



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 333 301**

51 Int. Cl.:
F17C 9/02 (2006.01)
F17C 5/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02715238 .8**
96 Fecha de presentación : **29.03.2002**
97 Número de publicación de la solicitud: **1495257**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.01.2005**

54 Título: **Buque metanero mejorado.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.02.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.02.2010

73 Titular/es: **Excelerate Energy Limited Partnership**
1330 Lake Robbins Drive, Suite 270
The Woodlands, Texas 77380, US

72 Inventor/es: **Nierenberg, Alan, B.**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 333 301 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

Buque metanero mejorado.

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere al transporte y la regasificación de Gas Natural Licuado (GNL).

Antecedentes de la invención

10

Normalmente el gas natural se transporta desde el lugar donde se produce al lugar donde se consume por medio de un gasoducto. Sin embargo, se pueden producir grandes cantidades de gas natural en un país en el que la producción supera con creces la demanda. Sin un medio eficaz para transportar el gas natural a un lugar donde exista una demanda comercial, el gas se puede quemar a medida que se produce, aunque esto es un desperdicio.

15

La licuefacción del gas natural facilita el almacenamiento y el transporte del gas natural. El gas natural licuado (GNL) ocupa sólo aproximadamente 1/600 del volumen que la misma cantidad de gas natural ocuparía en su estado gaseoso. El GNL se produce por del enfriamiento del gas natural por debajo de su punto de ebullición (111,4 K (-259°F) a presión atmosférica). El GNL se puede almacenar en recipientes criogénicos, a presión atmosférica o bien, ligeramente por encima de la presión atmosférica. Al aumentar la temperatura del GNL, éste se puede convertir de nuevo a su forma gaseosa.

20

La creciente demanda de gas natural ha estimulado el transporte del GNL por medio de buques cisterna especiales. El gas natural producido en lugares remotos, tales como Argelia, Borneo o Indonesia, se puede licuar y enviar por barco al exterior de esta forma a Europa, Japón o los Estados Unidos. Normalmente, el gas natural se envía a través de uno o más gasoductos a una planta de licuefacción en tierra. A continuación, el GNL se carga en un buque cisterna equipado con compartimentos criogénicos (dicho buque cisterna se puede denominar como un buque metanero "LNGC" del inglés Liquefied Natural Gas Carrier) mediante su bombeo a través de una tubería relativamente corta. Después de que el LNGC llega al puerto de destino, el GNL se descarga por medio de la bomba criogénica a una instalación de regasificación en tierra, en donde se puede almacenar en estado líquido o regasificado. Para regasificar el GNL, se eleva la temperatura hasta que se supera el punto de ebullición del GNL, haciendo que el GNL vuelva a su estado gaseoso. A continuación, el gas natural resultante se puede distribuir a través de un sistema de gasoductos a diferentes lugares en donde se consume.

30

Por consideraciones de seguridad, ecológicas y/o de estética, se ha propuesto que la regasificación del GNL tenga lugar en mar adentro. Una instalación de regasificación se puede construir sobre una plataforma fija situada en el mar, o en una barcaza flotante o en otro buque que esté amarrado en mar adentro. El LNGC se puede atracar o amarrar junto a la plataforma o buque de regasificación en mar adentro, para que entonces el GNL se pueda descargar por medios convencionales bien para su almacenamiento o para su regasificación. Después de la regasificación, el gas natural se puede transferir a un sistema distribución de gasoductos en tierra.

40

También se ha propuesto que la regasificación tenga lugar a bordo del LNGC. Esto tiene ciertas ventajas, ya que la instalación de regasificación viaja con el LNGC. Esto puede hacer que sea más fácil acomodar las demandas de gas natural más estacionales o aquellas que varíen de un lugar a otro. Debido a que la instalación de regasificación viaja con el LNGC, no es necesario proporcionar una instalación de regasificación y de almacenamiento de GNL por separado, ya sea en tierra o en mar adentro, en cada lugar en el que GNL pueda ser entregado. En cambio, el LNGC equipado con instalaciones de regasificación se puede amarar en mar adentro y conectarse a un sistema de distribución de tuberías a través de una conexión situada en una boya o plataforma de mar adentro.

45

Cuando la instalación de regasificación se encuentra a bordo del LNGC, la fuente de calor utilizada para regasificar el GNL se puede transferir por el uso de un fluido intermedio que haya sido calentado por una caldera situada en el LNGC. El líquido calentado entonces se puede hacer pasar a través de un intercambiador de calor que esté en contacto con el GNL.

50

También se ha propuesto que la fuente de calor sea el agua de mar de las proximidades del LNGC. Como la temperatura del agua del mar es superior al punto de ebullición del GNL y a la temperatura mínima de la conducción de distribución, se puede bombear el agua de mar a través de un intercambiador de calor para calentar y regasificar el GNL. Sin embargo, a medida que el GNL se calienta, se regasifica, y se sobrecalienta, el agua del mar se enfría como resultado de la transferencia de calor entre los dos fluidos. Se debe tener cuidado para evitar el enfriamiento del agua de mar por debajo de su punto de congelación. Esto requiere que los caudales del GNL que se calienta y del agua de mar se utiliza para calentar el gas natural licuado se controlen cuidadosamente. El adecuado equilibrio de los caudales se ve afectado por la temperatura ambiente del agua de mar, así como por la velocidad deseada de gasificación del GNL. La temperatura ambiente del agua de mar puede verse afectada por la ubicación en donde el LNGC esté amarrado, la época del año en que se produce la entrega, la profundidad del agua, e incluso la forma en que se vierte el agua de mar fría procedente del calentamiento del GNL. Además, la forma en la que se vierte el agua de mar fría puede verse afectada por consideraciones ambientales, por ejemplo, tratando de evitar un impacto ambiental adverso, tal como un descenso de la temperatura ambiente del agua en las inmediaciones de la descarga del agua de mar fría. Los aspectos ambientales pueden afectar a la velocidad a la que se puede calentar el GNL, y, por lo tanto, al

65

ES 2 333 301 T3

volumen de GNL que se puede gasificar en un período de tiempo determinado con el equipo de regasificación a bordo del LNGC. Un ejemplo de LNGC se muestra en el Documento de Patente Europea de número EP 1478875.

Resumen de la invención

5

En un aspecto, la presente invención se refiere a un LNGC que tiene un sistema de regasificación, que incluye un vaporizador a bordo para vaporizar al GNL, una fuente primaria de calor, y líneas pre-instaladas y ubicaciones para añadir una o más fuentes secundarias o alternativas de calor al vaporizador y los equipos asociados con tales fuentes secundarias o alternativas de calor.

