Patente de Invención

INVENTARIO

Organizacion CSA Ltda

00-20385 A

Exxonmobil Upstream Research Company

Houston - U.S.A.

2-2038

00-20385 A

1

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

SOLICITUD DE

00 20385

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO
Radicacion : 00020385 00000000 Folios: 1
Fecha (AMD): 2000-03-22 15:42:37
Tramite : 005 PATENTES I 1 PRIORITA Cl PRESENTAC
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

DATOS DEL SOLICITANTE

(71) Nombres y Apellidos o Razón Social: **EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY** sociedad existente y organizada de conformidad con las leyes del Estado de Delaware, Estados Unidos de América

No. de Identificación:

Representante Legal (Persona Jurídica): JOSE ANTONIO LLOREDA

País de Domicilio: Estados Unidos de América

Departamento o Estado: Texas

Dirección: 3120 Buffalo Speedway, Houston, Texas 77098, Estados Unidos de América

Ciudad: Houston Teléfono 1 713 4316460

(74) DATOS DEL APODERADO

Nombre: JOSE ANTONIO LLOREDA

Dirección y Domicilio: Calle 72 No. 5-83 Piso 6, Santafé de Bogotá, Colombia

Ciudad: Santafé de Bogotá Teléfono 57 1 2170400

DATOS DEL INVENTOR

(72) Nombre del Inventor(es): Ronald R. Bowen y Moses Minta

Identificación:

Dirección: 37602 Pinwood Ct., Magnolia, Texas 77355 y 39 Sterling St., Sugar Land, Texas 77479, Estados Unidos de América

Ciudad: Magnolia y Sugar Land Teléfono 1 713 4316460

DATOS DE LA PATENTE DE INVENCION

(54) Título de la Invención: **"SISTEMAS Y METODOS MEJORADOS PARA LA PRODUCCION Y ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL LICUADO PRESURIZADO"** (Fol 8)

PRIORIDAD REIVINDICADA SI ☒ NO ☐ **TIPO DE PRIORIDAD** ANDINA ☐ UNIONISTA ☒

(33) País: US (32) Fecha: 23-03-99 (31)No. Solicitud: 60/125,725

No publicar antes de

Para Publicar a los ☑ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 18 meses a partir de la fecha de la presente Solicitud

2

EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY

DIVISIONAL

Expediente No. 00.020.385(A)

3

Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

NIT : 800171089 2

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO
Radicacion : 00020385 00000001 Folios: 195
Fecha (AMD): 2000-06-20 16:18:13
Tramite : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 444 REPUESTA
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 35,294
FECHA : JUNIO 7 DE 2000

***** C O N S I G N A C I O N *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	SUCURSAL	CUENTA	No. PAGO	V. PAGO
LLORENA Y CIA S. A	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	BOGOTA	050001106	2879149	30,000.00
LLORENA Y CIA S. A	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	BOGOTA	050001106	2879156	3,040,000.00

***** C O N C E P T O *****

CANT.	REMISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	608,000.00
		TOTAL : $	608,000.00

SON: SEISCIENTOS OCHO MIL PESOS

RESPONSABLE : _____

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____

Carrera 13 No. 27-00 Pisos 5 y 10
Conmutador: 334 12 21
Fax: 281 31 25
Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia

JOSE LLOREDA CAMACHO & CO.
ABOGADOS
CALLE 72 No. 5-83 - 6o. PISO
APARTADO AEREO 12304
TELEFAX: 212 6426 - 235 8846 - 346 1279
BOGOTA - COLOMBIA S.A.

EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY

SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION

EXPEDIENTE No. 00.020.385(A)

ARTE FINAL

TANQUE APROPIADO PARA EL ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL LICUADO PRESURIZADO Y METODO PARA LA CONSTRUCCION DE DICHO TANQUE

RESUMEN -OBJETO Y FINALIDAD DE LA INVENCION

En la presente invención se proporciona un tanque apropiado para el almacenamiento de gas natural licuado presurizado a una presión de aprox. 1035 kPa (150 psia) y hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m2]) y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F). Tal tanque comprende: (a) un recipiente diseñado para soportar cargas fabricado de un material compuesto, en donde el recipiente es apropiado para soportar presiones de aprox. 1035 kPa (150 psia) y hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m^2]) y temperaturas situadas entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F) y (b) un forro interior sustancialmente no soportador de cargas en contacto con el recipiente, forro interior que proporciona una barrera sustancialmente impermeable para el gas natural licuado presurizado.

TANQUE APROPIADO PARA EL ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL LICUADO PRESURIZADO Y METODO PARA LA CONSTRUCCION DE DICHO TANQUE

CAMPO DE LA INVENCION

En la presente invención se proporciona un tanque apropiado para el almacenamiento de gas natural licuado presurizado a una presión de aprox. 1035 kPa (150 psia) y hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m2]) y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F). Tal tanque comprende: (a) un recipiente diseñado para soportar cargas fabricado de un material compuesto, en donde el recipiente es apropiado para soportar presiones de aprox. 1035 kPa (150 psia) y hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m^2]) y temperaturas situadas entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F) y (b) un forro interior sustancialmente no soportador de cargas en contacto con el recipiente, forro interior que proporciona una barrera sustancialmente impermeable para el gas natural licuado presurizado.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Se encuentran definidos diversos términos utilizados en las presentes especificaciones, y atendiendo propósitos de conveniencia, dichas definiciones se incluyen en el presente documento en un Glosario de Términos, inmediatamente antes de las Reivindicaciones.

La Publicación Internacional de la Solicitud de Patente Número WO 98/59 085, titulada "Improved System for Processing, Storing, and Transporting Liquefied Natural Gas " (la "Solicitud de Patente sobre GNLP"), describe tanques y barcos de transporte para el almacenamiento y transporte marítimo de gas natural licuado presurizado (GNLP) a una presión dentro de un rango amplio que va desde aprox. 1 035 kPa (150 psia) hasta aprox. 7 590 kPa (1 100 psia) [105 465 - 773 410 kg/m^2] y a una temperatura, también en un rango amplio, entre -123°C (-150°F) y aprox. -62°C (-80°F). Los tanques descritos en la Solicitud de Patente

