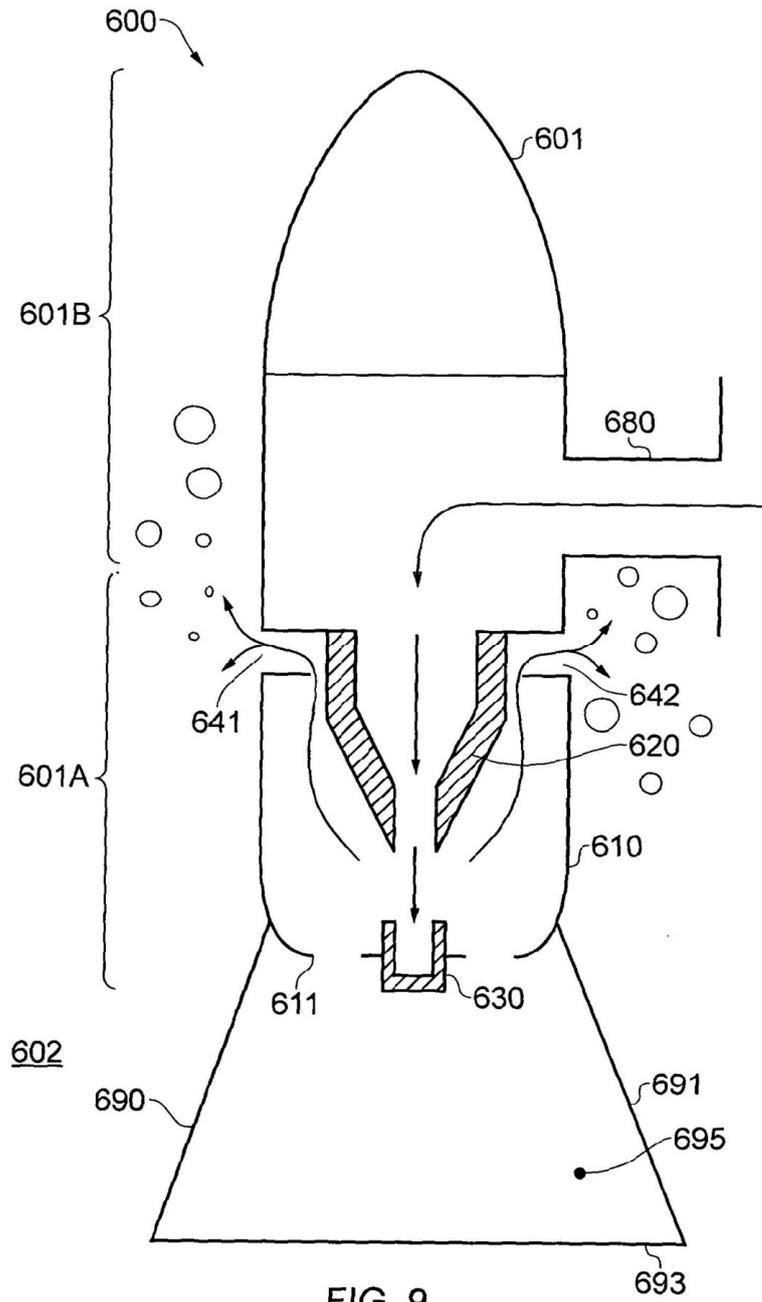


FIG. 9

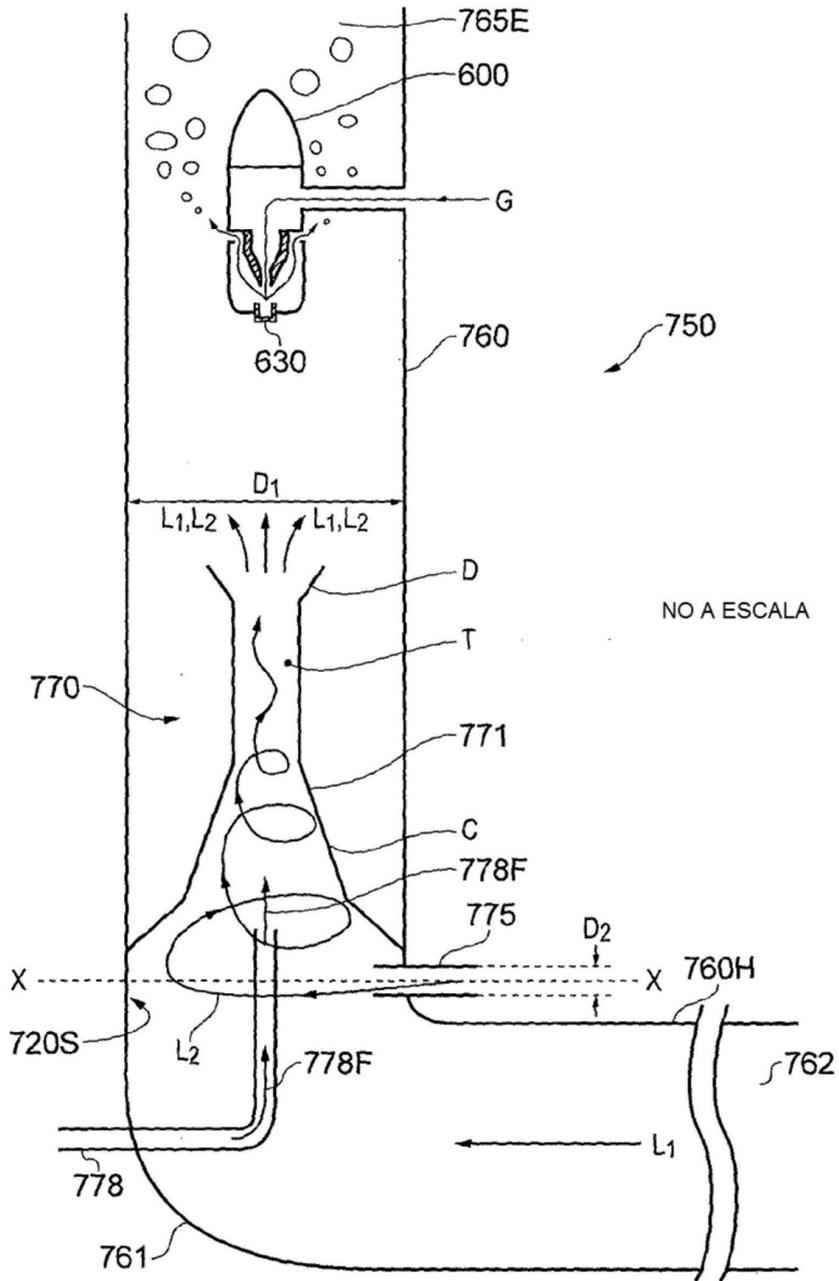


FIG. 10

