

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 685**

51 Int. Cl.:  
**F17C 9/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02719390 .3**

96 Fecha de presentación: **29.03.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1490625**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.12.2004**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y EQUIPO PARA LA REGASIFICACIÓN DE GNL A BORDO DE UN CARGUERO.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**25.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**25.01.2012**

73 Titular/es:  
**Excelerate Energy Limited Partnership  
1450 Lake Robbins Drive Suite 200  
The Woodlands, Texas 77380, US**

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

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

**ES 2 372 685 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**

Procedimiento y equipo para la regasificación de GNL a bordo de un carguero

**Campo de la invención**

La invención se refiere al transporte y regasificación de gas natural licuado (GNL).

**5 Antecedentes de la invención**

El gas natural se transporta de forma típica desde el lugar en el que se produce hasta el lugar donde se consume mediante una tubería. Sin embargo se pueden producir grandes cantidades de gas natural en un país en el que la producción excede con mucho la demanda. Sin un modo efectivo para transportar el gas natural al lugar en el que haya una demanda comercial, el gas se quemaría cuando se produce, lo cual es antieconómico.

10 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 ocupa la misma cantidad de gas natural en su estado gaseoso. Se produce GNL mediante enfriamiento del gas natural por debajo de su punto de ebullición (-161,7º C a presión atmosférica). El GNL se puede almacenar en depósitos criogénicos bien a o ligeramente por encima de la presión atmosférica. Aumentando la temperatura del GNL este se puede devolver a su forma gaseosa.

15 La demanda creciente de gas natural ha estimulado el transporte de GNL mediante buques cisterna especiales. El gas natural producido en lugares remotos, tales como Argelia, Borneo o Indonesia, se puede licuar y embarcar vía marítima de esta forma hasta Europa, Japón o los Estados Unidos. De forma típica el gas natural es recepcionado a través de una o más tuberías en una instalación de licuefacción terrestre. El GNL se carga luego en un buque cisterna equipado con compartimentos criogénicos (un buque cisterna de este tipo se puede designar como un carguero de GNL o "CGNL")  
20 bombeándolo a través de una tubería relativamente corta. Una vez que el carguero de GNL llega al puerto de destino, el GNL se descarga mediante bomba criogénica en una instalación de regasificación terrestre, en la que se puede almacenar en un estado líquido o regasificar. Para regasificar el GNL se aumenta la temperatura hasta que supere el punto de ebullición del GNL, provocando que el GNL retorne a un estado gaseoso. El gas natural resultante se puede distribuir luego a través de un sistema de tuberías a varios lugares donde es consumido.

25 Debido a consideraciones de seguridad, ecológicas y/o estéticas, se ha propuesto que la regasificación del GNL tenga lugar en tierra. Se puede construir una instalación de regasificación en una plataforma fija localizada en tierra o en una gabarra flotante y otra embarcación que esté amarrada a tierra. El carguero de GNL puede ser atracado o amarrado próximo a la plataforma de regasificación en tierra o embarcación, de modo que el GNL se puede luego descargar por medios convencionales, bien para almacenamiento o bien para regasificación. Tras la regasificación el gas natural se  
30 puede transferir a un sistema de distribución por tuberías tierra adentro.

Se ha propuesto también que la regasificación tenga lugar a bordo del carguero de GNL. Esto presenta ciertas ventajas en cuanto a que la instalación de regasificación viaja con el carguero de GNL. Esto puede facilitar acomodar las demandas de gas natural que son más estacionales o bien que varían de un lugar a otro. Debido a que la instalación de regasificación viaja con el carguero de GNL no es necesario proporcionar un almacenamiento de GNL e instalación de  
35 regasificación aparte, bien en tierra o en costa, en cada lugar en el que se pueda suministrar GNL. En su lugar el carguero de GNL equipado con instalaciones de regasificación puede ser amarrado a tierra y conectado a un sistema de distribución por tuberías a través de una conexión localizada en una boya o plataforma de costa.

Cuando la instalación de regasificación está localizada a bordo del carguero de GNL, la fuente de calor usada para regasificar el GNL se puede transferir con uso de un fluido intermedio que se ha calentado mediante una caldera localizada en el carguero de GNL. El fluido calentado se puede pasar luego a través de un intercambiador de calor que  
40 está conectado con el GNL.

También se ha propuesto que la fuente de calor sea agua de mar de las proximidades del carguero de GNL.

Debido a que la temperatura del agua de mar es mayor que el punto de ebullición del GNL y la temperatura de distribución por conducto mínima, esta se puede bombear a través de un intercambiador de calor para calentar y regasificar el GNL.  
45 Sin embargo cuando el GNL se calienta, regasifica y supercalienta, el agua de mar es enfriada como consecuencia de la transferencia de calor entre los dos fluidos. Se debe tener cuidado de evitar el enfriamiento del agua de mar por debajo de su punto de congelación. Esto requiere que las velocidades de flujo del GNL que se calienta y del agua de mar que se usa para calentar el GNL se controlen de forma cuidadosa. El equilibrio adecuado de las dos velocidades de flujo se ve afectado por la temperatura ambiente del agua de mar, así como también por la velocidad deseada de gasificación del  
50 GNL. Se puede ver afectada la temperatura ambiente del agua de mar por el lugar en el que atraca el carguero de GNL, el momento del año en el que tenga lugar el suministro, la profundidad del agua, e incluso la forma en la que se vierte el agua de mar enfriada del calentamiento de GNL. Adicionalmente la forma en la que se vierte el agua de mar enfriada

5 puede verse afectada por consideraciones medioambientales, por ejemplo, tratar de evitar un impacto medioambiental indeseable tal como depresión de la temperatura del agua ambiente en las proximidades del vertido de agua de mar enfriada. Las implicaciones ambientales pueden afectar a la velocidad a la que se puede calentar el GNL, y, por tanto al volumen de GNL que se puede gasificar en un periodo dado de tiempo con equipo de regasificación a bordo del carguero de GNL.

La patente europea nº EP 1478875 de Nierenberg describe el transporte y regasificación de gas natural licuado.

### Sumario de la invención

10 En un aspecto la presente invención se refiere a un carguero de GNL que presenta un sistema de regasificación que incluye un vaporizador a bordo para vaporizar el GNL, una fuente primaria de calor, y una o más fuentes secundarias de calor para el GNL y el vaporizador, un fluido intermedio que circula entre las fuentes primaria y secundaria de calor y conductos flexibles que conectan la fuente primaria de calor con el carguero de GNL.