sobre GNLP se construyen en aceros de baja aleación y resistencia ultra-alta que contienen menos del 9% en peso de níquel y poseen resistencias a la tensión superiores a 830 MPa (120 ksi [84 372 000 kg/m^2]), y DBTTs (una medida de la tenacidad, definida en el Glosario de Términos) inferiores a aprox. -73°C (-100°F). Tal como se discute en la Solicitud de Patente sobre GNLP, a las presiones y temperaturas de operación preferidas de la invención descrita en el presente documento, aceros con 3½ % en peso de níquel pueden utilizarse en las áreas más frías de operación de una planta de GNLP para la tubería del proceso y para las instalaciones, mientras que un acero al 9 % en peso de níquel o aluminio, materiales más caros, generalmente se necesitan para el mismo equipo en una planta de GNL convencional (v.g., una planta para producir GNL - gas natural licuado- a la presión atmosférica y a aprox. -162°C (-260°F)). Preferiblemente, aceros de baja aleación y resistencia ultra-alta con adecuadas características de resistencia y tenacidad contra fracturas a las condiciones de operación de la planta de GNLP, son usados para construir la tubería y los componentes asociados (e.g., bridas, válvulas, y accesorios), recipientes de presión, y otros equipos de la planta de GNLP con el fin de proporcionar ventajas económicas frente a una planta convencional de GNL. La Publicación de Solicitud de Patente Internacional Número WO 99/32837, titulada "Process Components, Containers, and Pipes Suitable For Containing and Transporting Cryogenic Temperature Fluids" ("Solicitud de Patente sobre Componentes del Proceso"), describe componentes de procesos, tanques, tuberías apropiadas para contener y transportar fluidos a temperaturas criogénicas. Más específicamente, la Solicitud de Patente sobre Componentes de Procesos describe procesos, componentes, tanques, y tuberías construidas en aceros de baja aleación y resistencia ultra-alta que contienen menos de 9 % en peso de níquel y que poseen resistencias a la tensión mayores a 830 MPa (120 ksi [84 372 000 kg/m^2]), y una temperatura de transición de dúctil a frágil -DBTT- inferior a -73°C (-100°F).

La Solicitud de Patente sobre GNLP y la Solicitud de Patente sobre Componentes de Procesos utilizan aceros de baja aleación y resistencia ultra-alta para el aspecto de conexión entre la planta de GNLP y los tanques usados para almacenar y transportar GNLP. Si se usan aceros para construir tanques que no proporcionen un medio comercialmente viable para almacenar y transportar el GNLP en barcos de transporte, entonces cualquier uso de los aceros en la planta carecería de sentido puesto que no existiría ningún mecanismo para comercialmente transportar el GNLP producido por la planta. Y viceversa, en tanto que el uso de los aceros en la planta de GNLP genere algunos ahorros económicos frente a las operaciones convencionales con GNL, el beneficio económico más sustancial se derivará de la enorme simplificación (con la consecuente reducción de costos) en la planta. Debido a su diseño relativamente sencillo, la planta de GNLP es sustancialmente más barata que una planta convencional de GNL de capacidad similar. Adicionalmente, si bien el uso de los aceros en el sistema de transporte de GNLP es comercialmente viable y genera algunos ahorros económicos en comparación con las operaciones convencionales del GNL, el peso de los tanques de acero es alto comparado con el de su carga de GNLP, dando como resultado un factor de desempeño (PF, sigla en inglés de Performance Factor) relativamente bajo medido en función de su capacidad de carga. El PF para tanques de almacenamiento de fluidos comprimidos representa la presión ejercida por la carga (P) sobre un volumen dado (V) del tanque y proporcional al peso (W) del tanque, según la ecuación PF=PV/W. Lo que actualmente falta para un sistema GNLP basado todo en acero (v.g., planta más transporte) es una combinación de la planta de GNLP que tenga un sistema de transporte basado en tanques de bajo costo y un alto valor de PF, capaz de manejar el GNLP.

La Patente de los Estados Unidos No. 3 830 180 (la patente de "Bolton") discute el uso de una configuración o arreglo de recipientes cilíndricos fabricados de un material compuesto y de doble pared para el transporte

de GNL normal, v.g., GNL a la presión atmosférica y a temperaturas de aproximadamente -162°C (-260°F). La configuración de recipientes cilíndricos se prefiere debido a que maximiza el uso del espacio disponible en un barco de transporte. Sin embargo, la pared interna soportadora de carga del recipiente de Bolton, está diseñada para soportar una presión máxima de aproximadamente 50 - 60 libras (psi) (35 155 – 42 186 kg/m^2) y, por lo tanto, el recipiente de Bolton no es apropiado para el transporte y almacenamiento de GNLP. Adicionalmente, aunque la configuración de Bolton de recipientes cilíndricos aparentemente puede, en teoría, mejorar el factor de desempeño (PF) medido en función de la capacidad de portar carga en cuanto al transporte de un fluido dado, frente a los tanques de acero descritos en la Solicitud de Patente sobre GNLP, el diseño de Bolton presenta varias limitaciones económicas y técnicas en cuanto a su tamaño, metodología de fabricación, y confiabilidad. El uso de un material homogéneo soldable para soportar carga parcial, reduce el potencial de ahorros de peso asociado con un diseño de recipiente fabricado con materiales compuestos. Por otra parte, el concepto de la doble pared incrementa indebidamente el espesor de pared efectivo, complica la metodología general de fabricación, reduce la factibilidad técnica y económica del diseño, y da lugar a una deficiente utilización del espacio disponible en un barco de transporte de carga. Además, el diseño de Bolton requiere el uso de un material homogéneo que puede soldarse para formar la pared interior del recipiente soportador de carga, diseño que consta de dos domos soldados a una sección media cilíndrica. La concentración de los esfuerzos asociada con las dos soldaduras garantiza la protección de las soldaduras usando un arreglo complicado de tubos tensores pre-esforzados. Finalmente, las soldaduras en los recipientes de Bolton son fuentes potenciales de picadura (puntos de corrosión) y, consecuentemente, de fallas prematuras.