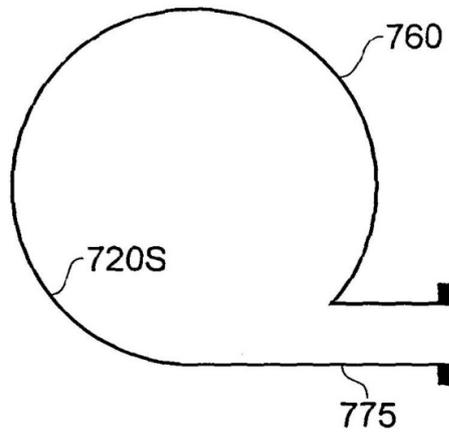


FIG. 11

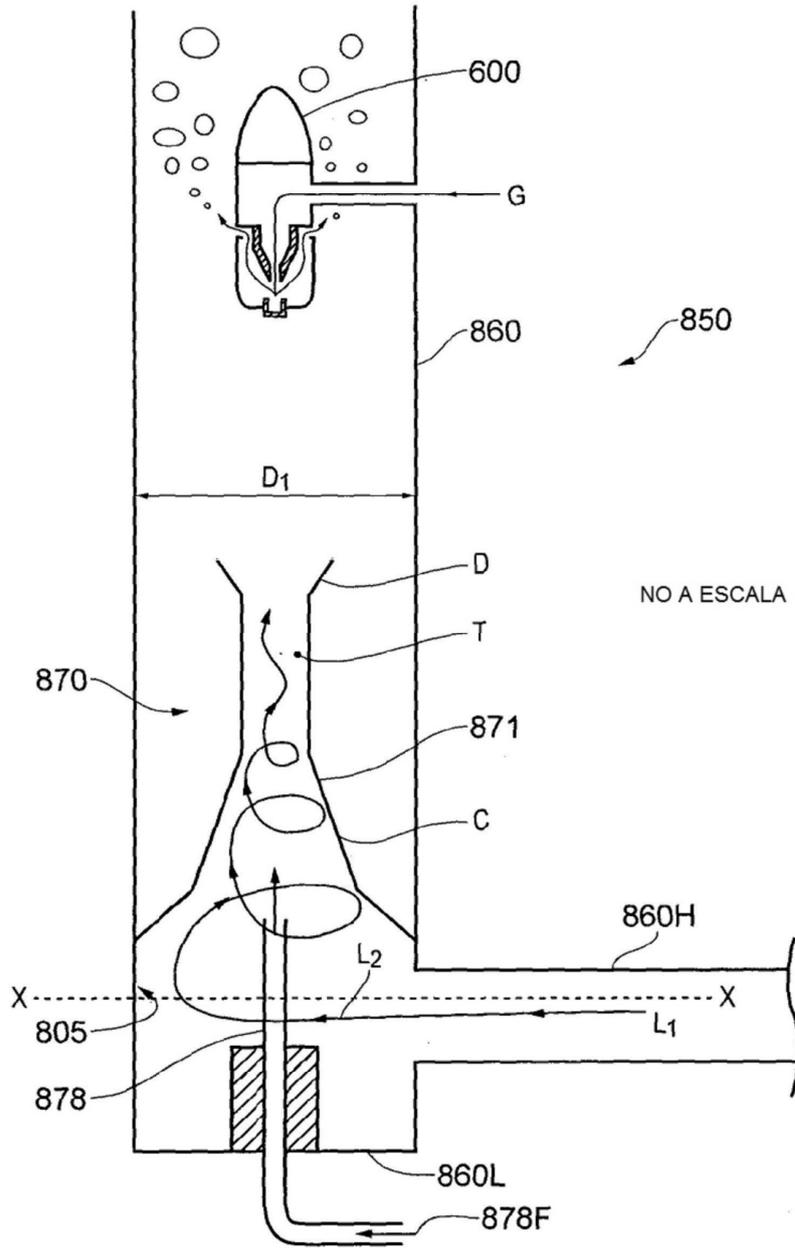


FIG. 12