### Breve descripción de los dibujos

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

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

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

La figura 4A es una sección transversal parcial del carguero de GNL a aproximadamente la mitad del buque, que muestra el intercambiador de calor pertrechado sobre la cubierta.

La figura 4B es una sección transversal parcial del carguero de GNL a aproximadamente la mitad del buque, que muestra el intercambiador de calor por debajo del nivel del agua.

20 La figura 5 es una sección transversal parcial de una realización preferida alternativa del carguero de GNL, que muestra el casco del buque integralmente amarrado a una boya, y dos intercambiadores de calor unidos al bolardo de amarre y conectados con conductos para fluidos al carguero de GNL una vez que se amarra al bolardo.

### Descripción detallada

25 Se pueden realizar diversas mejoras en la forma en la que el GNL se regasifica a bordo del carguero de GNL. De forma específica hay otras fuentes de calor, componentes para transferencia de calor y combinaciones de fuentes de calor, que se pueden usar para proporcionar flexibilidad adicional respecto a los lugares y al impacto ambiental de la regasificación de carguero de GNL a bordo.

30 Los dispositivos habitualmente conocidos como “enfriadores de quilla” se han usado en el pasado para proporcionar una fuente de enfriamiento para los equipos marinos, tales como refrigerantes de motores de propulsión y acondicionamiento de aire. Como se muestra en la figura 1, el enfriador de quilla 2 es un intercambiador de calor sumergido, que está localizado de forma típica en o cerca del fondo del casco del buque 1, y usa agua del océano como un “sumidero de calor” para el calor generado por los equipos de a bordo (tal como unidades de acondicionamiento de aire marinos 3) que requieren capacidad de enfriamiento.

35 El enfriador de quilla 2 opera bien con uso de uno o más receptáculos (no mostrados) que están contruidos en la parte inferior del casco 1 o unidos al exterior del casco 1 como un intercambiador de calor que enfría el fluido intermedio (tal como agua fresca o un glicol) que se hace circular por la bomba 1 a través del receptáculo. Este fluido intermedio se bombea luego a una o más zonas en el buque para absorber el exceso de calor. Tales enfriadores de quilla se encuentran comercialmente disponibles en fabricantes tales como R.W. Rernstrum & Co. (Menominee, MI) y Duramax Marine LCC (Hiram, OH).

40 Entre las ventajas de un sistema de este tipo, en comparación con un sistema interno y en consecuencia que vierte agua de mar usada como un fluido refrigerante, se encuentra el reducido riesgo de bajada de temperatura y riesgo de corrosión que está asociado con la circulación del agua de mar en varias localizaciones a borde del buque. Sólo el exterior del receptáculo del enfriador de quilla 2 está expuesto al agua de mar, agua fresca, u otro fluido relativamente no corrosivo que se hace circular a través de remanente de cantidades hasta un sistema cerrado. No se necesita que se fabriquen bombas, conductos, válvulas y otros componentes en el sistema de bucle cerrado de materiales extraños que fuesen resistentes a la corrosión del agua de mar. Los enfriadores de quilla 2 también obvian la necesidad de filtrar el agua de mar, como se puede requerir en un sistema que pase agua de mar al interior de los componentes de maquinaria a bordo del buque.

50 Como se muestra en la figura 2 en una realización preferida de la invención se usan una o más fuentes primarias de calor que son preferiblemente intercambiadores de calor 21 sumergidos – no proporcionan capacidad de enfriamiento, pero en

su lugar proporcionan capacidad de calentamiento para el fluido de circulación en bucle cerrado, lo que por el contrario se usa para regasificar el GNL.

En la realización preferida los intercambiadores de calor 21, en lugar de ser montados en el casco del buque 1 como un enfriador de quilla tradicional, son intercambiadores de calor 21 separados que se encuentran por debajo del agua después de que la cisterna de GNL llegue a su instalación de descarga en costa o terminal. En la realización más preferida, se usan dos intercambiadores de calor 21, cada uno de ellos es de aproximadamente 6,1 metros por 6,1 metros por 12,2 metros, y en conjunto cumplen las necesidades de calentamiento del carguero de GNL. Cada uno de estos intercambiadores de calor 21 tiene la capacidad de aproximadamente 100 enfriadores de quilla convencionales. Los intercambiadores de calor 21 están conectados con el carguero de GNL mediante un conducto 66 adecuado, que puede ser flexible o rígido. En lo que se refiere a las figuras 4A y 4B, los intercambiadores de calor 21 se encuentran preferiblemente pertrechados en la cubierta cuando se usan (véase la figura 4A), y se pueden pertrechar bajo una cubierta, en un hangar, o en alguna otra estructura (no mostrada). En el momento del uso los intercambiadores de calor 21 se bajan mediante el equipo mecánico 64, tal como, pero sin limitarse a este, un sistema cabrestante o sistema elevador, tal equipo es bien conocido por los especialistas en la técnica (véase la figura 4B). Después de bajar los intercambiadores de calor 21 al agua, la unión rígida de los intercambiadores de calor 21 con el buque es preferiblemente donde está implicado que los intercambiadores de calor 21 podrían chocar contra el buque.

En otra realización preferida los intercambiadores de calor 21 son instalaciones permanentemente sumergidas en la terminal de descarga en costa. Por ejemplo, el sistema intercambiador de calor 21 sumergido podría montarse en la boya 68 que se usa para atracar el carguero de GNL. Cualquiera de estas configuraciones de intercambiador de calor 21 alternativas (figuras 4B, 5) está conectada al carguero de GNL de modo que permite que el fluido intermedio circule a través de los intercambiadores de calor 21 sumergidos.

Cuando los intercambiadores de calor 21 estén unidos a una boya de amarre 68, un receso de torreta 78 del carguero de GNL coincide con la boya 68, permitiendo que el carguero de GNL vire en torno a la boya 68. Los intercambiadores de calor 21 están unidos por tuberías 74 al casco del buque 1, y con ello están unidos de forma que se puedan pasar fluidos con el vaporizador 23 y a cualquier fuente secundaria de calor 26. Un elevador de conducto de gas 72 conecta el carguero de GNL y un sistema de distribución por tubería para la descarga del GNL regasificado.