Tanto la Patente de los Estados Unidos No. 5 577 630 (Blair et al.) como la Patente de los Estados Unidos No. 5 798 156 (Mitlitsky et al) describen recipientes de presión fabricados de material compuesto y

revestidos, para almacenar y transportar gas natural comprimido. Blair et al., hacen una discusión sobre recipientes de presión manufacturados mediante la envoltura de un forro interior (liner) con una capa de material compuesto usando técnicas como la de devanado (envoltura) de filamentos, enrollado de tubos, la envoltura de cintas, la colocación automatizada de fibras, u otros métodos familiares para los expertos en este campo de la industria, a fin de obtener una configuración para el recipiente que se aproxima a un volumen rectangular para uso en vehículos accionados con gas natural comprimido ("GNC"). La Patente de los Estados Unidos No. 5 499 739 (Greist, III et al.) describe un forro interior termoplástico fabricado de un material de nylon modificado 6 o de un material de nylon 11 modificado para uso en un recipiente de presión a fin de controlar la permeación del gas y permitir la operación a bajas temperaturas, en donde el extremo más bajo de dichas temperaturas es -40°F. Los recipientes de Greist, III et al. se fabrican a través de un método de devanado (envoltura) de filamentos en un patrón predeterminado alrededor del forro interior termoplástico con el fin de mejorar las propiedades mecánicas y el procesamiento. La Patente de los Estados Unidos No. 5 658 013 (Bees et al.) describe un tanque de combustible para vehículos que sirve para contener y dispensar tanto un combustible líquido como uno gaseoso, y sugiere que los materiales basados completamente en un compuesto o los materiales reforzados con fibra de vidrio pueden utilizarse en la construcción de dichos tanques. Los combustibles líquidos discutidos en la Patente, son a temperatura y presión ambientales combustibles líquidos convencionales. Tanto Bees et al. como Mitlitsky et al., proponen que los forros interiores basados en polímeros y revestidos con metales preciosos proporcionan mejoras en cuanto a los factores de desempeño de sus tanques/recipientes. Sin embargo, la complejidad y por lo tanto el alto costo del proceso de deposición de los metales junto con el proceso de fabricación del forro interior hacen que los tanques/recipientes de Bees et al. y Mitlitsky et al. sean fundamentalmente apropiados para aplicaciones en donde la capacidad maximizada de transportar carga útil constituye el objetivo

principal y, por lo tanto, el peso de los tanques/recipientes resulta demasiado crucial. La Patente de los Estados Unidos No. 5 695 839 (Yamada et al.) discute un tanque de material compuesto del cual se afirma tiene una propiedad de barrera contra el gas en donde, el material de empaque para construir tal recipiente se diseña de modo que tenga una estructura laminar y una capa de un foil de aluminio se encuentra dispuesta o interpuesta en la estructura laminar. Sin embargo, ninguno de los tanques discutidos en estas Solicitudes de Patente se encuentran diseñados para contener fluidos que estén tanto a temperaturas criogénicas (menos de -40^{0}C (-40^{0}F)) como a altas presiones, como lo son las temperaturas y presiones del GNLP.

S. G. Ladkany, en "Composite Aluminum Material-Fiberglass Epoxy Pressure Vessels for Transportation of LNG at Intermediate Temperature", artículo publicado en Advances in Cryogenic Engineering, Materials, volume 28 (Proceedings of the 4th International Cryogenic Materiales Conference), San Diego, California, USA, 10 Aug 1981 - 14 Aug 1981, discute el diseño de recipientes de presión para el transporte de gas natural (GNL) licuado, a condiciones de temperatura y presión ubicadas dentro de las condiciones críticas, 191 K, 4,69 MPa (-116^{0}F, 680 psi [47 810 kg/m^2]) y condiciones atmosféricas de 106 K, 0,1 MPa (-268°F, 14,7 psi [10 335 kg/m^2]). Ladkany describe en su artículo cómo un recipiente fabricado de material compuesto-aluminio, el cual contiene nitrógeno líquido, recipiente del tipo de que posee forro interior de metal delgado totalmente rodeado por una sobre-envoltura que lo cubre, fue exitosamente sometido a pruebas en Beech Aircraft Corporation. Sin embargo, Ladkany opta por un recipiente de presión de aluminio soldado, con un espesor de 47 mm (1,85 pulg) y un diámetro cilíndrico grande (6 m (20 pies)), diseñado para contener GNL a temperaturas intermedias. El recipiente de aluminio de Ladkany se encuentra circunferencialmente reforzado con capas con un espesor de 17 mm (0,67 pulg) de fibra de vidrio epóxica de alta resistencia, o por capas de 51 mm (2 pulg) de una sobreenvoltura de poliéster vidriado, extruído por estiramiento

(pultruded) y reforzado contra el pandeo mediante marcos circunferenciales a intervalos de 2,16 m (7,1 pies). Los marcos de rigidez se utilizan también para el soporte y sujeción del recipiente a fin de que quede parado por si mismo durante el transporte y operación.

A pesar de los avances tecnológicos antes mencionados, los sistemas y métodos para producir y almacenar gas natural licuado presurizado (GNLP) que sinergísticamente combinen los beneficios de la planta de procesamiento de GNLP, para la producción de GNLP, con tanques de bajo costo que tengan un valor de PF sustancialmente mejorado, para almacenar y transportar GNLP, no existen en la actualidad. Por consiguiente, con llevaría muchas ventajas el hecho de contar con tales tanques.

Un objeto de esta invención es proporcionar tales tanques.

RESUMEN DE LA INVENCION

En concordancia con los objetivos anteriormente trazados para la presente invención, se proporciona un tanque apropiado para el almacenamiento de gas natural licuado presurizado a una presión de aprox. 1035 kPa (150 psia) y hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m2]) y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F). Tal tanque comprende: (a) un recipiente diseñado para soportar cargas fabricado de un material compuesto, en donde el recipiente es apropiado para soportar presiones de aprox. 1035 kPa (150 psia) y hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m^2]) y temperaturas situadas entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F) y (b) un forro interior sustancialmente

no soportador de cargas en contacto con el recipiente, forro interior que proporciona una barrera sustancialmente impermeable para el gas natural licuado presurizado.

DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

Las ventajas de la presente invención podrán ser mejor entendidas al hacer una lectura de la siguiente descripción detallada de la invención junto con las figuras que se anexan al final del presente documento:

La FIG. 1 proporciona una ilustración de los sistemas y métodos de la presente invención;

La FIG. 2 ilustra cortes transversales de un tanque acorde con la presente invención;

La FIG. 3 es una sección transversal de un tanque acorde con la presente invención con una geometría esférica;

La FIG. 4 es una sección transversal de un tanque acorde con la presente invención que tiene una geometría esferoidal oblongada con proporciones de aspectos variables;

La FIG. 5 es una sección transversal de un tanque acorde con la presente invención que tienen semidomos esferoidales oblongados unidos a una sección cilíndrica relativamente corta;

La FIG. 6 es una sección transversal vertical de un casco de un barco de transporte de GNLP que ilustra un arreglo de dos tanques acordes con la presente invención, con geometrías esferoidales oblongadas y un arreglo de uno junto al otro a lo ancho del casco;

La FIG. 7A es una vista transversal frontal de un tanque acorde con la presente invención que tiene un geometría esférica y localizado en un casco de una barco de transporte de GNLP;