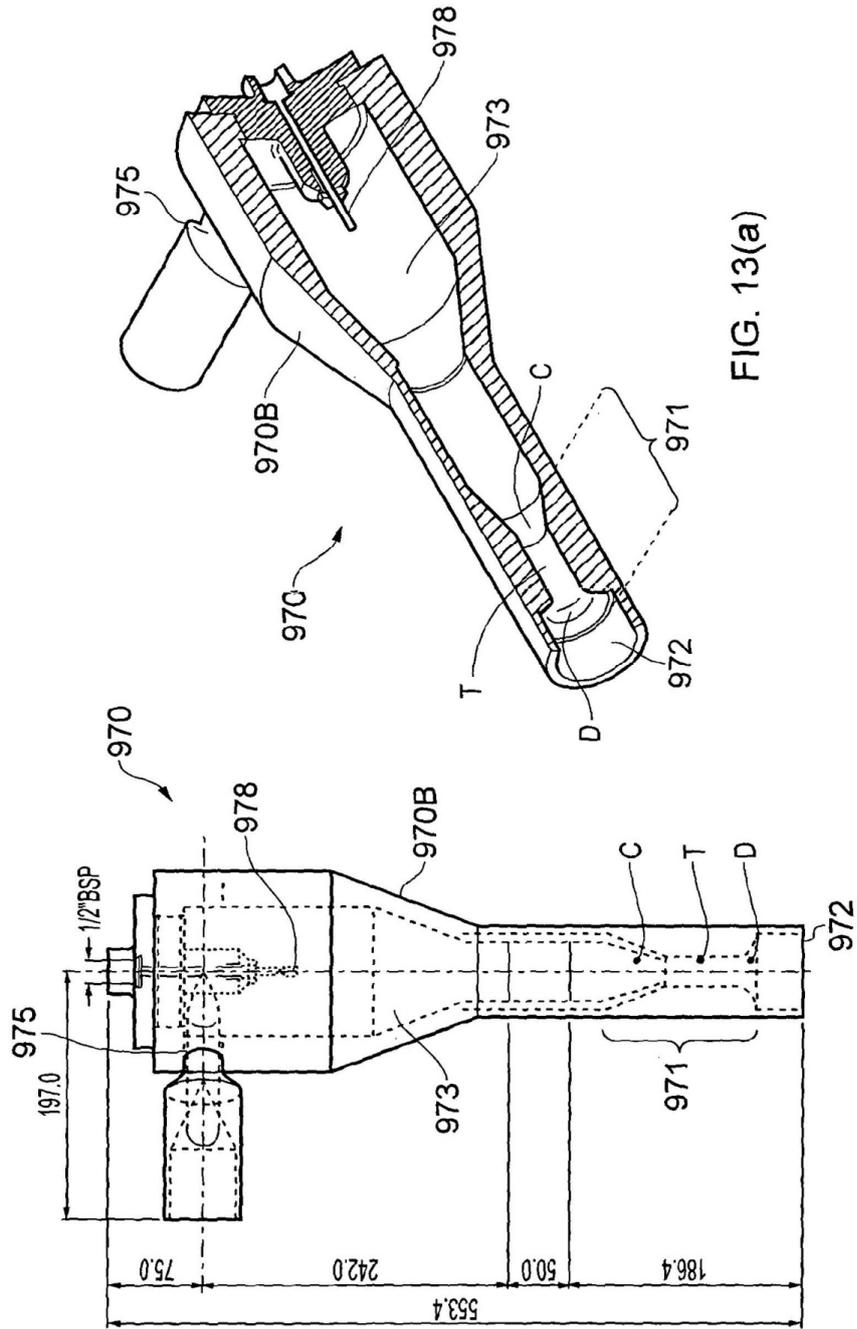


FIG. 13(a)

FIG. 13(b)

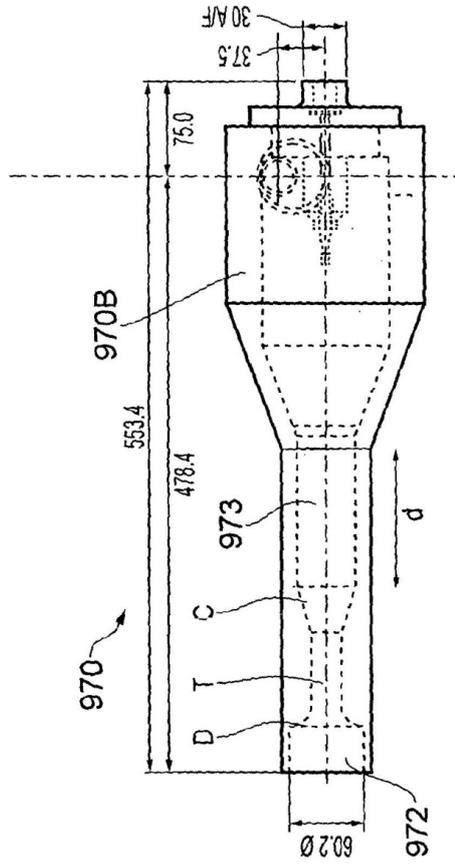


FIG. 13(c)