En otra realización de la invención se encuentran localizados una o más unidades intercambiadoras de calor sumergidas 21 en cualquier lugar adecuado por debajo de la línea de agua del casco 1, y están montados directamente dentro del casco 1 del carguero de GNL. De forma alternativa los intercambiadores de calor 21 pueden estar sumergidos parcialmente, más que completamente.

Se hace circular un fluido intermedio, tal como glicol, propano o agua fresca, por una bomba 22 a través del vaporizador 23 y los intercambiadores de calor 21 sumergidos. También se pueden usar otros fluidos intermedios que presentan características adecuadas tales como capacidad de calor y puntos de ebullición aceptables, y son conocidos habitualmente en la industria. El GNL se pasa al vaporizador 23 a través del conducto 24 donde se regasifica y sale por el conducto 25.

Los intercambiadores de calor 21 sumergidos permiten la transferencia de calor desde el agua de mar del entorno al fluido intermedio en circulación sin la entrada o bombeo de agua de mar al carguero de GNL, como se citó anteriormente. El tamaño y área superficial de los intercambiadores de calor 21 puede variar en gran amplitud, en función del volumen de la carga de GNL que se va a regasificar para suministro y de los intervalos de temperatura del agua en los que el carguero de GNL efectúa el suministro del gas natural.

Por ejemplo, si la temperatura del fluido intermedio en circulación es de aproximadamente 7,2° C tras retorno a los intercambiadores de calor 21 sumergidos y la temperatura del agua de mar es de aproximadamente 15° C, el diferencial de temperatura entre los dos es de aproximadamente 7,8° C. Este es un diferencial de temperatura relativamente modesto, y, de acuerdo con esto, los intercambiadores de calor 21 requerirán una mayor área superficial para acomodar las necesidades de transferencia de calor de la presente invención, en comparación con los enfriadores de quilla típicos descritos anteriormente, que fueron diseñados para la eliminación de unos millones de BTU por hora.

En una realización preferida se usan dos intercambiadores de calor 21 sumergidos, diseñados en su conjunto para absorber aproximadamente 15,62 millones de kcal por hora (62 millones de BTU por hora) y que presentan aproximadamente 41,9 m<sup>2</sup> de área superficial. Estos intercambiadores de calor 21 son de aproximadamente 6,1 metros por 6,1 metros por 12,2 metros (20 pies por 20 pies por 40 pies) y contienen preferiblemente haces de tubos que se encuentran expuestos para permitir que el agua pase por ellos, mientras que el fluido intermedio circula por dentro de los tubos. Esta cantidad de área superficial puede estar dispuesta en una variedad de configuraciones, sin embargo, inclusive, en la presente realización se encuentran dispuestos múltiples haces de tubos dispuestos de forma similar a los de los enfriadores de quilla 2 convencionales. El intercambiador de calor 21 de la presente invención puede ser también un intercambiador de calor de carcasa y tubo, un intercambiador de lámina y tubo fijo de tubo curvado, intercambiador de serpentín, intercambiador de tipo plato, y otros intercambiadores de calor conocidos comúnmente por los especialistas en

la técnica que cumplen los requerimientos de temperatura, volumétricos y de absorción de calor para el GNL que se va a regasificar.

El vaporizador 23 es preferiblemente un vaporizador de carcasa y tubo, y se ilustra esquemáticamente un vaporizador 23 de este tipo en la figura 2. Este tipo de vaporizador 23 es bien conocido en la industria, y es similar a diversos vaporizadores de carcasa y tubo calentados con agua en servicio en instalaciones de regasificación de tierra. Otros tipos de vaporizadores que se pueden usar incluyen, pero sin limitarse a estos, vaporizadores de fluido intermedio y vaporizadores de combustión sumergidos. En aplicaciones a bordo de buques alternativas donde el agua de mar puede ser uno de los medios de calentamiento o puede entrar en contacto con los equipos, el vaporizador 23 está preferiblemente fabricado de un acero inoxidable super-austenítico AL-6XN (ASTM A-240, B688, UNS N08367) para superficies humedecidas en contacto con agua de mar y acero inoxidable de tipo 316L para todas las demás superficies del vaporizador 23. Se pueden usar una variedad de materiales para el vaporizador, incluyendo pero sin limitarse a estas, aleaciones y compuestos de titanio.

En la realización preferida se usa un vaporizador 23 de carcasa y tubo que produce aproximadamente 100 millones de pies cúbicos convencionales por día ("mmscf/d") (2,83 mmSm<sup>3</sup>/d) de GNL con un peso molecular de aproximadamente 16,9. Por ejemplo, cuando opera el carguero de GNL en agua de mar con una temperatura de aproximadamente 15° C y una temperatura de fluido intermedio de aproximadamente 7,2° C, el vaporizador 23 requerirá un flujo de agua calentada de aproximadamente 2.000 metros cúbicos por hora. La transferencia de calor resultante de aproximadamente 15,62 millones de kcal por hora (62 millones de BTU por hora) se alcanza preferiblemente usando un haz de tubos simple de tubos de aproximadamente 12,2 metros de longitud, preferiblemente de aproximadamente 1,9 cm de diámetro. Se incorporan características de diseño especiales en el vaporizador 23 para asegurar la distribución uniforme de GNL en los tubos, para acomodar la contracción térmica diferencial entre los tubos y la carcasa, para prevenir la congelación del medio de agua de calentamiento, y para acomodar las cargas añadidas de las aceleraciones del buque. En la realización más preferida está dispuesta la instalación paralela de vaporizadores 23 de 100 mmscf/d de capacidad para conseguir la capacidad de salida requerida total por la embarcación de regasificación. Los suministradores de estos tipos de vaporizadores 23 en los Estados Unidos incluyen Chicago Power and Process, Inc. y Manning and Lewis, Inc.

En la realización preferida de la invención las bombas de circulación 22 para el fluido intermedio son bombas centrífugas 22 de vástago simple convencionales controladas por motores eléctricos de velocidad síncrona. Las bombas centrífugas 22 de vástago simple se usan frecuentemente para bombeo de agua/fluido en aplicaciones marítimas e industriales, y son bien conocidas por los especialistas en la técnica.

La capacidad de las bombas de circulación 22 se selecciona en base a la cantidad de vaporizadores 23 instalados y al grado de redundancia deseado.