10

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un esquema de un sistema de refrigeración de quilla de la técnica anterior.

15

La figura 2 es un esquema de un intercambiador de calor sumergido usado como fuente de calor para el vaporizador.

La figura 3 es un esquema de un sistema de fuente dual alternativa de calor.

20

La Figura 4A es una sección parcial del LNGC en aproximadamente la mitad del buque, que muestra el intercambiador de calor almacenado en la cubierta.

La Figura 4B es una sección parcial del LNGC en aproximadamente la mitad del buque, que muestra el intercambiador de calor sumergido en el agua.

25

La figura 5 es una sección parcial de una realización alternativa preferente del LNGC, que muestra el casco del buque amarrado integralmente a una boya, y dos intercambiadores de calor unidos a la boya de amarre y conectados mediante conducciones al LNGC después de que éste se amarra a la boya.

Descripción detallada

30

Se pueden hacer varias mejoras en la manera en que se regasifica el GNL a bordo de un LNGC. En concreto, existen otras fuentes de calor, componentes para la transferencia de calor, y combinaciones de fuentes de calor, que se pueden usar para proporcionar una flexibilidad adicional con respecto a la ubicación y al impacto ambiental de la regasificación a bordo del LNGC.

35

Los dispositivos comúnmente designados como “enfriadores de quilla” se han utilizado en el pasado para proporcionar una fuente de refrigeración para equipos marinos, tales como los refrigeradores de motores de propulsión y del aire acondicionado. Como se muestra en la Figura 1, el refrigerador de quilla (2) es un intercambiador de calor sumergido que normalmente se encuentra en o cerca del fondo del casco del buque (1), y usa el agua del océano como “sumidero de calor” para el calor generado por los equipos de a bordo (tales como unidades marinas de aire acondicionado 3) que requieren de una capacidad de refrigeración.

45

El refrigerador de quilla (2) funciona ya sea usando una o más vainas (no mostradas) que constituyen la parte inferior del casco (1) o que están unidas al exterior del casco (1) como un intercambiador de calor que enfría un fluido intermedio (tal como agua o un glicol) que se hace circular por medio de la bomba (1) a través de la vaina. Este fluido intermedio se bombea a continuación a uno o más lugares del barco para absorber el exceso de calor. Estos refrigeradores de quilla están disponibles comercialmente de fabricantes tales como R.W. Fernstrum & Co. (Menominee, MI) y Duramax Marine LLC (Hiram, OH).

50

Entre las ventajas de este sistema, en comparación con un sistema que recoge y, posteriormente, vierte el agua de mar usada como un líquido de refrigeración, es el reducido peligro de hundimiento y de corrosión que está asociada con la circulación del agua de mar en diferentes lugares a bordo del buque. Sólo la parte exterior del refrigerador de quilla (2) está expuesta al agua de mar, al agua o a otro fluido relativamente no corrosivo que se hace circular por el resto de lo que constituye un sistema cerrado. Bombas, tuberías, válvulas y otros componentes en el sistema de circuito cerrado no necesitan fabricarse con materiales más especiales que aquellos que sean resistentes a la corrosión por agua de mar. Los enfriadores de quilla (2) también eliminan la necesidad de filtrar el agua de mar, tal como puede ser necesario en un sistema en el que el agua de mar pasa al interior de los componentes de maquinaria de a bordo.

60

Como se muestra en la Figura 2, en una realización preferente de la invención, se emplean una o más fuentes primarias de calor, que preferentemente son intercambiadores de calor sumergidos (21), - no para proporcionar capacidad de enfriamiento, sino para proporcionar capacidad de calefacción para el fluido circulante del circuito cerrado, que en a su vez se utiliza para regasificar al GNL.

65

En la realización preferente, los intercambiadores de calor (21), en lugar de estar montados en el casco del buque (1) como un refrigerador de quilla tradicional, son intercambiadores de calor independientes (21) que se sumergen en el agua después de que el buque metanero llegue a su instalación o terminal de descarga de GNL en mar adentro. En la realización más preferente, se usan dos intercambiadores de calor (21), cada uno de ellos es aproximadamente 6,09 m x 6,09 m x 12,19 m (20 pies x 20 pies x 40 pies), y colectivamente satisfacen las necesidades de calefacción del LNGC.

ES 2 333 301 T3

Cada uno de estos intercambiadores de calor (21) tiene la capacidad de aproximadamente 100 refrigeradores de quilla convencionales. Los intercambiadores de calor (21) están conectados al LNGC por medio de tuberías adecuadas (66), que pueden ser flexibles o rígidas. En referencia a las Figuras 4A y 4B, los intercambiadores de calor (21) se disponen preferentemente en la cubierta cuando no están en uso (véase la Figura 4A), y se pueden almacenar bajo una cubierta, en un cobertizo, o en alguna otra estructura (no mostrada). En el momento de su uso, los intercambiadores de calor (21) se hacen descender por medio de equipos mecánicos (64), tales como, pero no limitados a, un sistema de torno o un sistema de elevadores, equipos que son bien conocidos por los expertos en la técnica (véase la Figura 4B). Después de sumergir los intercambiadores de calor (21) en el agua, se prefiere una fijación rígida de los intercambiadores de calor (21) al buque, donde exista preocupación de que los cambiadores de calor (21) pudieran chocar contra el buque.

En otra realización preferente, los intercambiadores de calor (21) son instalaciones permanentemente sumergidas en la terminal de descarga en mar adentro. Por ejemplo, el sistema de intercambiador de calor sumergido (21) puede montarse en la boya (68) que se usa para amarrar al LNGC. Cualquiera de estas configuraciones alternativas de intercambiadores de calor (21) (Figuras. 4B, 5) está conectada al LNGC a fin de permitir circular al fluido intermedio a través de los intercambiadores de calor sumergidos (21).

Cuando los intercambiadores de calor (21) están conectados a una boya de amarre (68), un receso de la torreta del LNGC (78) se ajusta con la boya (68), permitiendo al LNGC girar alrededor de la boya (68). Los intercambiadores de calor (21) están conectados mediante las líneas (74) al casco del buque (1), y así están conectados de forma fluida con el vaporizador (23) y a cualquiera de las fuentes secundarias de calor (26). Un elevador de tubería de gas (72) conecta el LNGC y un sistema de distribución de tuberías para descargar el GNL regasificado.