La FIG. 7B es una vista lateral transversal de un arreglo en un casco de un barco de transporte de GNLP de varios tanques acordes con la presente invención, los cuales tienen geometrías esféricas;

La FIG. 7C es una vista transversal superior de un arreglo en un casco de una barco de transporte de GNLP de varios tanques acordes con la presente invención, con geometrías esféricas;

La FIG. 8 es una vista de una sección transversal vertical de un casco de un barco de transporte de GNLP que contiene varios tanques acordes con la presente invención con geometrías cilíndricas y alturas variables;

La FIG. 9 es una vista de una sección transversal vertical de un casco de un barco de transporte de GNLP que contiene varios tanques acordes con la presente invención con geometrías cilíndricas y alturas iguales;

La FIG. 10A es una vista transversal frontal de un arreglo en un casco de un barco de transporte de GNLP de tanques situados horizontalmente con geometrías cilíndricas, acordes con la presente invención;

La FIG. 10B es una vista transversal lateral de un arreglo en un casco de un barco de transporte de GNLP de tanques situados horizontalmente con geometrías cilíndricas, acordes con la presente invención;

La FIG. 10C es una vista transversal superior de un arreglo en un casco de un barco de transporte de GNLP de tanques situados horizontalmente con geometrías cilíndricas, acordes con la presente invención;

La FIG. 11 (ESTADO ANTERIOR DE LA TECNICA) ilustra esquemáticamente un ejemplo de una planta de procesamiento convencional de GNL; y

La FIG. 12 ilustra esquemáticamente un ejemplo de una planta de procesamiento de GNL, acorde con la presente invención.

Si bien la invención se describirá con respecto a sus prácticas preferidas, se da por entendido que ésta no se limitará exclusivamente a dichas prácticas preferidas. Por el contrario, se pretende que la presente invención cubra todas las alternativas, modificaciones, y equivalentes que puedan ser incluidas dentro del espíritu y alcance de la presente invención, espíritu y alcance que quedarán definidos en las Reivindicaciones que se anexan al final del presente documento.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

En concordancia con los objetivos anteriormente trazados para la presente invención, se proporcionan sistemas y métodos para la producción y almacenamiento de gas natural licuado presurizado (GNLP), en donde los sistemas y métodos incluyen (a) una planta de procesamiento de gas natural apropiada para producir gas natural licuado presurizado a una presión desde aprox. 1 035 kPa (150 psia) hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m^2]) y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F); y (b) por lo menos un tanque apropiado para almacenar el gas natural licuado presurizado, en donde dicho tanque comprende (i) un recipiente diseñado para soportar cargas fabricado de un material compuesto y (ii) un forro interior sustancialmente no soportador de cargas en contacto con el recipiente, en donde dicho forro interior proporciona una barrera sustancialmente impermeable para el gas natural licuado presurizado. El recipiente soportador de cargas es apropiado para soportar presiones desde aprox. 1035 kPa (150 psia) hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m^2]) y temperaturas situadas entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F). El sistema de la

presente invención también preferiblemente incluye (c) medios para el transporte de por lo menos un tanque almacenamiento, preferiblemente hacia una terminal de importación (término definido en el Glosario). Adicionalmente, se proporciona un método de producción y almacenamiento de gas natural licuado presurizado. El método comprende los pasos: (a) construcción de una planta de procesamiento de gas natural apropiada para producir gas natural licuado presurizado (GNLP) a una presión desde aprox. 1 035 kPa (150 psia) hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m^2]) y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F); (b) producción de GNLP usando dicha planta de procesamiento; y (c) suministro (llenado) del GNLP a por lo menos un tanque, en donde dicho tanque es apropiado para almacenar un líquido a una presión desde aprox. 1 035 kPa (150 psia) hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m^2]) y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F), tanque que comprende (i) un recipiente diseñado para soportar cargas fabricado de un material compuesto; y (ii) un forro interior sustancialmente no soportador de cargas en contacto con el recipiente, en donde dicho forro interior proporciona una barrera sustancialmente impermeable para el GNLP. El método de la presente invención también preferiblemente incluye el paso de: (c) transporte de por lo menos un tanque de almacenamiento, preferiblemente hasta una terminal de importación (término definido en el Glosario).

Tal como se usa en las presentes especificaciones, "compuesto" o "material compuesto" se refiere, en un sentido amplio, a un material estructural que comprende fibras embebidas en un adhesivo. Por ejemplo, sin que con esto se limite el alcance de la invención: (i) dentro de las fibras se pueden incluir aquellas fabricadas de materiales tales como polímeros, carbono, vidrios, cerámicas, y/o metales; y (ii) dentro de los adhesivos se puede incluir las resinas, tales como las resinas epóxicas, particularmente las resinas epóxicas criogénicas. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "gas natural" se refiere a una

mezcla gaseosa de hidrocarburos, originalmente generados debajo de la superficie de la tierra, la cual comprende fundamentalmente metano y también puede comprender etano, propano, butano, hidrocarburos superiores, y/o impurezas, entre las que se incluyen, sin que con esto se limite la invención, nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, y helio. Tal como se utiliza en el presente documento, el término "construcción de una planta de procesamiento de gas natural apropiada para producir gas natural licuado presurizado " abarca cualquier actividad a realizarse en una planta para producir GNLP, incluyendo, sin que con esto se limite la invención, el acondicionamiento de una planta existente o la construcción de una nueva planta.

Sistemas y Métodos de la Presente Invención

La presente invención tiene la ventaja de que sinergísticamente combina las ventajas de una planta de procesamiento de gas natural para producir GNLP, con las ventajas de los novedosos tanques para almacenar y transportar GNLP. Haciendo referencia a la FIG. 1, en donde aparece una ilustración de los sistemas y métodos de la presente invención, sin que con esto se limite la invención, el gas natural producido en un yacimiento remoto de gas natural 200, se transporta a una planta de procesamiento de gas natural 205 vía medios conocidos por los expertos en este campo de la industria, v.g., vía gasoducto de gas natural 210. La planta de procesamiento de gas natural 205 es ventajosamente una planta de procesamiento de GNLP acorde con la presente invención, la cual consta esencialmente de instalaciones de recepción del gas alimentado, instalaciones de deshidratación e instalaciones de licuefacción. La planta de procesamiento de GNLP 205 preferiblemente se encuentra localizada en la terminal de exportación 215 que tiene uno o más tanques de almacenamiento 220. En una práctica de la presente invención, el GNLP proveniente de la planta de procesamiento de GNLP 205 se produce en uno o más tanques de almacenamiento 220 en la terminal de exportación 215. Luego, uno o más tanques de almacenamiento 220 que contienen