Por ejemplo, para acomodar una capacidad de diseño de aproximadamente 14.158 millones de metros cúbicos estándar por día, se plantea una instalación a bordo de seis vaporizadores 23, cada uno de ellos con una capacidad de aproximadamente 2,83 mmsm<sup>3</sup>/d, proporcionando un vaporizador redundante. La circulación de agua de calentamiento total requerida para este sistema es aproximadamente 10.000 metros cúbicos por hora en el punto de diseño, y aproximadamente 12.000 metros cúbicos por hora en el timbre máximo. Teniendo en cuenta las limitaciones de espacio a bordo, se usan tres bombas 22, cada una de ellas con una capacidad de 5.000 metros cúbicos por hora, y proporcionan una unidad completamente redundante en los requerimientos de circulación en el punto de diseño de 10.000 metros cúbicos por hora. Si se usan cinco vaporizadores entonces solo se requieren dos bombas. Estas bombas 22 presentan un cabezal dinámico total de aproximadamente 30 metros, y el requerimiento de potencia para cada bomba 22 es de aproximadamente 950 kW (kilovatios). Los conductos de succión y de vertido para cada bomba 22 es preferiblemente conducto de 650 mm de diámetro, pero se pueden usar conductos de otras dimensiones.

Los materiales usados por las bombas 22 y conductos asociados pueden resistir preferiblemente los efectos corrosivos del agua de mar, y se encuentran disponibles una variedad de materiales. En la realización preferida los revestimientos de bomba están hechos de aleación de níquel aluminio bronce y los impulsores tienen ejes de bomba Monel. Monel es una aleación basada en níquel muy resistente a la corrosión que contiene aproximadamente de 60 a 70% en níquel, de 22 a 35% en cobre, y pequeñas cantidades de hierro, manganeso, silicio y carbono.

Si bien la realización preferida de la invención se ilustra con una bomba 22 centrífuga de vástago simple, se pueden usar una pluralidad de tipos de bombas 22 que cumplen las velocidades de flujo requeridas y se encuentran disponibles en suministradores de bombas. En realizaciones alternativas, las bombas 22 pueden ser bombas de flujo suave y bombas de flujo pulsante, bombas de gradiente de velocidad o de desplazamiento positivo, bombas de tornillo, bombas rotatorias, bombas de paletas, bombas de engranajes, bombas radiales-pistón tubular, bombas de plato oscilante, bombas de pistón tubular y bombas de pistón, u otras bombas que cumplen los requerimientos de cabezal de descarga y de velocidad de flujo del fluido intermedio. Controladores para las bombas pueden ser motores hidráulicos, motores diésel, motores DC u otros accionadores primarios con las características de velocidad y potencia requeridas.

Se puede usar un sistema intercambiador de calor 21 sumergido o parcialmente sumergido bien como una única fuente de

calor para regasificación del GNL, o bien, en una realización alternativa de la invención como se muestra en la figura 3, se puede usar junto con una o más fuentes secundarias de calor. En el caso de que la capacidad del sistema intercambiador de calor 21 sumergido o parcialmente sumergido, o la temperatura del agua de mar local, no sean suficientes para proporcionar la cantidad de calor requerida para el nivel deseado de operaciones de regasificación, esta realización de la invención proporciona ventajas operacionales.

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

Las válvulas usadas son compuertas o válvulas de mariposa convencionales para fines de aislamiento y están construidas con materiales adecuados para el fluido en circulación. En el caso de agua de mar, las válvulas de mariposa están preferiblemente fabricadas de acero fundido o hierro dúctil con un material de revestimiento resiliente, tal como neopreno o viton. Las válvulas de compuerta están preferiblemente fabricadas en construcción de bronce con guarnición de acero inoxidable o Monel.

El calentador de vapor 26 es preferiblemente un intercambiador de calor de carcasa y tubo convencional equipado con un refrigerador de drenaje para permitir el calentamiento del agua en circulación, y puede proporcionar todo o una parte del calor requerido para la regasificación del GNL. El calentador de vapor 26 es proporcionado preferiblemente con vapor desupercalentado a aproximadamente 1000 kPa (10 bar) de presión y aproximadamente 149° C de temperatura. El vapor se condensa y sub-enfría en el calentador de vapor 26 y refrigerador de drenaje y se devuelve a la planta de vapor de la embarcación a aproximadamente 71° C.

En otra realización alternativa el medio de agua de calentamiento en el calentador de vapor 26 y refrigerador de drenaje es agua de mar. Se usa preferiblemente una aleación de cobre y níquel 90-10 para todas las superficies humedecidas en contacto con el medio de agua de calentamiento. Los componentes laterales de la carcasa en contacto con vapor y condensado son preferiblemente de acero al carbono.

Para la instalación de a bordo descrita anteriormente se usan tres calentadores de vapor 26/refrigeradores de drenaje, cada uno de ellos proporciona preferiblemente 50% de la capacidad total requerida. Cada calentador de vapor 26 con un refrigerador de drenaje tiene la capacidad de un flujo de agua de calentamiento de aproximadamente 5.000 metros cúbicos por hora y un flujo de vapor de aproximadamente 50.000 kilogramos por hora. Los intercambiadores de calor de vapor 26 adecuados son similares a los condensadores de superficie de vapor usados en muchos buques, aplicaciones industriales y de fábricas, y se encuentran disponibles en fabricantes de intercambiadores de calor de todo el mundo.

La adición de una entrada de agua de mar 61 y una salida de agua de mar 62 para un flujo a través del sistema de agua de mar, permite que se use agua de mar bien como una fuente directa de calor para el vaporizador 23 o como una fuente adicional de calor junto con el calentador de vapor 26, en lugar de los intercambiadores de calor 21 sumergidos. Esto se muestra en la figura 3 con las líneas a trazos.

De forma alternativa el sistema intercambiador de calor 21 sumergido o parcialmente sumergido se puede usar como la fuente secundaria de calor, a la vez que se usa otra fuente de calor como la fuente primaria de calor para las operaciones de regasificación. Ejemplos de otras fuentes de calor incluirían vapor de una caldera, o un sistema de agua de mar de flujo cruzado en el que se introduce agua de mar como una fuente de calor desde el océano (u otra fuente de agua en el que se encuentre el carguero de GNL) y se vierte de nuevo al océano tras ser usado para calentar bien el GNL o un fluido intermedio que a continuación se usa para calentar el GNL. Otras fuentes de calor podrían incluir un vaporizador de combustión sumergido o energía solar. También se considera ventajoso el tener una fuente de calor secundaria o alternativa además de la fuente primaria de calor, ya sea o no alguna de las fuentes un sistema intercambiado de calor sumergido.