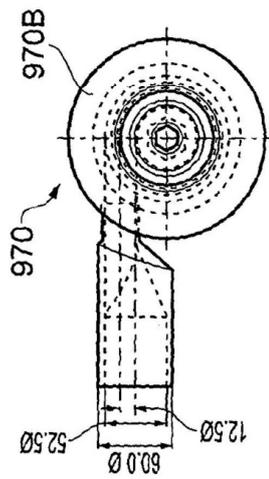


FIG. 13(d)

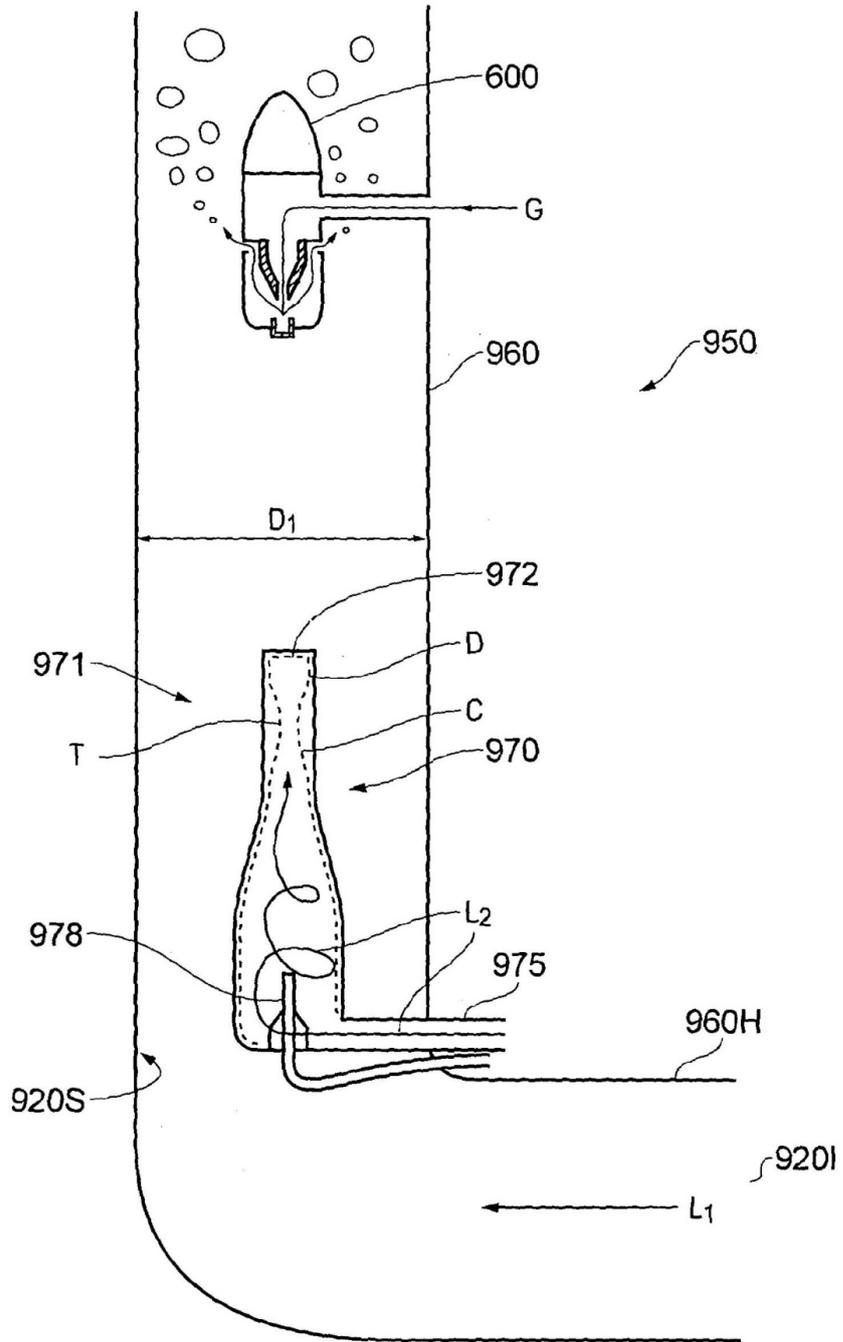


FIG. 14

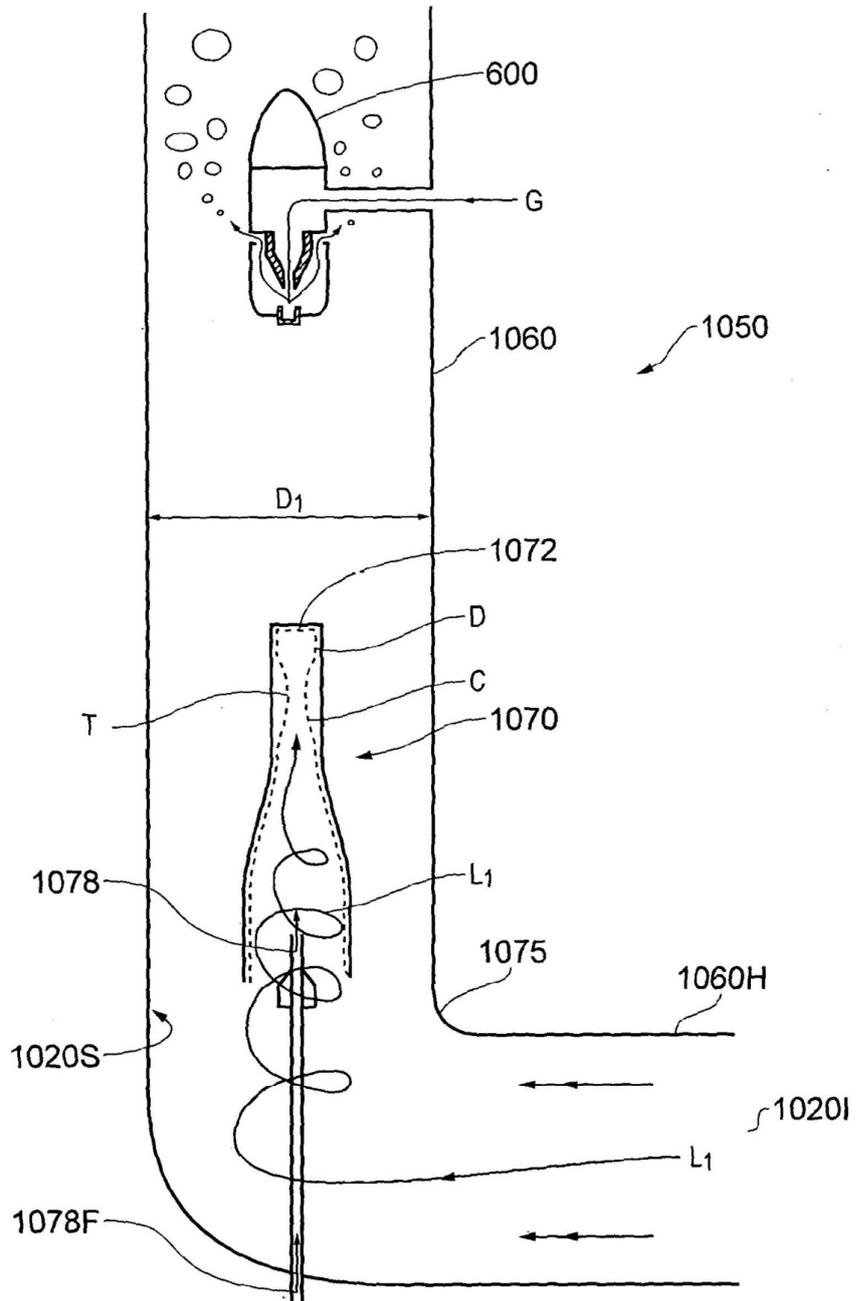


FIG. 15