En otra realización de la invención, una o más unidades de intercambiadores de calor sumergidas (21) se localizan en cualquier lugar adecuado por debajo de la línea de flotación del casco (1), y se montan directamente dentro del (1) casco del LNGC. Alternativamente, los intercambiadores de calor (21) pueden estar parcialmente, más que totalmente, sumergidos.

Un fluido intermedio, tal como glicol, propano o agua, se hace circular por medio de una bomba (22) a través del vaporizador (23) y de los intercambiadores de calor sumergidos (21). También se pueden usar otros fluidos intermedios con características adecuadas, tales como una capacidad calorífica y puntos de ebullición aceptables, y son conocidos comúnmente en la industria. El GNL se hace pasar por el vaporizador (23) a través la línea (24) donde se regasifica y sale a través de la línea (25).

Los intercambiadores de calor sumergidos (21) permiten la transferencia de calor desde el agua de mar circundante al fluido intermedio circulante sin la entrada o bombeo de agua de mar al LNGC, tal como se menciona anteriormente. El tamaño y el área de la superficie de los intercambiadores de calor (21) pueden variar ampliamente, dependiendo del volumen de carga de GNL que se regasifica para su entrega y de los intervalos de temperatura del agua en la que el LNGC hace entrega del gas natural.

Por ejemplo, si la temperatura del fluido intermedio circulante es aproximadamente 280,37 K (45°F) a su regreso a los intercambiadores de calor sumergidos (21) y la temperatura del agua de mar es aproximadamente 288,15 K (59°F), el diferencial de temperatura entre los dos es aproximadamente 263,15 K (14°F). Este es un diferencial de temperatura relativamente modesto, y, en consecuencia, los intercambiadores de calor (21) requerirán una mayor área de superficie para dar cabida a las necesidades de transferencia de calor de la presente invención, en comparación con los refrigeradores de quilla típicos descritos anteriormente, que fueron diseñados para el intercambio de unos pocos centenares de kW (unos pocos millones de BTU/h).

En una realización preferente, se usan dos intercambiadores de calor sumergidos (21), diseñados en conjunto para absorber aproximadamente 18.170 kW (62 millones de BTU/hora) y con aproximadamente 41.806 metros cuadrados (450.000 pies cuadrados) de superficie. Estos intercambiadores de calor (21) son aproximadamente 6,09 m x 6,09 m x 12,19 m (20 pies x 20 pies x 40 pies) y, preferentemente, contienen haces de tubos que están dispuestos para permitir que el agua pase sobre ellos, mientras que el fluido intermedio circula por dentro de los tubos. Sin embargo, esta cantidad de área de superficie se puede organizar en una variedad de configuraciones, que incluye, en la realización preferente, múltiples haces de tubos dispuestos de manera similar a los de los refrigeradores de quilla convencionales (2). El intercambiador de calor (21) de la presente invención también puede ser un intercambiador de calor de carcasa y tubos, un intercambiador de calor de carcasa y tubos fijos y de tubos curvados, un intercambiador de tubo en espiral, un intercambiador de placas, o de otros intercambiadores de calor comúnmente conocidos por aquellos expertos en la técnica que cumplan con los requisitos de temperatura, de absorción de calor, y volumétricos para el GNL que se regasifica.

El vaporizador (23) es preferentemente un vaporizador de carcasa y tubos, y tal vaporizador (23) se representa esquemáticamente en la Figura 2. Este tipo de vaporizador (23) es bien conocido por la industria, y es similar a varias docenas de vaporizadores de carcasa y tubos calentados por agua en servicio en las instalaciones de regasificación en tierra. Otros tipos de vaporizadores que se pueden usar incluyen, pero no están limitados a, vaporizadores de fluido intermedio y vaporizadores de combustión sumergidos. En aplicaciones de a bordo alternativas, donde el agua de mar puede ser uno de los medios de calefacción o puede estar en contacto con el equipo, el vaporizador (23) está preferentemente realizado de un acero inoxidable super austenítico AL-6XN de marca registrada (ASTM A-240, B688, UNS N08367) para las superficies húmedas en contacto con el agua de mar y de acero inoxidable del tipo 316L

ES 2 333 301 T3

para el resto de las superficies del vaporizador (23). Se pueden usar una variedad de materiales para el vaporizador, que incluyen pero está no limitado a las aleaciones y compuestos de titanio.

En la realización preferente, se usa un vaporizador de carcasa y tubos (23) que produce aproximadamente de 2.831.684 metros cúbicos estándar por día (100 millones de pies cúbicos estándar por día (“mmscf/d”, del inglés million standard cubic feet per day)) de GNL con un peso molecular de aproximadamente 16,9. Por ejemplo, cuando se opera el LNGC en agua de mar con una temperatura de aproximadamente 288,15 K (59°F) y una temperatura del fluido intermedio de aproximadamente 280,37 K (45°F), el vaporizador (23) requerirá un caudal de agua caliente de aproximadamente 2.000 metros cúbicos por hora. La transferencia de calor resultante de aproximadamente 18.170 kW (62 millones de BTU/h) se consigue preferentemente utilizando un único haz de tubos de tubos de aproximadamente 12,19 m (40 pies) de largo, preferentemente aproximadamente 0,08 m (¾ de pulgada) de diámetro. Al vaporizador (23) se incorporan características especiales de diseño para asegurar la distribución uniforme de GNL en los tubos, para dar cabida a la contracción térmica diferencial entre los tubos y la carcasa, para evitar la congelación del medio de calentamiento de agua, y para acomodar las cargas adicionales procedentes de las aceleraciones de a bordo. En la realización más preferente, la instalación en paralelo de los vaporizadores (23) con la capacidad de 2.831.684 metros cúbicos estándar por día (100 mmscf/d) se organizan para alcanzar la capacidad total de producción necesaria para el buque de regasificación. Proveedores de estos tipos de vaporizadores (23) en los EE.UU. incluyen Chicago Power and Process, Inc., y Manning and Lewis, Inc.

En la realización preferente de la invención, las bombas de circulación (22) para el fluido intermedio son bombas centrífugas de una sola etapa convencionales (22) impulsadas por motores eléctricos de velocidad síncrona. Las bombas centrífugas de una sola etapa (22) se usan con frecuencia para el bombeo de agua/fluido en aplicaciones marítimas e industriales, y son bien conocidas por los expertos en la técnica. La capacidad de las bombas de circulación (22) se selecciona en función de la cantidad de los vaporizadores (23) instalados y el grado de redundancia deseado.