El uso de una fuente primaria de calor acoplada con la disponibilidad de al menos una fuente secundaria de calor proporciona flexibilidad adicional de modo tal que el GNL se puede calentar para los fines de regasificación. La fuente primaria de calor se puede usar sin requerir que la fuente de calor se aumente de escala para acomodarse a todas las circunstancias ambientales bajo las que pueda tener lugar la regasificación. En su lugar la fuente secundaria de calor se puede usar solo en aquellas circunstancias en las que se requiere una fuente adicional de calor.

La disponibilidad de una fuente secundaria de calor que se base en un principio completamente diferente que la fuente primaria de calor también garantiza la disponibilidad de al menos algo de energía térmica en el caso de un fallo de la

fuelle de calor primaria. Mientras que la capacidad de regasificación se puede reducir sustancialmente 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 que la fuente primaria de calor sea reparada o se corrija la razón del fallo.

5 En otra realización de un sistema de este tipo, la fuente primaria de calor puede ser vapor de una caldera, y la fuente secundaria un sistema intercambiador de calor sumergido. De forma alternativa, la fuente primaria de calor puede ser vapor de una caldera, y la fuente secundaria puede ser el uso de un sistema de agua de mar de flujo cruzado abierto. También se pueden usar otras combinaciones de fuentes de calor en función de la disponibilidad, parámetros económicos u otras consideraciones. Otras fuentes de calor potenciales incluyen el uso de calderas de calentamiento de agua caliente, o intercambiadores de calor de combustión sumergidos, todos ellos son productos se encuentran comercialmente  
10 disponibles.

15 En otra realización del sistema el carguero de GNL puede estar equipado con una fuente de calor primaria, y estar listo para la adición de una fuente de calor secundaria incluyendo conductos y otros elementos que de otro modo podrían requerir modificación sustancial del buque para acomodarse. Por ejemplo, el carguero de GNL podría estar equipado para usar vapor de una caldera como la fuente primaria de calor, pero también puede estar equipado con conductos y localizaciones adecuadas para bombas u otros equipos para facilitar la instalación posterior de un sistema intercambiador de calor sumergido o un sistema de agua de mar de flujo cruzado sin requerir mayor modificación estructural del buque propiamente. Si bien esto puede aumentar el gasto inicial de construcción del carguero de GNL o reducir la capacidad del carguero de GNL ligeramente, sería económicamente preferible a someter en último momento el buque a una modificación estructural importante.

20 El procedimiento preferido de esta invención es un procedimiento mejorado para la regasificación de GNL estando aún a bordo de un carguero de GNL. El carguero de GNL equipado con instalaciones de regasificación como se describió anteriormente puede ser amarrado a la costa y conectar con un sistema de distribución por tuberías a través de una conexión localizada en una boya de costa o plataforma, por ejemplo. Una vez que se efectúa esta conexión se hace circular un fluido intermedio tal como glicol o agua fresca mediante la bomba 22 a través del intercambiador de calor o  
25 intercambiadores de calor 21 sumergido(s) o parcialmente sumergido(s) y el vaporizador 23. Se pueden usar también otros fluidos intermedios que presentan características adecuadas, tales como capacidad de calor y puntos de ebullición aceptables como se describió anteriormente.

30 El intercambiador de calor 21 se encuentra preferiblemente completamente sumergido y permite la transferencia de calor desde el agua de mar del entorno al fluido intermedio en circulación debido al diferencial de temperatura entre los dos. Después de esto el fluido intermedio circula hasta el vaporizador 23, que es preferiblemente un vaporizador 23 de carcasa y tubo. En la realización preferida el fluido intermedio pasa a través de vaporizadores paralelos 23 para aumentar la capacidad de salida del carguero de GNL. El GNL se hace pasar por el vaporizador 23 a través del conducto 24, donde se regasifica y sale a través del conducto 25. Desde el conducto 25 el GNL pasa a un sistema de distribución por tuberías unido a la plataforma o boya en la que está amarrado el carguero de GNL.

35 En el procedimiento más preferido de la invención el fluido intermedio se hace circular a través de los intercambiadores de calor 21 sumergidos que están montados en una o más estructuras unidas al carguero de GNL mediante conductos adecuados y se bajan al agua después de que el carguero de GNL amarre en una boya de costa o terminal. Aún en otro procedimiento alternativo de la invención los intercambiadores de calor 21 sumergidos se montan en una boya 68 u otra estructura de costa a la que se amarra el carguero de GNL y se conecta al buque tras el atraque.

40 En otro procedimiento preferido de la invención se proporcionan una o más fuentes secundarias de calor para regasificación del GNL. En una realización el fluido intermedio se hace circular con la bomba 22 a través de un calentador de vapor 26, vaporizador 23 y uno o más intercambiadores de calor 21 sumergidos o parcialmente sumergidos. El vapor de una caldera u otra fuente entra en el calentador de vapor 26 a través del conducto 31 y sale como condensado a través del conducto 32. Las válvulas 41, 42 y 43 permiten la operación del vaporizador 23 con o sin el calentador de vapor 26.  
45 Además el vaporizador 23 se puede operar solidariamente con 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 puede operar sin ellos.