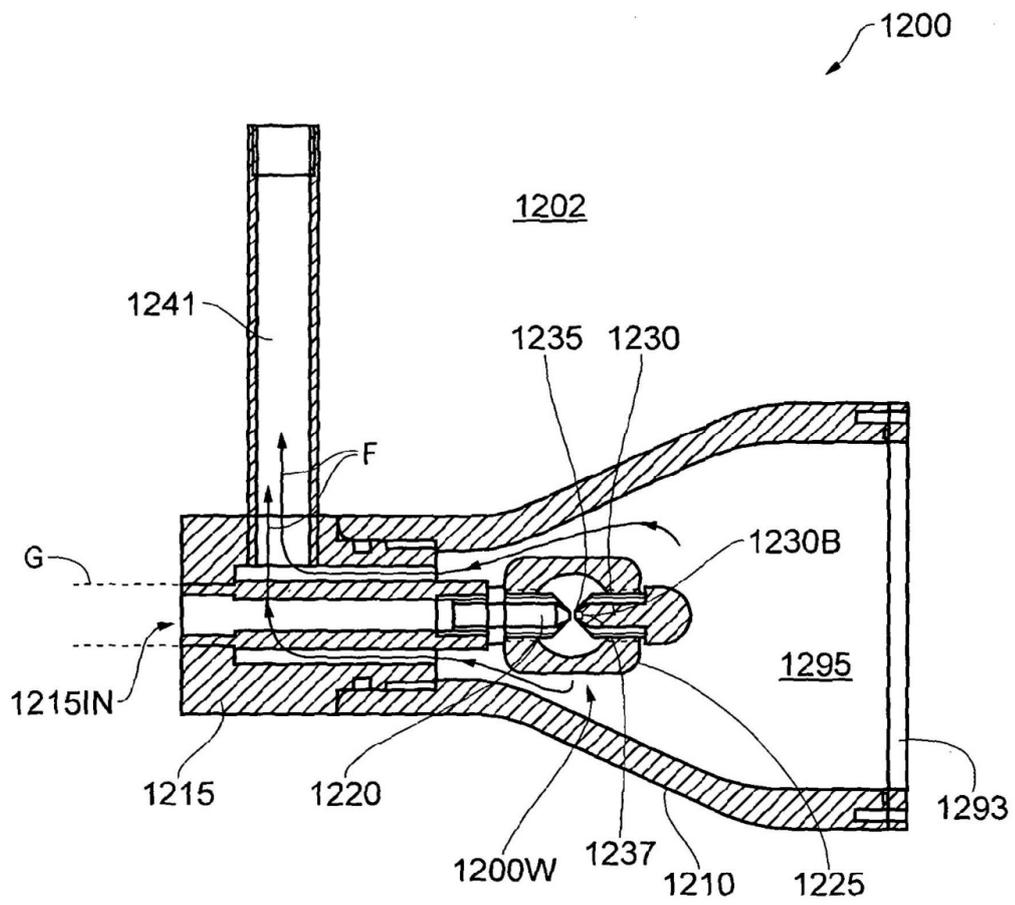


FIG. 16

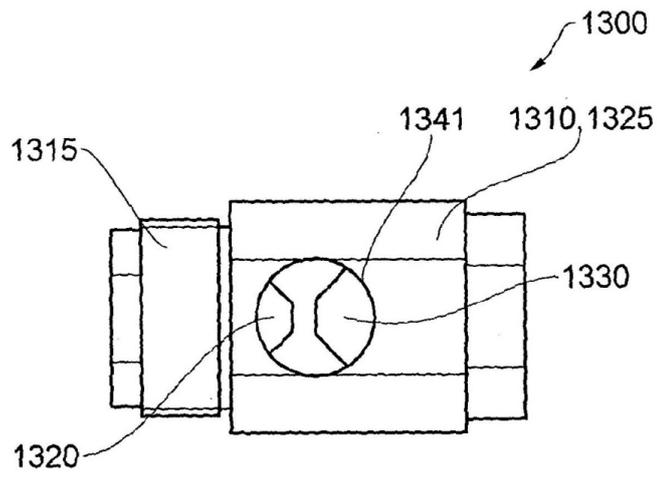


FIG. 17(a)

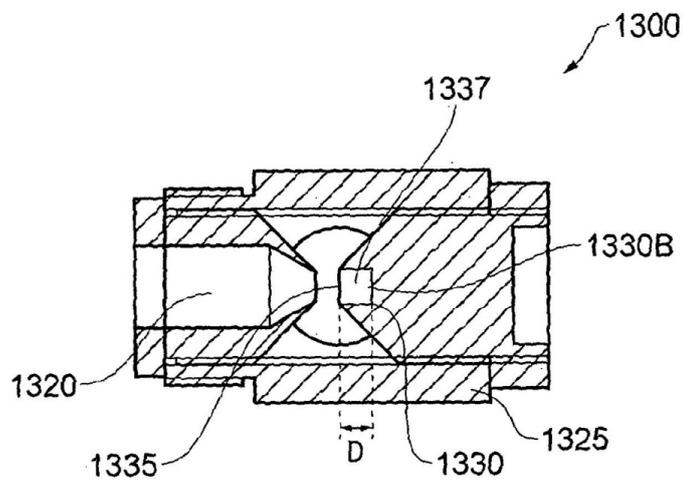


FIG. 17(b)