Por ejemplo, para dar cabida a una capacidad de diseño de aproximadamente 14.158.418 de metros cúbicos estándar por día (500 millones de pies cúbicos estándar por día, “mmscf/d”), una instalación de a bordo de seis vaporizadores (23), cada uno con una capacidad de aproximadamente 2.831.684 metros cúbicos estándar por día (100 mmscf/d), se hace proporcionando un vaporizador redundante. La circulación de agua de calefacción total requerida para este sistema es aproximadamente 10.000 metros cúbicos por hora en el punto de diseño, y de aproximadamente 12.000 metros cúbicos por hora, a máxima carga. Tomando en consideración las limitaciones de espacio de a bordo, se usan tres bombas (22), cada una con una capacidad de 5.000 metros cúbicos por hora, y se proporciona una unidad completamente redundante en los requisitos de circulación del punto de diseño de 10.000 metros cúbicos por hora. Si se usan cinco vaporizadores, entonces sólo se requieren dos bombas. Estas bombas (22) tienen una carga dinámica total de aproximadamente 30 metros, y el requisito de potencia para cada bomba (22) es aproximadamente 950 kW (kilovatios). La tubería de succión y de descarga para cada bomba (22) es preferentemente una tubería de 650 mm de diámetro, pero se pueden usar tuberías de las otras dimensiones.

Los materiales usados para las bombas (22) y para las tuberías correspondientes preferentemente pueden soportar los efectos corrosivos del agua de mar, y existe una variedad de materiales disponibles. En la realización preferente, las carcasas de las bombas son de una aleación de bronce, aluminio, níquel y los impulsores tienen ejes de bomba de Monel. Monel es una aleación en base a níquel altamente resistente a la corrosión que contiene aproximadamente 60 - 70% de níquel, 22 - 35% de cobre, y pequeñas cantidades de hierro, manganeso, silicio y carbono.

Mientras que la realización preferente de la invención se desarrolla con una bomba centrífuga de una sola etapa (22), se pueden usar un número de tipos de bombas (22) que cumplan con los caudales requeridos, y que están disponibles de los proveedores de bombas. En realizaciones alternativas, las bombas (22) pueden ser bombas de flujo pulsante y bombas de flujo suave, bombas de desplazamiento positivo o bombas cinéticas, bombas de tornillo, bombas centrífugas, bombas de paletas, bombas de engranajes, bombas de pistón radial, bombas de plato oscilante, bombas de émbolo y bombas de pistón, u otras bombas que cumplan con los requisitos de caudal y de altura de descarga del fluido intermedio. Los impulsores de las bombas pueden ser motores hidráulicos, motores diesel, motores de corriente continua, u otros impulsores principales con las características de potencia y de velocidad requeridas.

Se puede usar un sistema de intercambiadores de calor sumergido o parcialmente sumergido (21) ya sea como única fuente de calor para la regasificación de GNL, o, se puede usar en combinación con una o más fuentes de calor como en una realización alternativa de la invención tal como se muestra en la Figura 3. En el caso de que la capacidad del sistema de intercambiador de calor sumergido o parcialmente sumergido (21), o de que la temperatura local del agua de mar, no sean suficientes para proporcionar la cantidad de calor necesaria para el nivel deseado de las operaciones de regasificación, esta realización de la invención proporciona ventajas operacionales.

En una realización alternativa preferente, el fluido intermedio se hace circular por medio de la bomba (22) a través del calentador de vapor (26), del vaporizador (23), y de uno o más intercambiadores de calor sumergidos o parcialmente sumergidos (21). En la realización más preferente de la invención, el intercambiador de calor (21) está sumergido. El vapor procedente de una caldera o de otra fuente entra en el calentador de vapor (26) a través de la línea (31) y sale como condensado a través de la línea (32). Las válvulas (41, 42 y 43) permiten el aislamiento del calentador de vapor (26) y la apertura de la línea de derivación (51), lo que permite el funcionamiento del vaporizador (23) con el calentador de vapor (26) retirado del circuito. Alternativamente, las válvulas (44), (45 y 46) permiten el aislamiento del intercambiador de calor sumergido (21) y la apertura de la línea de derivación (52), lo que permite el funciona-

ES 2 333 301 T3

miento del vaporizador (23) con el intercambiador de calor sumergido (21) retirado del circuito. Las válvulas que se usan son válvulas convencionales de mariposa o de compuerta para fines de aislamiento y están construidas de materiales adecuados para el fluido circulante. En el caso de agua de mar, las válvulas de mariposa están preferentemente realizadas de acero fundido o son de construcción de hierro dúctil con un material de recubrimiento resistente, tal como neopreno o viton. Las válvulas de compuerta están preferentemente realizadas de una construcción de bronce con piezas de acero inoxidable o de Monel.

El calentador de vapor (26) preferentemente es un intercambiador de calor de carcasa y tubos convencional equipado con un enfriador de purga para permitir el calentamiento del agua circulante, y puede proporcionar la totalidad o una parte del calor necesario para la regasificación del GNL. El calentador de vapor (26) se provisiona preferentemente con vapor sobrecalentado a aproximadamente 10 bares de presión y a aproximadamente 455,37 K (360°F) de temperatura. El vapor se condensa y sub-enfría en el calentador de vapor (26) y en el enfriador de purga y se envía de nuevo a la planta de vapor del buque a aproximadamente 344,26 K (160°F).

En otra realización alternativa, el medio de calentamiento de agua en el calentador de vapor (26) y en el enfriador de purga es agua de mar. Preferentemente se usa una aleación de cobre níquel 90-10 para todas las superficies húmedas en contacto con el medio de calentamiento de agua. Los componentes del lado de la carcasa en contacto con el vapor y con el condensado son preferentemente de acero al carbono.

Para la instalación de a bordo descrita anteriormente, se usan tres calentadores de vapor (26) con enfriadores de purga, cada uno aportando preferentemente el 50% de la capacidad requerida total. Cada calentador de vapor (26) con un enfriador de purga tiene la capacidad para un caudal de agua de calefacción de aproximadamente 5.000 metros cúbicos por hora y de un caudal de vapor de aproximadamente 50.000 kilogramos por hora. Intercambiadores de calor de vapor (26) aptos son similares a los condensadores de superficie de vapor usados en muchas aplicaciones de a bordo, industriales y de servicios, y están disponibles de los fabricantes de intercambiadores de calor en todo el mundo.