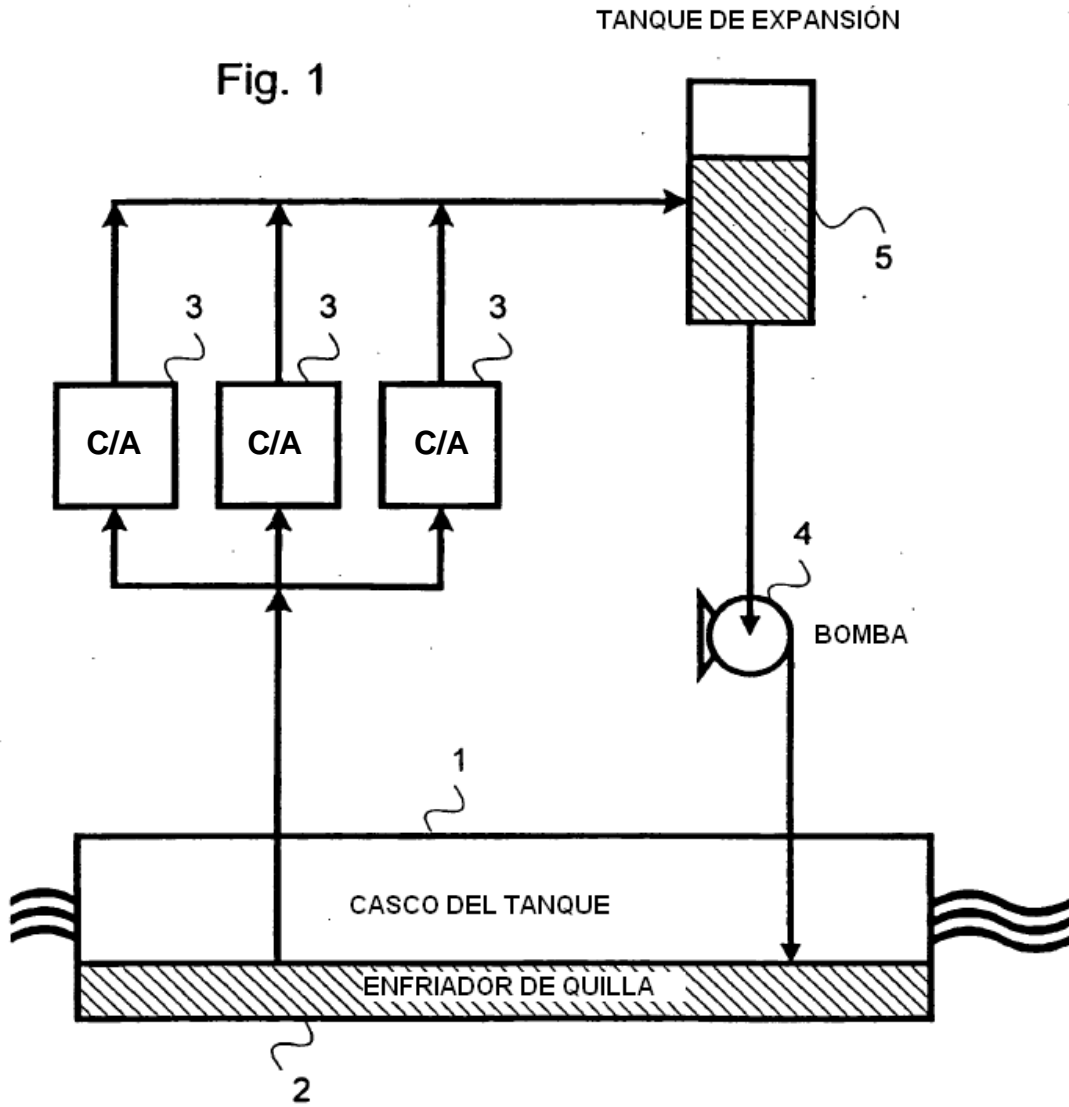
50 En otro procedimiento de la invención un sistema de agua de mar de flujo cruzado con una entrada 61 y una salida 62 permite que el agua de mar sea usada como una fuente directa de calor por parte del vaporizador 23 o como una fuente adicional de calor junto con el calentador de vapor 26 en lugar del intercambiador de calor sumergido 21. Por supuesto el sistema intercambiador de calor 21 sumergido o parcialmente sumergido se puede usar como una fuente de calor secundaria, mientras que una de las otras fuentes de calor descritas se usa como la fuente primaria de calor. Ejemplos de esto se han descrito antes.

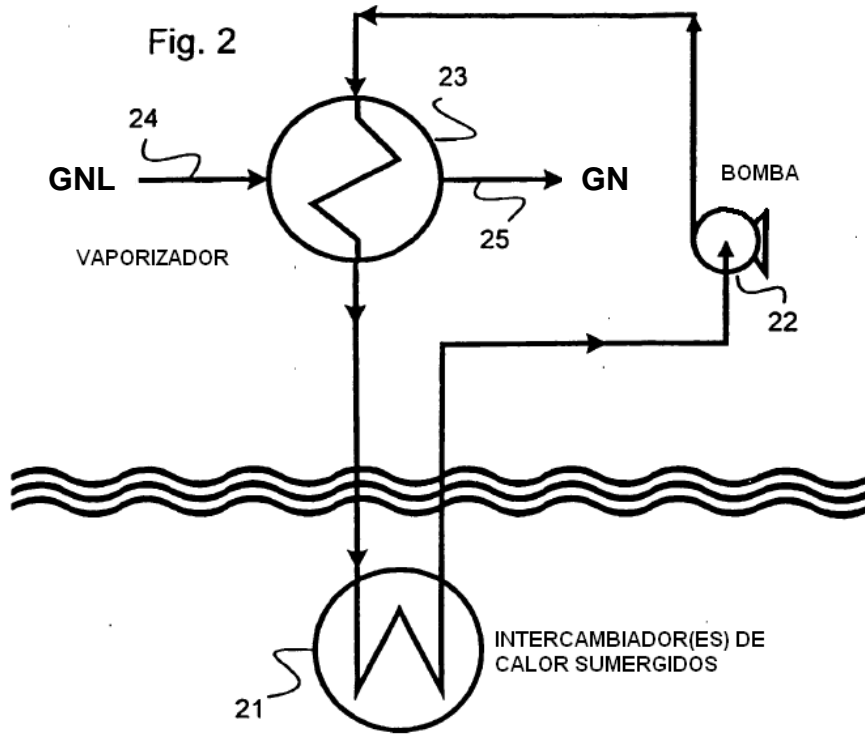
Se han mostrado y se describieron anteriormente varias realizaciones a modo de ejemplo de la invención. Sin embargo la invención no se limita a estas. Al contrario, se considera que la invención queda limitada únicamente por el alcance de las reivindicaciones anexas.