GNLP se cargan en la terminal de exportación 215 en el barco de transporte marítimo 230. En otra práctica, el GNLP de uno o más tanques de almacenamiento 220 en la terminal de exportación 215 se transfiere hacia uno o más tanques de almacenamiento 220 en el barco de transporte marítimo 230, vía, por ejemplo, sin que con esto se limite la invención, un gasoducto (flowline) (no ilustrado en la FIG. 1) que se extiende desde uno o más tanques de almacenamiento 220 en la terminal de exportación 215 hacia uno o más tanques de almacenamiento 220 presentes en un barco de transporte marítimo 230. En otra práctica más, el GNLP de la planta de procesamiento de GNLP 205 se produce ya sea simultáneamente dentro de uno o más tanques de almacenamiento 220 en la terminal de exportación 215 y dentro de uno o más tanques de almacenamiento 220 en el barco de transporte marítimo 230, o puede producirse solamente en uno o más tanques de almacenamiento 220 del barco de transporte marítimo 230. Cualquiera de los tanques de almacenamiento 220 fabricados de un material compuesto preferiblemente comprende un recipiente diseñado para soportar cargas fabricado de un material compuesto, y un forro interior sustancialmente no soportador de cargas en contacto con el recipiente, en donde el forro interior proporciona una barrera sustancialmente impermeable para el GNLP, en concordancia con la presente invención. Una vez uno o más tanques de almacenamiento 220 del barco de transporte marítimo 230 contengan GNLP, dicho o dichos tanques 220 se transportan a través del mar 232 hacia la terminal de importación 235 y se descargan en la terminal de importación 235 para uso por parte de los consumidores; o alternativamente, el PGNL proveniente de uno o más tanques 220 puede ser utilizado por los consumidores en alguna otra forma, por ejemplo, sin que con esto se limite la invención, por transferencia directa del GNLP desde uno o más tanques 220 del barco de transporte marítimo 230 hacia uno o más tanques 220 ubicados en el terminal de importación 235 o hacia una tubería (medios de transferencia y tubería no ilustrados en la FIG. 1) Por lo tanto, gracias a la presente invención, el gas natural proveniente de un yacimiento de gas natural remoto 200 se convierte de una manera costo-

eficiente en GNLP, el cual luego se transporta para el uso por parte de los consumidores.

Tanques de GNLP

se proporciona un tanque apropiado para el almacenamiento de gas natural licuado presurizado a una presión de aprox. 1035 kPa (150 psia) y hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m2]) y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F). Tal tanque comprende: (a) un recipiente diseñado para soportar cargas fabricado de un material compuesto, en donde el recipiente es apropiado para soportar presiones de aprox. 1035 kPa (150 psia) y hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m^2]) y temperaturas situadas entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F) y (b) un forro interior sustancialmente no soportador de cargas en contacto con el recipiente, forro interior que proporciona una barrera sustancialmente impermeable para el gas natural licuado presurizado.

Recipiente Diseñado para Soportar Cargas

Preferiblemente, el recipiente diseñado para soportar cargas de un tanque de la presente invención esta construido de un material compuesto que comprende fibras de alto desempeño, las cuales tienen las siguientes propiedades: estabilidad dimensional, integridad estructural, alta resistencia a la tensión, rigidez o módulo de tensión altos, y bajo costo, entre otras propiedades como se evidenciarán con base en esta descripción de la invención. Dichas fibras de alto desempeño preferiblemente son de materiales que tienen un módulo de tensión específico superior a aprox. 6×10^5 centímetros y una resistencia a la tensión específica superior a aprox. 6×10^6 centímetros, en donde los valores se normalizan en función de la densidad de las fibras.

Entre las fibras que pueden utilizarse en la construcción de recipientes

diseñados para soportar cargas de tanques acordes con la presente invención se incluyen, sin que con esto se limite la invención, fibras de materiales, tales como, vidrio (v.g., vidrio E y vidrio S), aramidas, carbono, y kevlar, además de otras como las de carburo de silicio, filamentos a base de boro, y polietileno de peso molecular ultra-alto ("UHMWP"), en donde dicho UHMWP preferiblemente posee un peso molecular superior a aprox. 10^6.

Preferiblemente, los recipientes de los tanques de la presente invención se construyen usando resinas, preferiblemente resinas de termocurado, a fin de formar una matriz y proporcionar una distribución sustancialmente uniforme de las cargas dirigidas contra las fibras. Preferiblemente, la resina con estructura de matriz (resina de matriz) tiene las siguientes propiedades: excelente adhesión entre la matriz y la fibra y una fácil impregnación de la fibra; baja viscosidad y excelente humectación de la fibra; módulo de tensión alto y excelente módulo de esfuerzo cortante a las condiciones de las temperaturas criogénicas; excelentes características de absorción de energía y resistencia a las fracturas o ductilidad con el fin de maximizar la tolerancia a los daños. Preferiblemente, la resina posee un módulo de esfuerzo cortante de por lo menos aprox. 3 Giga-Pascales (GPa) y una capacidad de absorción de energía de por lo menos aprox. 65 J/m^3.

Entre las resinas que pueden utilizarse en la construcción de la matriz para los recipientes diseñados para soportar cargas de tanques acordes con la presente invención, se incluyen, por ejemplo, sin que con esto se limite la invención, las resinas de termocurado tales como las resinas epóxicas multifuncionales y las resinas epóxicas difuncionales basadas en el diglicidil éter del bisfenol A, tetraglicidilmetilendianilina ("TGMDA"), y resinas basadas en aminas glicidil aromáticas/heterocíclicas. Las resinas pueden tratarse preferiblemente de resinas epóxicas criogénicas. Los agentes de curado para las resinas pueden tratarse de co-reactantes básicos (v.g., basados en aminas) o co-reactantes ácidos (v.g.,basados en

anhídridos, polifenoles y politioles). Adicionalmente, los agentes de curado pueden ser catalíticos, como por ejemplo, las amidas terciarias. Por otra parte, dentro de las resinas de matriz se pueden incluir las resinas de termocurado mejoradas con resinas termoplásticas tales como las del tipo polisulfona, polieterimida, o polihidanzolina. Estas pueden tratarse de resinas basadas en aminas, poliésteres, vinilésteres, ó furano. Preferiblemente, el material compuesto usado en la construcción de un recipiente de la presente invención es sustancialmente no metálico, y mejor aún, es no metálico.