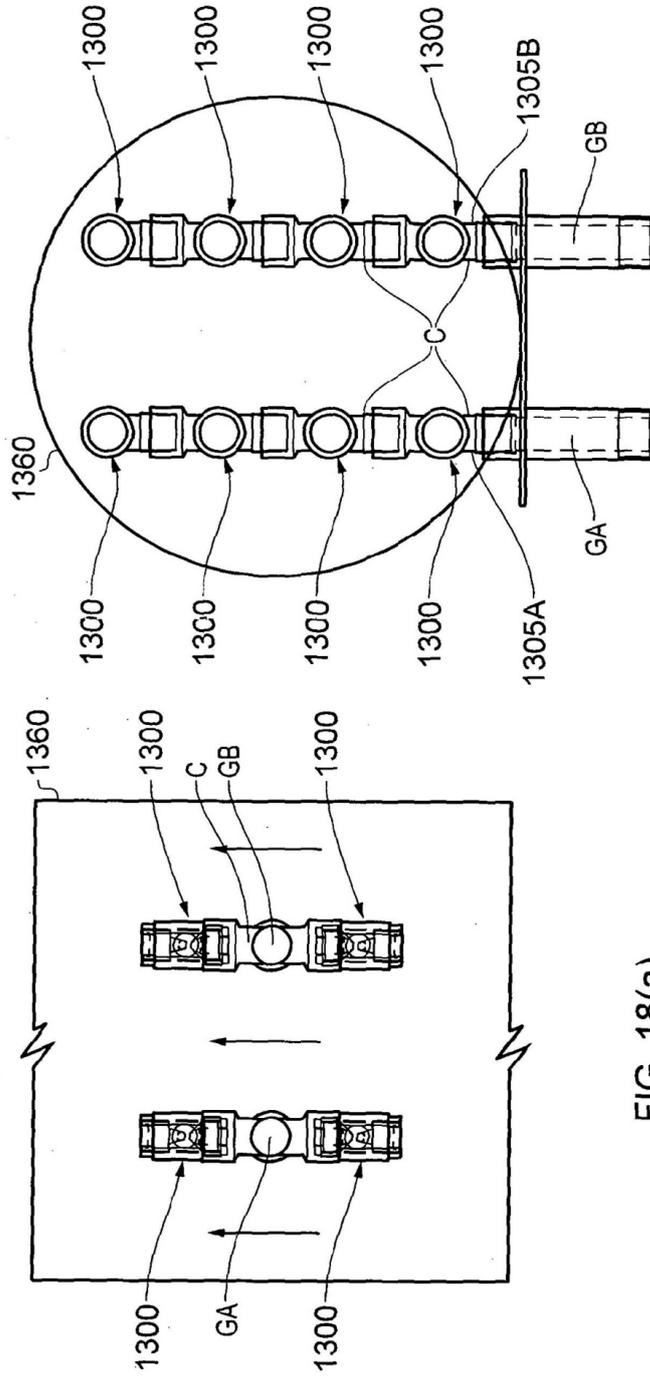


FIG. 18(a)

FIG. 18(b)