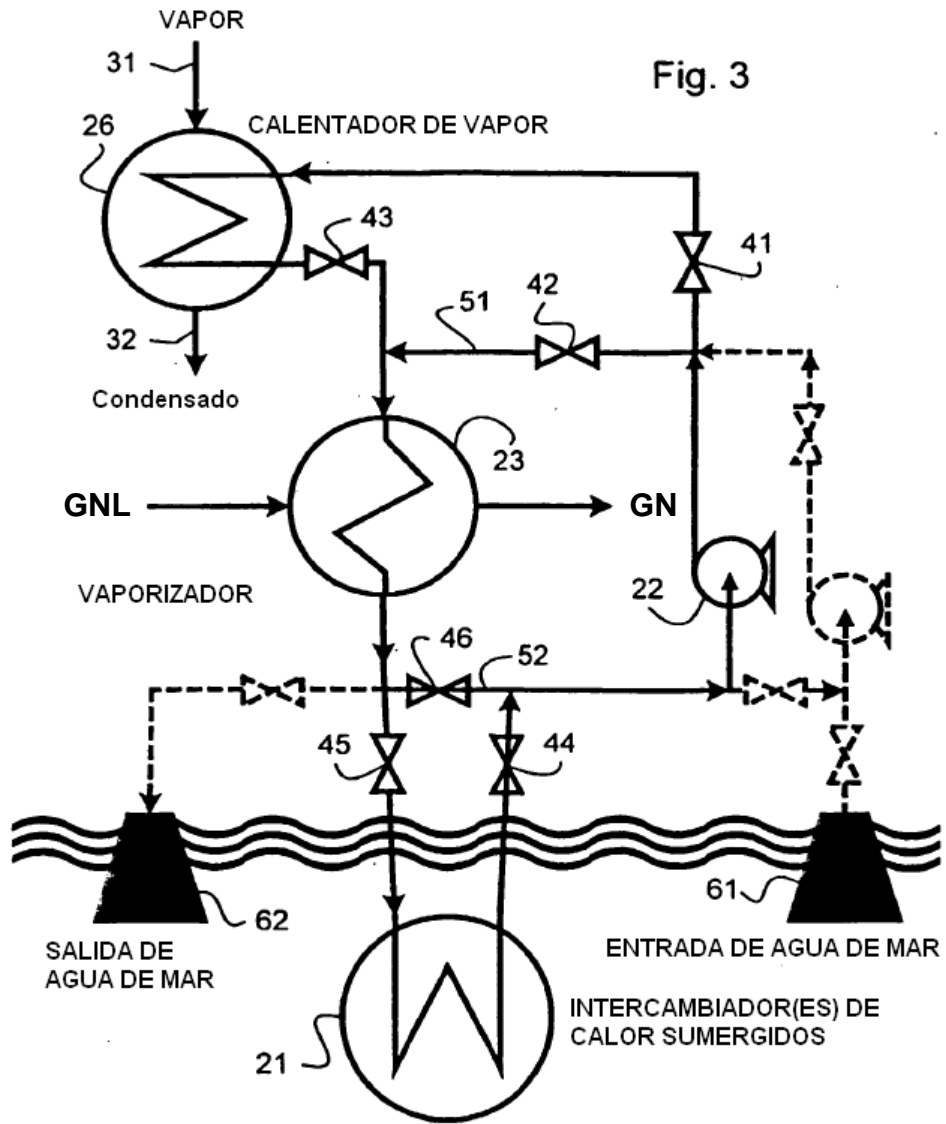


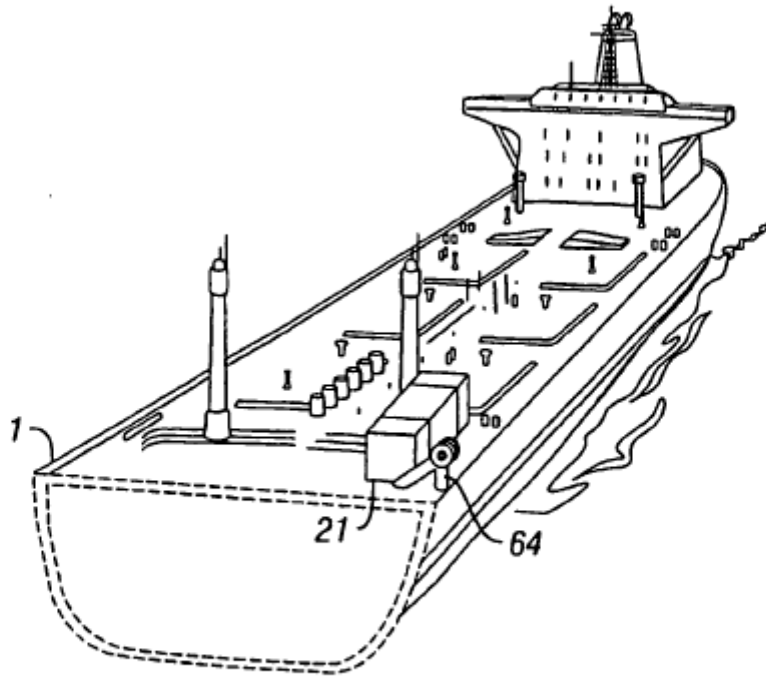
**REIVINDICACIONES**

1. Un carguero de GNL que presenta capacidad de regasificación a bordo, que comprende:
  - (a) una fuente primaria de calor (21) para la regasificación de GNL;
  - (b) al menos una fuente secundaria de calor (26) para la regasificación de GNL;
- 5 (c) un vaporizador (23);
  - (d) un fluido intermedio; y
  - (e) una bomba (22) que hace circular dicho fluido intermedio a través de dicho vaporizador (23) y dichas fuentes primaria (21) y secundaria (26) de calor y que se caracteriza por conducto flexible (66) que une la fuente primaria de calor (21) con el carguero de GNL.
- 10 2. El carguero de GNL de la reivindicación 1, que incluye válvulas y al menos un conducto de derivación para el aislamiento de la fuente primaria de calor de al menos una de las fuentes secundarias de calor.
3. El carguero de GNL de la reivindicación 1, en el que la fuente primaria de calor es al menos un intercambiador de calor al menos parcialmente sumergido en agua.
4. El carguero de GNL de la reivindicación 3, en el que dicho intercambiador de calor está completamente sumergido.
- 15 5. El carguero de GNL de la reivindicación 3, en el que dicho intercambiador de calor está unido a una superficie exterior del carguero de GNL.
6. El carguero de GNL de la reivindicación 5, en el que dicho intercambiador de calor se encuentra pertrechado sobre el carguero de GNL y se baja al agua mediante equipo mecánico cuando se usa.
7. El carguero de GNL de la reivindicación 6, en el que dicho intercambiador de calor se encuentra fijado de forma que se pueda mover a bordo del carguero de GNL para permitir que sea bajado al agua mediante equipo mecánico cuando se use.
- 20 8. El carguero de GNL de la reivindicación 5, en el que dicho intercambiador de calor está unido de forma rígida al carguero de GNL después de ser bajado al agua.
9. El carguero de GNL de la reivindicación 5, en el que dicho intercambiador de calor está unido de forma flexible al carguero de GNL después de ser bajado al agua.
- 25 10. El carguero de GNL de la reivindicación 1, que incluye:
  - (a) al menos dos fuentes secundarias de calor; y
  - (b) válvulas y al menos un conducto de derivación para el aislamiento de al menos una de dichas fuentes secundarias de calor de al menos una de las fuentes restantes de calor.
- 30 11. Un procedimiento para la regasificación de GNL a bordo en carguero de GNL que comprende:
  - (a) circulación de un fluido intermedio entre un vaporizador (23) a bordo de un carguero de GNL, una fuente de calor primaria (21) y al menos una fuente de calor secundaria (26), estando localizadas las fuentes de calor primarias y secundarias a bordo del carguero de GNL;
  - (b) calentamiento de GNL a una temperatura por encima de su temperatura de vaporización usando energía térmica portada por dicho fluido intermedio; y
  - (c) calentamiento del fluido intermedio usando energía térmica suministrada por dichas fuentes de calor primarias y secundarias, caracterizándose el procedimiento por conectar la fuente primaria de calor (21) con el carguero de GNL con conductos flexibles (66).
- 35 12. El procedimiento de la reivindicación 11 en el que la fuente primaria de calor está unida al casco del carguero de GNL.
- 40 .