La adición de una entrada de agua de mar (61) y de una salida de agua de mar (62) para un sistema de circulación con agua de mar permite que se use de agua de mar como una fuente directa de calor para el vaporizador de (23) o bien, como una fuente adicional de calor para ser usada conjuntamente con el calentador de vapor (26), en lugar de los intercambiadores de calor sumergidos (21). Esto se muestra en la Figura 3 por medio de las líneas punteadas.

Alternativamente, el sistema de intercambiador de calor sumergido o parcialmente sumergido (21) se puede usar como fuente secundaria de calor, mientras se usa otra fuente de calor como la fuente primaria de calor para las operaciones de regasificación. Ejemplos de otra fuente de calor incluyen vapor procedente de una caldera, o de un sistema de circulación con agua de mar en el que el agua de mar se presenta como una fuente de calor procedente del océano (o de otro volumen de agua en el que se encuentre el LNGC) y se descarga de nuevo al océano después de ser usada para calentar al GNL o bien, a un fluido intermedio que posteriormente se usa para calentar al GNL. Otras fuentes de calor podrían incluir un vaporizador de combustión sumergido o la energía solar. Tener una fuente secundaria o alternativa de calor además de la fuente primaria de calor, ya sean o no las fuentes un sistema de intercambiador de calor sumergido, también se considera ventajoso.

El uso de una fuente primaria de calor junto con la disponibilidad de por lo menos una fuente adicional o secundaria de calor proporciona una flexibilidad aumentada en la manera en que el GNL se puede calentar para fines de regasificación. La fuente de calor primaria se puede usar sin necesidad de que la fuente de calor se amplíe para dar cabida a todas las circunstancias ambientales bajo las cuales puede tener lugar la regasificación. En cambio, la fuente secundaria de calor se puede usar sólo en aquellos supuestos en los que se requiera una fuente adicional de calor.

La disponibilidad de una fuente secundaria de calor que se basa en un principio completamente diferente al de la fuente primaria de calor también garantiza la disponibilidad de al menos algo de energía calorífica en el caso de un fallo de la fuente primaria de calor. Si bien la capacidad de regasificación se puede reducir considerablemente en el caso de un fallo de la fuente primaria de calor, la fuente secundaria de calor proporcionaría al menos una capacidad de regasificación parcial que se podría usar mientras se repara la fuente primaria de calor o bien, se corrige la razón del fallo.

En una realización de tal sistema, la fuente primaria de calor puede ser vapor procedente de una caldera, y la fuente secundaria un sistema de intercambiador de calor sumergido. Alternativamente, la fuente primaria de calor puede ser vapor procedente de una caldera, y la fuente secundaria puede ser el uso de un sistema de circulación abierto con agua de mar. También se pueden usar otras combinaciones de fuentes de calor dependiendo de la disponibilidad, de factores económicos, o de otras consideraciones. Otras posibles fuentes de calor incluyen el uso de calderas para calentar agua caliente, o intercambiadores de calor por combustión sumergidos, estando comercialmente disponible cada uno de los productos.

En otra realización del sistema, el LNGC se puede equipar con una fuente primaria de calor, y estar preparada para la adición de una fuente secundaria de calor por medio de la inclusión de las conexiones de los equipos, las tuberías y otros elementos que de otro modo requerirían una modificación sustancial del buque para dar cabida a la nueva fuente. Por ejemplo, el LNGC podría estar equipado para usar vapor procedente de una caldera como la fuente primaria de calor, pero también podría estar equipado con las tuberías adecuadas, las conexiones y las ubicaciones para las bombas y de otros equipos para facilitar la posterior instalación de un sistema de intercambiador de calor sumergido o de un

ES 2 333 301 T3

sistema de circulación con agua de mar sin necesidad de una gran modificación estructural del buque. Mientras que esto puede aumentar el gasto inicial de construcción del LNGC o reducir ligeramente la capacidad del LNGC, sería económicamente más preferente que sufrir una gran modificación estructural del buque en una fecha posterior.

5 El método preferente de esta invención es un proceso mejorado para regasificar GNL a bordo de un buque metanero. El LNGC, equipado con instalaciones de regasificación tales como las que se describen anteriormente, puede estar amarrado en mar adentro y estar conectado a un sistema de distribución de tuberías a través de una conexión situada, por ejemplo, en una boya o en una plataforma mar adentro. Una vez que se realiza esta conexión, se hace circular un fluido intermedio, tal como glicol o agua, por medio de la bomba (22) a través de los intercambiadores de calor o del
10 intercambiador de calor sumergido o parcialmente sumergido (21) y del vaporizador (23). También se pueden usar otros fluidos intermedios con características adecuadas, tales capacidad calorífica y puntos de ebullición aceptables tal como se describe anteriormente.

15 El intercambiador de calor (21) está preferentemente totalmente sumergido y permite la transferencia de calor desde el agua de mar que lo rodea al fluido intermedio circulante debido al diferencial de temperaturas entre ambos. A partir de entonces el fluido intermedio circula hacia al vaporizador (23), que preferentemente es un vaporizador de carcasa y tubos (23). En la realización preferente, el líquido intermedio pasa a través de los vaporizadores en paralelo (23) para aumentar la capacidad de producción del LNGC. El GNL se hace pasar al vaporizador (23) a través de la línea (24), donde se regasifica y sale a través de la línea (25). De la línea (25), el GNL pasa a un sistema de distribución
20 de tuberías sujeto a la plataforma o a la boya, en donde está amarrado el LNGC.

En el método más preferente de la invención, el fluido intermedio se hace circular a través de los intercambiadores de calor sumergidos (21), que están montados en una o más estructuras conectadas al LNGC por medio de tuberías adecuadas y que están sumergidos en el agua después de que el LNGC está amarrado a una boya o terminal de mar
25 adentro. En otro método alternativo de la invención, los intercambiadores de calor sumergidos (21) están montados en la boya (68) o en otra estructura de mar adentro a la que está amarrado el LNGC, y se conectan al buque después del acoplamiento.

En otro método preferente de la invención, se proporcionan una o más fuentes secundarias o adicionales de calor para la regasificación de GNL. En una realización, el fluido intermedio se hace circular por medio de la bomba (22) a través del calentador de vapor (26), del vaporizador (23), y de uno o más intercambiadores de calor sumergidos o
30 parcialmente sumergidos (21). El vapor procedente de una caldera o de otra fuente entra en el calentador de vapor (26) a través de la línea (31) y sale como condensado a través de la línea (32). Las válvulas (41, 42 y 43) permiten la operación del vaporizador (23) con o sin el calentador de vapor (26). Además, el vaporizador (23) se puede operar
35 solamente con el uso de las fuentes secundarias de calor tales como el calentador de vapor (26). Las válvulas (44, 45 y 46) permiten el aislamiento de estos intercambiadores de calor sumergidos (21), de modo que el vaporizador (23) pueda funcionar sin ellos.