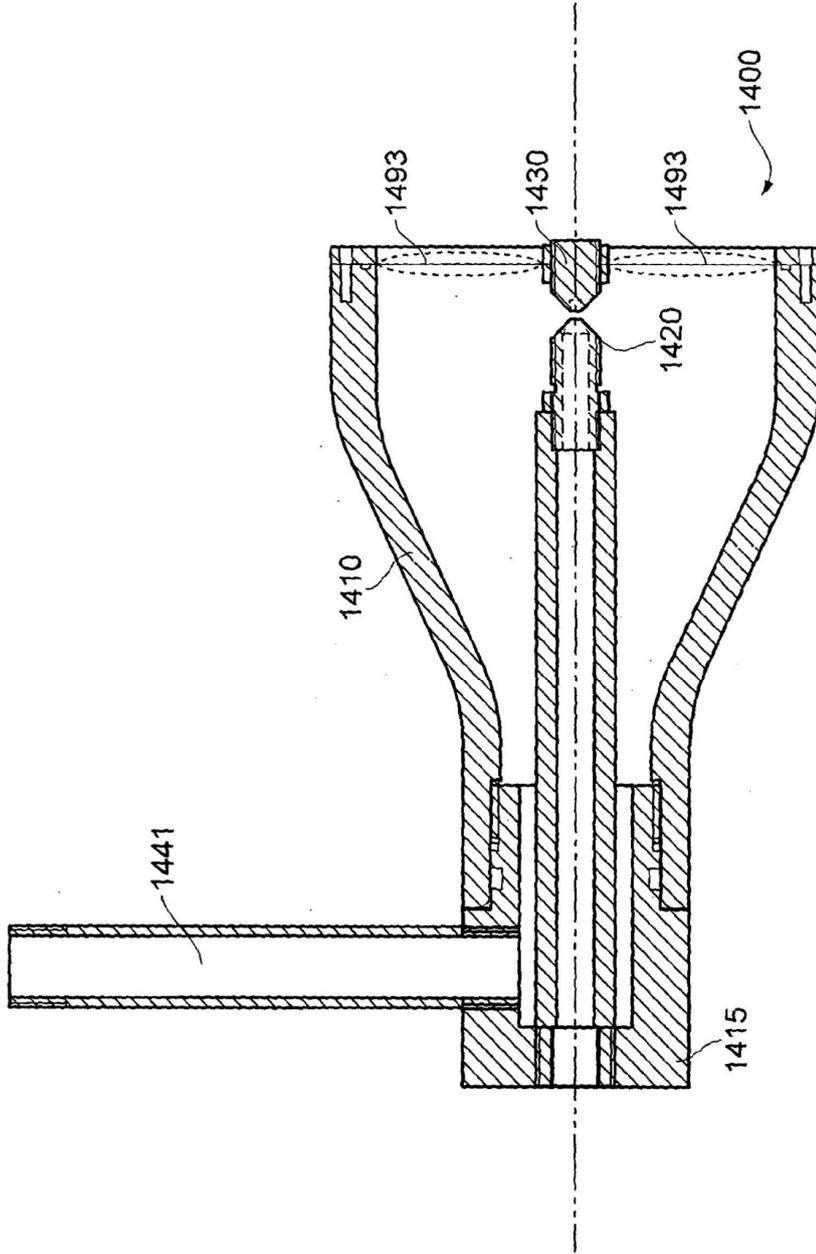


FIG. 19

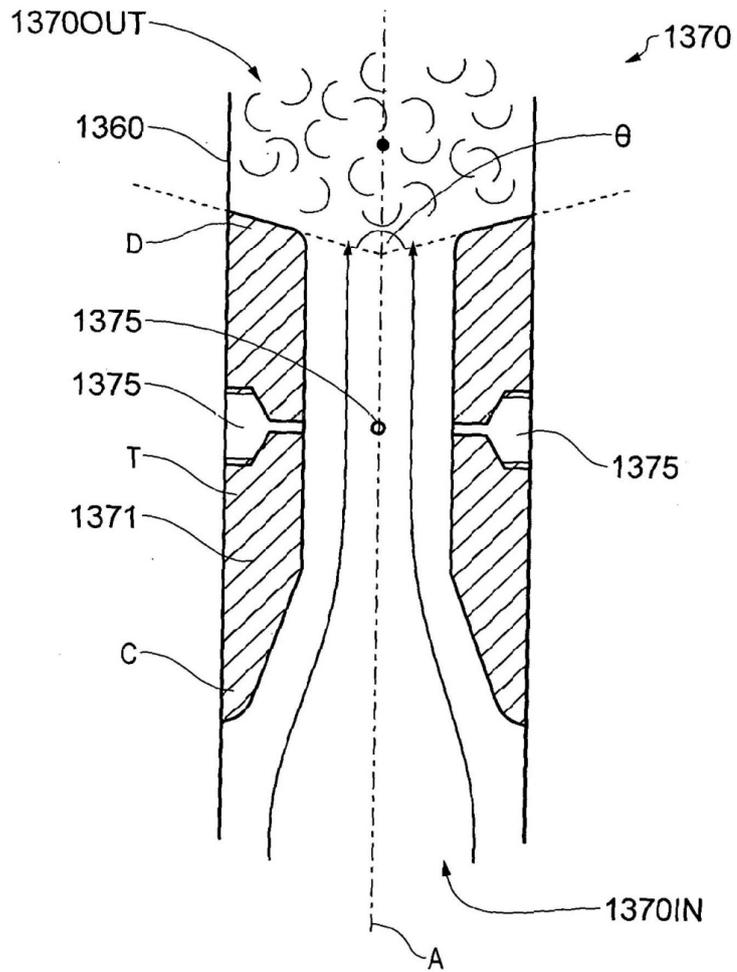