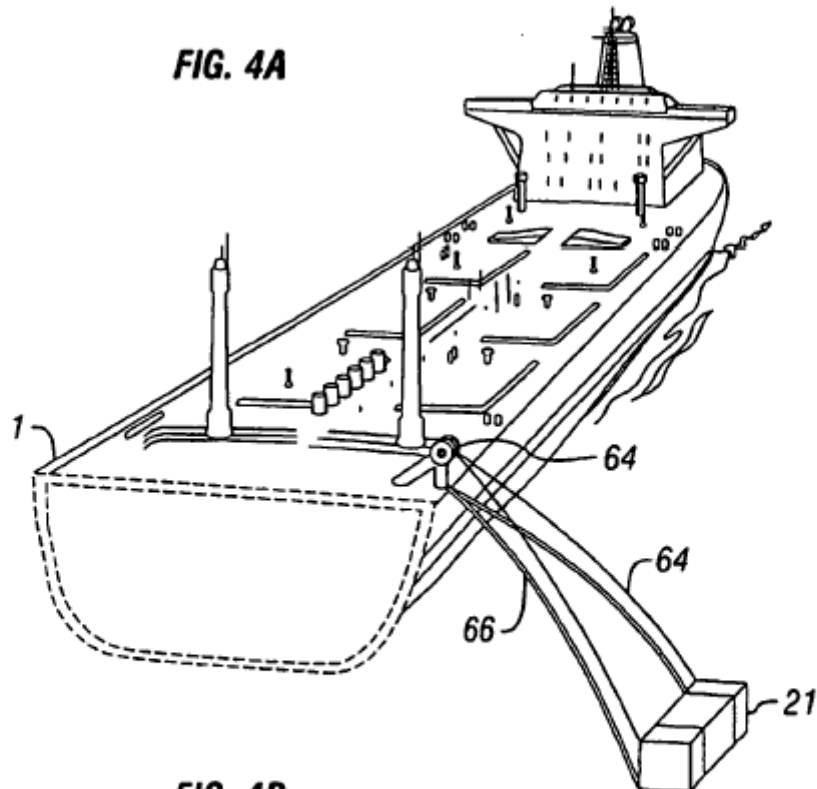




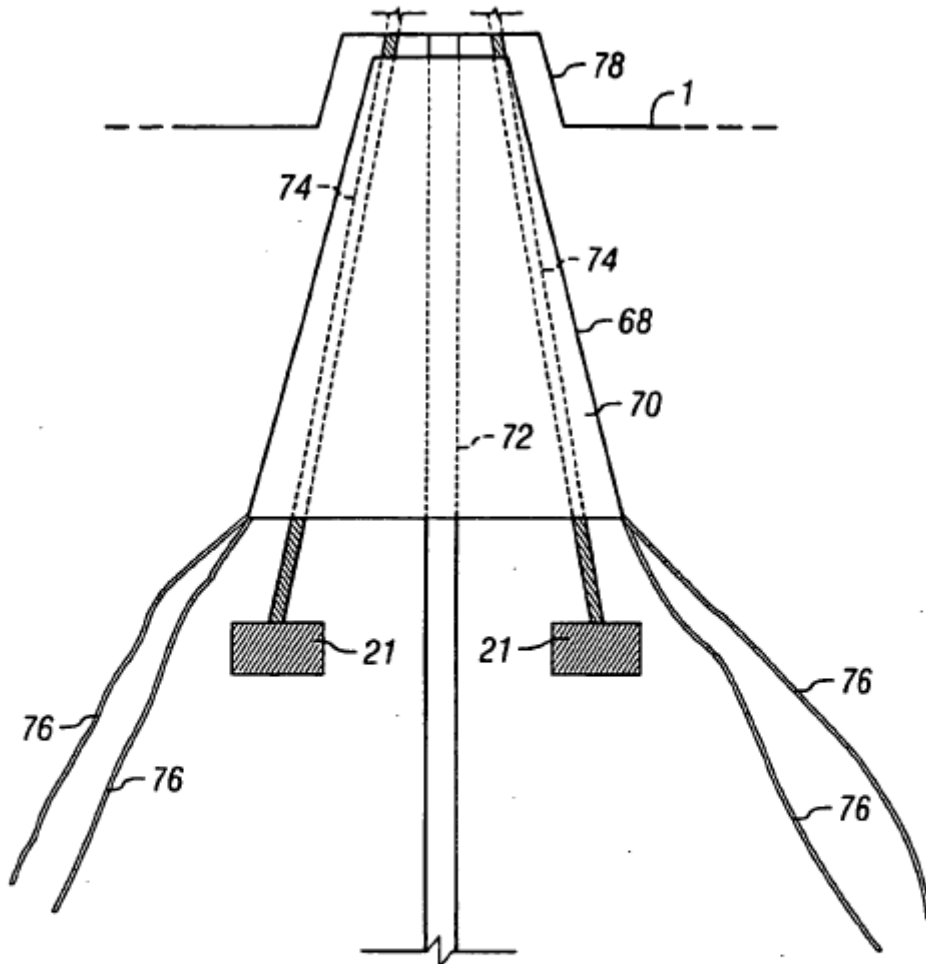




**FIG. 4A**



**FIG. 4B**



**FIG. 5**