Tal como es conocido por los expertos en este campo de la industria, un recipiente de material compuesto típicamente se construye mediante la impregnación de fibras seleccionadas con un adhesivo seleccionado y la envoltura de las fibras impregnadas en un mandril de un diámetro también seleccionado. La operación de envoltura se continúa hasta lograr un espesor de pared deseado para el recipiente. Tal como es conocido por los expertos en este campo de la industria, en algunos casos se coloca un material de revestimiento en el mandril antes de que comience la envoltura de las fibras impregnadas a fin de formar un recipiente de material compuesto que sobreenvuelve el revestimiento.

Forro Interior No Soportador de Cargas

Preferiblemente, los forros interiores de los tanques de la presente invención tienen paredes relativamente delgadas y no poseen ninguna capacidad de soporte de cargas. Los forros interiores se construyen de materiales sustancialmente impermeables, preferiblemente con las siguientes propiedades: tenacidad a temperaturas criogénicas, resistencia al rasgado, ratas de permeación de gas preferiblemente inferiores a 1 x 10^{-5} centímetros cúbicos estándar por segundo de helio e integridad mecánica, entre otras propiedades preferidas que serán evidentes con la lectura de la descripción de la presente invención.

Entre los materiales sustancialmente impermeables que pueden utilizarse en la construcción de los forros interiores de los tanques de la presente invención se incluyen, por ejemplo, sin que con esto se limite la invención, por lo menos una lámina de: un foil metálico, una película polimérica sintética, un foil metálico ubicado sobre una lámina o substrato polimérico delgado, un substrato polimérico revestido con un metal, o un laminado que comprende un forro metálico en sandwich (emparedado) entre capas poliméricas. Entre los foils metálicos apropiados se incluyen, por ejemplo, sin que con esto se limite la invención, los foils de aluminio y acero inoxidable, preferiblemente sin costuras. El propósito fundamental del forro interior es servir como barrera de permeación para la carga de GNLP; y el forro interior solamente necesita tener suficiente espesor para satisfacer este propósito. Adicionalmente, el forro interior deberá ser suficientemente fuerte como para que pueda manipularse sin que se tuerza, especialmente durante la envoltura inicial del material compuesto.

En una práctica de un tanque acorde con la presente invención, se utiliza un forro interno de aluminio sin costuras (uniones) a modo de una barrera, v.g., contra la permeación del GNLP. En esta práctica, el forro interior de aluminio sin costuras preferiblemente tiene un espesor de solo aprox. 1 mm (0,04 pulg, y mejor aún de apenas aprox. 0,5 mm (0,02 pulg) hasta aprox. 1 mm (0,04 pulg). Un forro interior metálico sin costuras es particularmente preferido para minimizar sustancialmente la soldadura de metales. Preferiblemente, un forro interior metálico sin costuras usado en un tanque acorde con la presente invención no requiere soldadura. Se prefiere evitar el soldado de las costuras en el forro interior, para evitar la picadura (corrosión) y otros problemas asociados con esta. Sin embargo, los procesos de formación convencionales del aluminio sin costuras, tales como la formación en frío, tienden a limitar el tamaño del aluminio sin costuras, limitando de esta manera el diámetro de un tanque que contenga un forro interior de aluminio sin costuras. Adicionalmente, debido a la propensión del foil de aluminio a rasgarse, la dificultad en el

manejo de un revestimiento de aluminio sin costuras se incrementa a medida que aumenta el diámetro del forro interior. En una práctica alternativa de la presente invención la cual sustancialmente elimina las restricciones en cuanto al tamaño, el forro interior es un laminado fabricado en (i) por lo menos una lámina de un material sustancialmente impermeable, la cual actúa como la barrera fundamental contra la permeación de la carga; y (ii) por lo menos dos láminas de por lo menos un material de sandwicheo que tenga mejores propiedades de resistencia y/o resistencia al desgarre que el material sustancialmente impermeable, a fin de permitir la operación de sandwich del material sustancialmente impermeable. Para el caso de la aplicación en GNLP, ejemplos no exclusivos del numeral (i), como material sustancialmente impermeable es el foil de aluminio, (ii) un material de sandwicheo apropiado con una fortaleza adecuada como lo es el mylar, y (iii) un material de sandwicheo con apropiada resistencia al desgarre es una capa de tela tejida, tal como el dacrón. Puede utilizarse en lugar de un foil de aluminio sin costuras, a modo de un forro interior que controle la permeación de la carga, un revestimiento laminado fabricado con por lo menos una lámina de foil de aluminio, dispuesta en sandwich entre por lo menos dos capas de mylar o por lo menos una capa de mylar y por lo menos una capa de dacrón. En una práctica, el forro interior laminado se fabrica de por lo menos una lámina de foil de aluminio, la cual actúa como la barrera de permeación principal. El foil de aluminio preferiblemente tiene un espesor de apenas 0,0127 mm (0,0005 pulg) hasta aprox. 0,0254 mm (0,001 pulg). Se usan dos láminas de mylar, cada una con una espesor de preferiblemente aprox. 0,0127 mm (0,0005 pulg), para la operación de sandwich del foil de aluminio, las cuales agregan fortaleza a la lámina resultante. Opcionalmente, se aplica por lo menos una lámina o una capa de dacrón sobre por lo menos una de las láminas mylar como refuerzo para el laminado, suministrando así resistencia ante el rasgado y una manipulación más fácil.

Es deseable, en algunas aplicaciones de la presente invención, el uso de

por lo menos una lámina de foil de aluminio como barrera contra la permeación. Sin embargo, debido a ciertos problemas que pueden ser familiares para los expertos en este campo de la industria, tales como por ejemplo el hecho de que el foil de aluminio se rasgue muy fácilmente, resulta impracticable efectuar el devanado (envoltura) de un material compuesto sobre-envuelto directamente sobre la lámina de un foil de aluminio para formar el recipiente soportador de cargas. Una variación del concepto de laminado que también soluciona estos problemas es sobre-envolver por lo menos una capa inicial de material de compuesto con por lo menos una lámina, preferiblemente con por lo menos dos láminas, de foil de aluminio. Los bordes del foil de aluminio se encuentran, por ejemplo, pegados entre sí utilizando un adhesivo apropiado o una técnica de pegado por fusión. Las capas estructurales de material compuesto subsecuentemente se ensamblan sobre el aluminio de modo que sobre-envuelvan por lo menos una capa inicial de material compuesto. Esta práctica hace posible el devanado inicial de material compuesto sobre la sobre-envoltura de aluminio en un mandril sin que se presente el rasgado del aluminio. Para el caso de un tanque de GNLP típico, fabricado de un material compuesto, la capa inicial de material compuesto tiene un espesor preferiblemente de aprox. 0,16 mm (0,0063 pulg).