En otro método de la invención, un sistema de circulación con agua de mar, con una entrada (61) y una salida (62),
40 permite el uso de agua de mar como una fuente directa de calor para el vaporizador (23) o como una fuente adicional de calor para ser usada en conjunción con el calentador de vapor (26), en lugar del intercambiador de calor sumergido (21). Por supuesto, el sistema de intercambiador de calor sumergido o parcialmente sumergido (21) se puede usar como una fuente secundaria de calor, mientras que una de las otras fuentes de calor descritas se usa como la fuente
45 primaria de calor. Ejemplos de esto se han descrito anteriormente.

A modo de ejemplo se han mostrado y descrito anteriormente varias realizaciones de la invención. Sin embargo, la invención se considera limitada sólo por el alcance de las reivindicaciones anexas.

50

55

60

65

ES 2 333 301 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Un buque metanero mejorado con capacidad de regasificación a bordo del tipo en donde dicho buque metanero tiene un vaporizador (23) a bordo que vaporiza al GNL a un estado gaseoso, una fuente de calor para dicho vaporizador, un fluido intermedio que circula entre dicho vaporizador (23) y dicha fuente de calor, y una o más bombas (22) para hacer circular dicho fluido intermedio entre dicho vaporizador y dicha fuente de calor, **caracterizado** por:

10 conexiones pre-instaladas de equipos para permitir el posterior acoplamiento de una o más fuentes adicionales de calor a dicho vaporizador, en donde al menos una de las fuentes adicionales de calor es un calentador (26);

15 conductos pre-instalados de caudal entre dicho vaporizador y dichas conexiones de equipos; y

válvulas para aislar dichos conductos pre-instalados de caudal de dicho vaporizador.

2. El buque metanero de la reivindicación 1, en donde la fuente de calor comprende al menos un intercambiador de calor (21).

20 3. El buque metanero de la reivindicación 2, en donde al menos un intercambiador de calor (21) está al menos parcialmente sumergido en el agua.

4. El buque metanero de la reivindicación 2, en donde al menos un intercambiador de calor (21) está totalmente sumergido en el agua.

25 5. El buque metanero de la reivindicación 2, 3 ó 4, en donde al menos un intercambiador de calor (21) está unido a la superficie exterior del buque metanero.

30 6. El buque metanero de la reivindicación 2, 3 ó 4, en donde al menos un intercambiador de calor (21) se almacena a bordo del buque metanero cuando no está en uso.

7. El buque metanero de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en donde al menos un intercambiador de calor (21) está rígidamente unido al buque metanero después de ser sumergido en el agua.

35 8. El buque metanero de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en donde al menos un intercambiador de calor (21) esta unido de forma flexible al buque metanero después de ser sumergido en el agua.

9. El buque metanero de la reivindicación 1, en donde al menos una fuente de calor es un intercambiador de calor, siendo el intercambiador de calor una parte integral del buque metanero.

40 10. El buque metanero de la reivindicación 9, en donde dicho intercambiador de calor está montado en un casco de un buque metanero.

45 11. El buque metanero de la reivindicación 1, en donde al menos una de las fuentes de calor para regasificar al GNL se monta en una terminal mar adentro y está equipado para conectarse de forma fluida al buque metanero.

12. El buque metanero de la reivindicación 11, en donde dicha terminal de mar adentro es una boya de amarre.

50 13. El buque metanero de la reivindicación 11 ó 12, en donde al menos una fuente de calor es al menos un intercambiador de calor que está al menos parcialmente sumergido en agua.

14. El buque metanero de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que incluye válvulas y al menos una línea de derivación para aislar al menos una de las fuentes de calor de al menos una de las fuentes de calor restantes.