FIG. 20

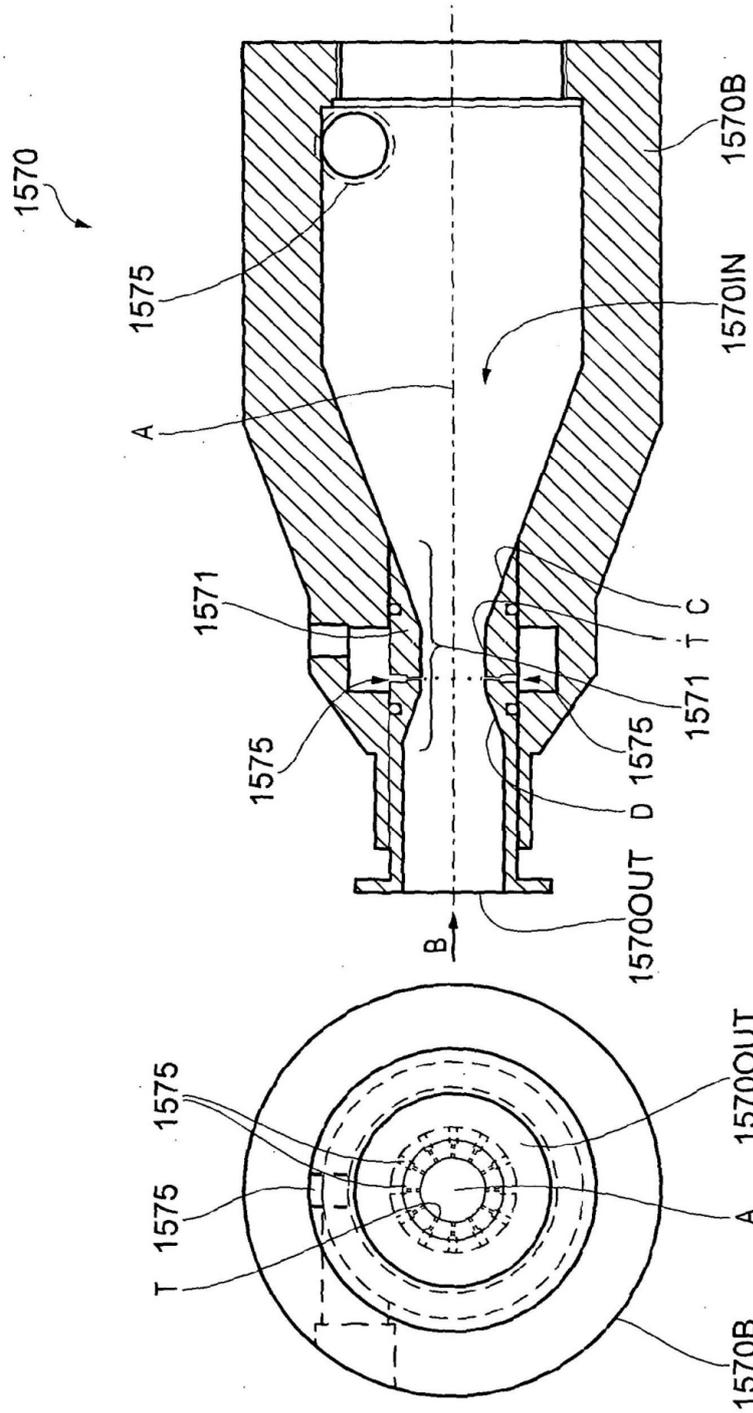


FIG. 21(a)

FIG. 21(b)