En otra práctica de presente invención, el forro interior de un tanque acorde con la presente invención comprende por lo menos una capa de un revestimiento, por ejemplo, sin que con esto se limite la invención, un revestimiento basado en una formulación de poliuretano sustancialmente 100% sólida, aplicado sobre la pared interior de un recipiente de uso como recipiente diseñado para soportar cargas acorde con la presente invención. Tales recubrimientos con formulaciones de poliuretano sustancialmente 100% sólidas son comercialmente disponibles y actualmente se aplican a manera de barreras contra la humedad sobre el exterior de los tanques de acero o de material compuesto. Las resinas epóxicas usadas en el pegado de las fibras que forman el material

compuesto estructural de un tanque acorde con la presente invención generalmente se encuentran sometidas al fenómeno de micro-resquebrajamiento. Los micro-resquebrajamientos en las resinas epóxicas incrementan la permeabilidad del material compuesto imponiendo la necesidad de un revestimiento que sirva como barrera contra la permeación. A diferencia de las resinas epóxicas, la formulación basada en poliuretano sustancialmente 100% sólida no se encuentra sustancialmente susceptible a dichas micro-rupturas. El uso de un revestimiento de poliuretano sustancialmente continuo que no sea objeto de micro-resquebrajamiento a temperaturas criogénicas servirá, por lo tanto, a manera de un forro interior funcional.

Construcción de los Tanques

Preferiblemente un tanque acorde con la presente invención toma en cuenta las ventajas de los avances recientes en el diseño y proceso de fabricación de los tanques de material compuesto como también las ventajas derivadas del uso de los análisis intensamente computarizados basados en la teoría de la laminación. Estos avances, acompañados de la información empírica acerca del desempeño de las resinas epóxicas criogénicas, permiten el uso de los análisis de elementos finitos ("FEA") para determinar los patrones precisos de la operación de devanado (colocación) de las fibras a fin de obtener la resistencia y rigidez deseadas en proporciones sustancialmente exactas en todas las direcciones (ejes) de un tanque acorde con la presente invención. Esto es importante debido a que la resistencia de un tanque de material compuesto es anisotrópica y precisa el conocimiento del punto más débil en la geometría del diseño para permitir optimizar el uso del material. Preferiblemente, los patrones de devanado (envoltura) de las fibras se diseñan mediante FEA y se elaboran mediante el uso de un equipo controlado por computador, incluyendo sin que con esto se limite la invención, máquinas de devanado y otros equipos de procesamiento. El enlace directo entre el diseño por FEA, el diseño asistido por computador

("CAD") y el proceso de envoltura controlado por computador mejora la precisión, minimiza los errores humanos y da lugar a una producción consistente y sustancialmente reproducible así como también, se obtiene un desempeño optimizado para los tanques. Junto con la automatización del proceso de fabricación, se obtienen un producto costo-eficiente con el enlace directo entre el diseño y las herramientas de fabricación. Los análisis en línea por computador y el monitoreo de las condiciones del proceso tanto de las resinas como de las fibras garantizan el control de calidad.

Más específicamente, los tanques acordes con la presente invención preferiblemente se construyen usando un proceso de envoltura avanzado en donde una máquina de devanado multieje se utiliza para proporcionar patrones de devanado (envoltura) precisos a fin de optimizar la resistencia del material compuesto que en particular se utilice. Los patrones precisos combinan devanados cilíndricos o anulares y devanados helicoidales o polares en ángulos de devanado determinados por análisis de elementos finitos realizados con un objetivo tendiente a la optimización de la resistencia del tanque, incluyendo la resistencia a través de la región de transición cilíndro-domo. Adicionalmente, los ángulos de devanado se diseñan para impedir que las fibras se resbalen durante la fabricación en la región de transición cilindro-domo sin la necesidad de proveer un soporte adicional. Las máquinas de devanado preferiblemente se controlan por computador, permitiendo una alta automatización y una mejorada precisión de la operación de devanado. El computador controla la ubicación precisa de las fibras sobre las superficies curvas predefinidas. Para reducir adicionalmente el tiempo de devanado, los tensores usados para el devanado preferiblemente maneja números grandes de filamentos de fibra, v.g., 20 filamentos o más.

Tanques Apropiados para Almacenar y Transportar GNLP

Tal como se discutió anteriormente, los tanques para almacenar y

transportar GNLP acordes con la presente invención, preferiblemente comprenden un recipiente diseñado para soportar cargas, tal como una sobre-envoltura de material compuesto, y un forro interior sustancialmente no soportador de cargas y sustancialmente impermeable.

Haciendo referencia ahora a la FIG. 2, una práctica de un tanque 5 acorde con la presente invención es la que comprende un recipiente de material compuesto 12 fabricado de fibras tales como carbono, vidrio o un híbrido entre carbono y vidrio, embebidas en una matriz epóxica criogénica, y un forro interior 10 fabricado de un material sustancialmente impermeable tal como aluminio sin costuras, el cual proporciona una barrera para el GNLP contenido en el tanque 5. Para formar la matriz epóxica, las fibras preferiblemente se impregnan con resina, preferiblemente una resina de termocurado, justo antes de la operación de devanado o envoltura de las fibras. El recipiente de material compuesto 12 soporta la carga estructural, incluyendo la carga de presión interna del tanque 5. El forro interior 10 va completamente rodeado por el recipiente de material compuesto 12. El tanque 5 preferiblemente está protegido por un recubrimiento exterior 14 elaborado de un material capaz de proteger al recipiente de material compuesto 12 de la humedad, ácidos, rayos ultravioleta y contra otros peligros ambientales. Por ejemplo, sin que con esto se limite la invención, el revestimiento exterior 14 puede fabricarse en poliuretano. El tanque 5 puede también incluir un sistema de soporte. Por ejemplo, tal como se ilustra en la FIG. 2, se suministra un resalte de refuerzo 16, en el extremo inferior del tanque 5 el cual va en interface con una camisa de soporte (no ilustrada en la FIG. 2). El diseño de la camisa de soporte puede corresponder al de cualquier diseño típico, como podrá ser familiar por los expertos en este campo de la industria. En el tanque 5, el resalte de refuerzo 16 se encuentra integralmente envuelto con el recipiente de material compuesto 12. Esto proporciona un beneficio económico significativo, como también una resistencia e integridad estructural mejoradas de la interface entre un sistema de soporte y el tanque 5. En aquellas aplicaciones en donde resulta deseable