55

60

65

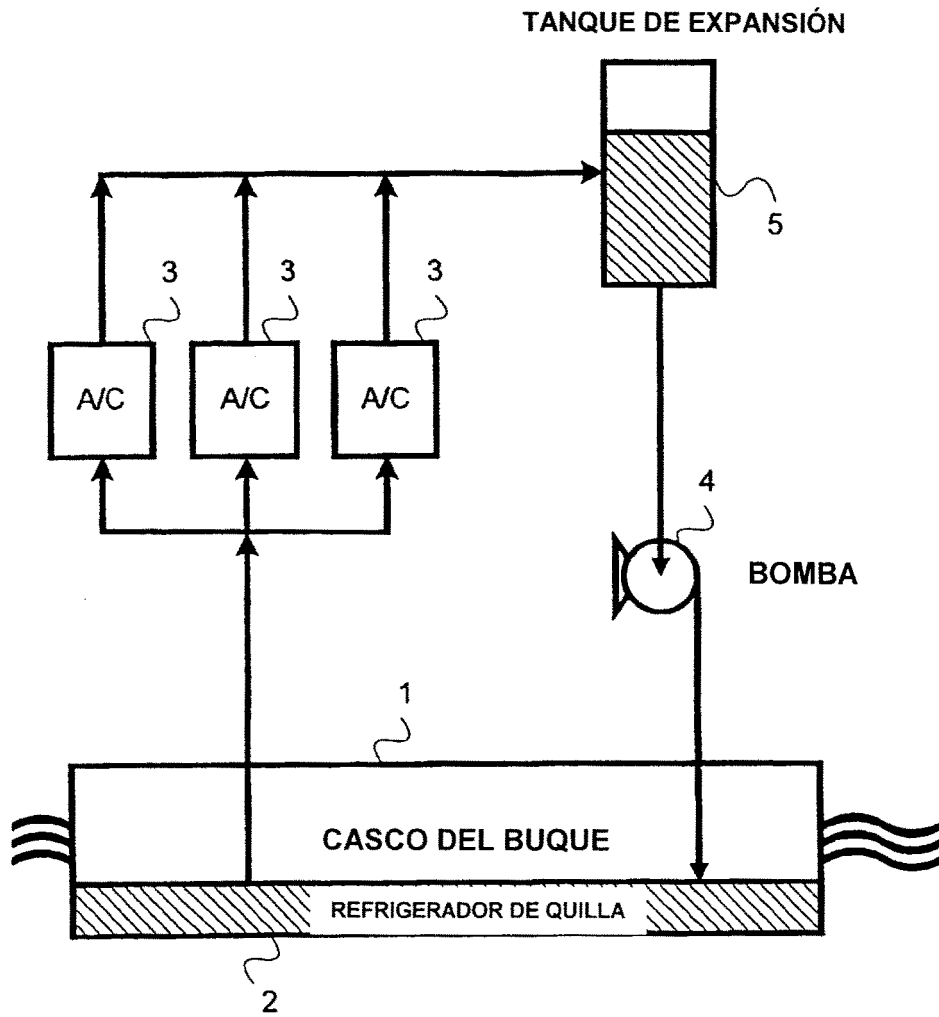


Figura 1

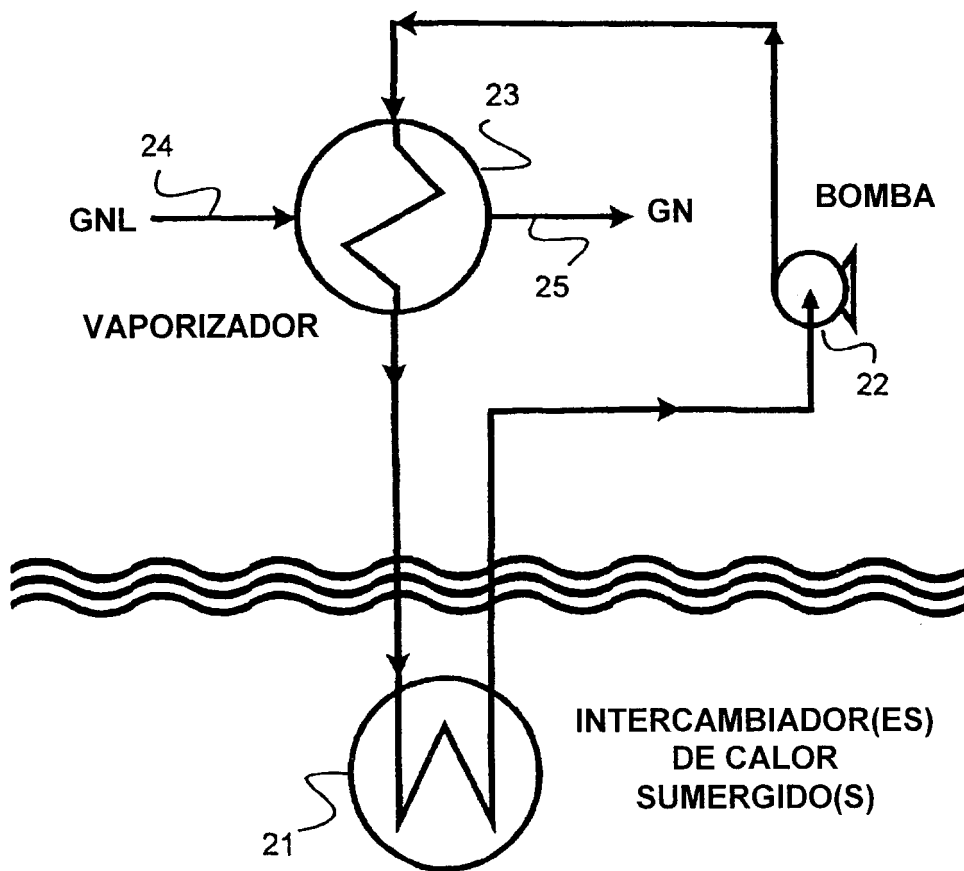


Figura 2

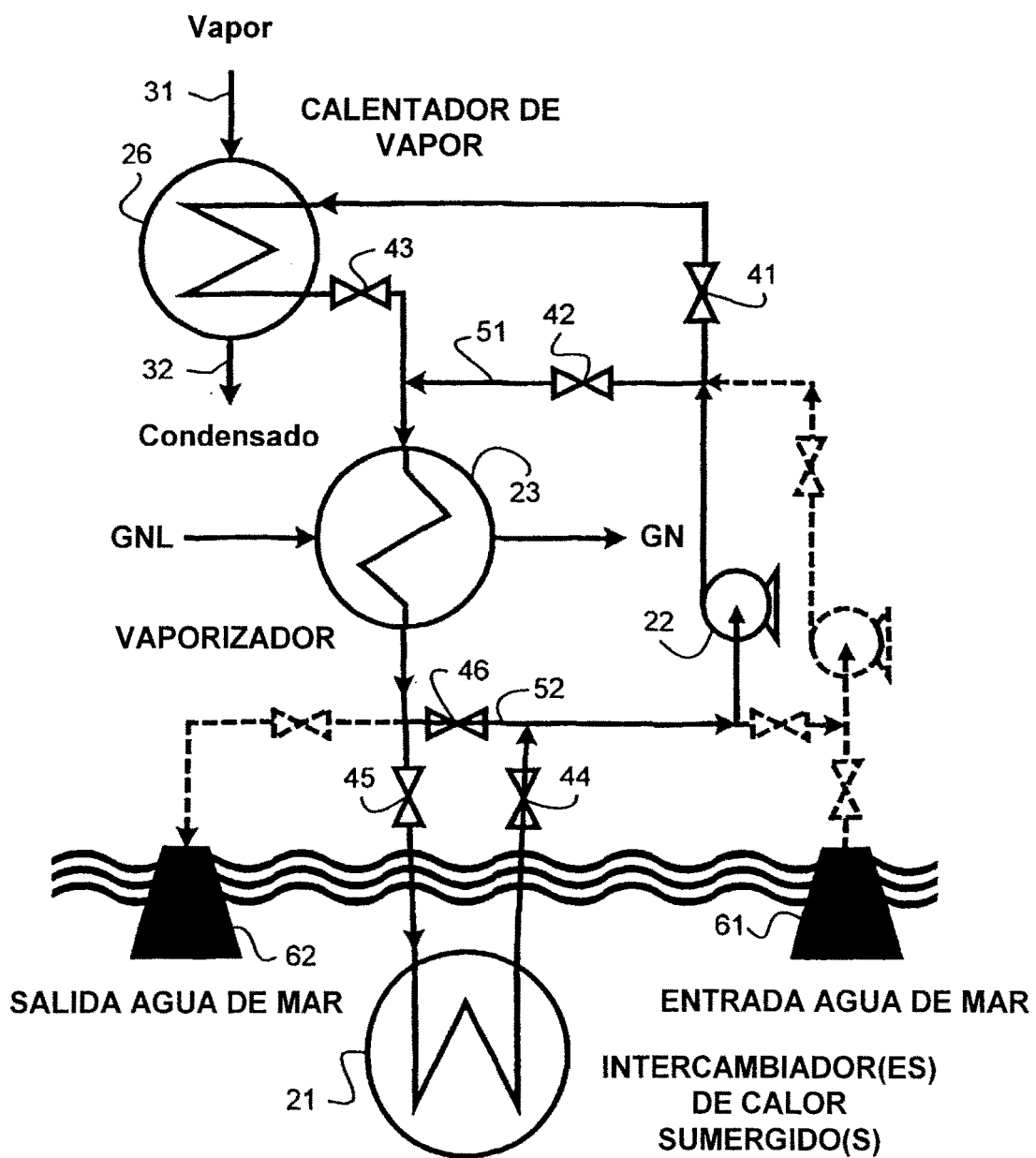
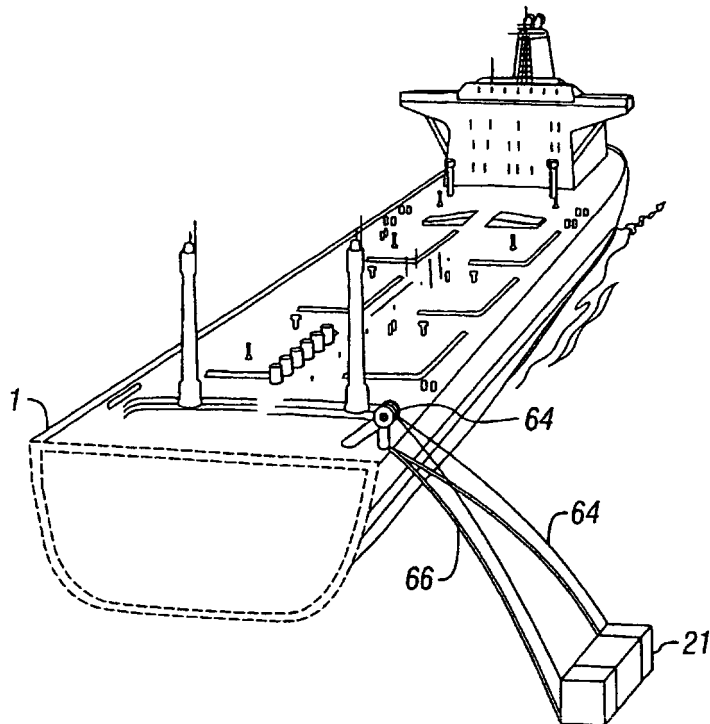
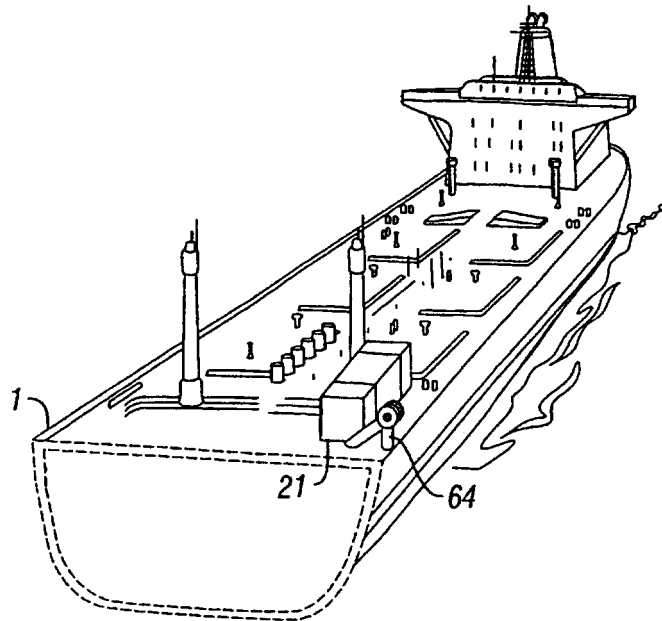


Figura 3



Figuras 4A y 4B

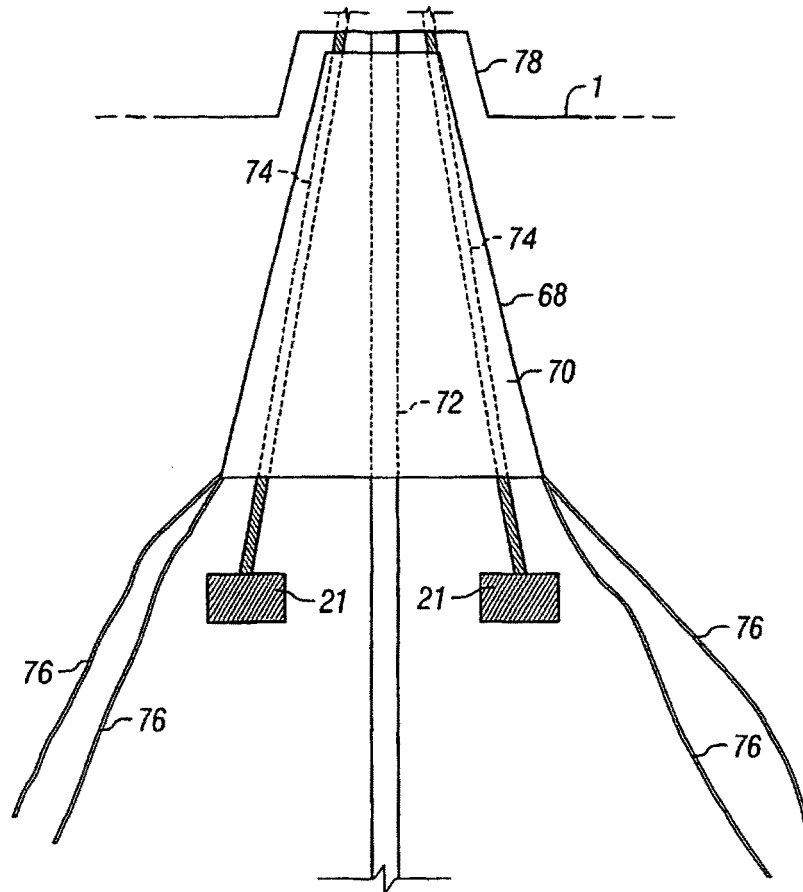


Figura 5