un soporte adicional para el tanque 5, v.g., transporte de GNLP a través de mares particularmente picados (agitados), se provee un soporte adicional. En una práctica, correas verticales (no ilustradas en la FIG. 2), fabricadas con un material de adecuada resistencia según la aplicación en cuestión, por ejemplo, plásticos reforzados con fibras, los cuales van adheridos a un anillo (no ilustrado en la FIG. 2), se colocan a horcajadas sobre el resalte 18 el cual se encuentra envuelto integralmente como refuerzo sobre la superficie exterior del tanque 5. Tales bandas verticales pueden ir soportadas, v.g., lejos de los miembros estructurales que formen el piso del barco de transporte de GNLP que porta el tanque 5. Se proporciona una boquilla 20, preferiblemente en el extremo superior del tanque 5, para permitir la penetración al tanque 5, v.g. ya sea para el cargue o para descargue del GNLP. En una práctica, la boquilla 20 sale de un resalte metálico (no ilustrado en la FIG. 2) instalado antes de la operación de devanado del material compuesto que conforma el recipiente de material compuesto 12. El resalte metálico se encuentra sobre-envuelto con el material compuesto de modo que proporciona una interface hermética (a las fugas) y de alta resistencia que permite el acceso al tanque 5.

El recipiente de material compuesto 12 puede construirse de cualquier combinación fibra/resina apropiada para una aplicación en particular. Entre las fibras que pueden utilizarse, por ejemplo, sin que con esto se limite la invención, se incluyen las fibras de vidrio, de aramidas, de carbono, kevlar, de boro, de carburo de silicio, y los materiales compuestos con matriz polimérica.

La Tabla 1, compara los parámetros claves de un tanque de acero típico versus un tanque típico acorde con la presente invención (referido en la Tabla 1 "Tanque de Material Compuesto"), tabla que demuestra las ventajas fundamentales de la presente invención. El tanque de acero y el Tanque de Material Compuesto comparados en la Tabla 1 tienen un diámetro de 4,6 m (15 pies) y una longitud de 45,7 m (150 pies).

Haciendo referencia a la Tabla 1, la conductividad térmica del material compuesto utilizado en la construcción del Tanque de Material Compuesto es mucho mejor que la del tanque de acero en más de un orden de magnitud. Adicionalmente, el peso del Tanque de Material Compuesto es menos del 30% el peso de un tanque de acero comparable. Por lo tanto, debido al peso inferior del Tanque de Material Compuesto, es reducido el calado de un barco de transporte de GNLP típico que transporte una carga dada en el Tanque de Material Compuesto, si se compara con el calado de un barco de transporte que porte la misma carga en tanques de acero del mismo tamaño. Los requerimientos de los aceros para los cascos de barcos de transporte de GNLP también se verán correspondientemente reducidos. También, el PF para el Tanque de Material Compuesto es tres veces superior al PF de un tanque de acero, v.g., aprox. 7 000 m ($27,5 \times 10^4$ pulg) vs. aprox. 1 800 m ($7,0 \times 10^4$ pulg).

Tabla I Comparación Entre un Tanque de Acero Vs un Tanque de Material Compuesto Cada uno con un Diámetro de Aprox. 4,6 m (15 pies) y una Longitud de Aprox. 45,7 m (150 pies)

	Tanque de Acero	Tanque de Material Compuesto
Peso del Material [Kg] (Lbs)	[134 x 10^3] (295 x 10^3)	[34 x 10^3] (75 x 10^3)
Conductividad Térmica [Vatios/min-°K] (Btu/hr-pies-°F)	[5,8 a 35] (3,3 a 20)	[0,2 a 0,23] (0,12 a 0,13)
PF [m] (pulg)	[1 800] (7,0 x 10^4)	[7 000] (27,5 x 10^4)

Geometrías Alternativas para los Tanques

Las prácticas alternativas de los tanques acordes con la presente invención se ilustran en las FIGS. 3 a 5. Ente las formas geométricas alternativas para un tanque acorde con la presente invención se incluyen una forma esférica estándar como la ilustrada en la FIG. 3; una forma esferoide oblongada con proporciones de aspectos variables como la ilustrada en la FIG. 4; así como también las combinaciones entre

semidomos esferoidales oblongados unidos a una sección cilíndrica relativamente corta, como lo ilustrado en la FIG. 5, como se ve, todas en contraste con la configuración cilíndrica estándar ilustrada en la FIG. 2. La flexibilidad permitida por máquinas de devanado automatizado y el enlace directo computarizado entre los procesos de diseño, dibujo y fabricación, hacen que las configuraciones de los tanques puedan ser optimizadas para efectos de lograr un desempeño estructural adecuado. Tal como puede ser familiar para los expertos en este campo de la industria, la configuración esférica de un tanque de acero tiende a optimizar el uso del material de acero; y, similarmente, la combinación esferoidal oblongada de un tanque acorde con la presente invención tiende a optimizar el uso de un material compuesto. Otras formas geométricas, como los cilindros, generalmente requieren más material para su construcción, ya sea en acero o en material compuesto, pero también utilizan, en general, el espacio disponible en un barco de transporte de manera más eficiente que las configuraciones esféricas y esferoidales oblongadas. Sin embargo, en cuanto a la aplicación de los materiales compuestos en la fabricación de tanques para el transporte de GNLP, el diseño óptimo preferiblemente se basa en la optimización técnica y económica del sistema de transporte total de GNLP, incluyendo el tanque acorde con la presente invención, el barco de transporte de GNLP, y los subsistemas relacionados. Los procesos de optimización incluyen la consideración de (i) los subsistemas de tubería-válvulas-&-accesorios, (ii) otros subsistemas requeridos particularmente para una operación segura del sistema, (iii) subsistemas de la estructura de soporte, (iv) tamaño de los tanques (el cual tiene un impacto sobre el envigado del barco de transporte), y (v) el arreglo de los tanques en el barco de transporte.

Tanques Aislados

Los tanques usados en los métodos y sistemas acordes con la presente invención pueden aislarse si se desean; sin embargo, el aislamiento

típicamente es necesario cuando los tanques sean transportados en un barco de transporte marítimo debido a que el aislamiento se incorpora dentro de lo usual en una bodega de un barco de transporte. Cuando los tanques acordes con la presente invención se usan en ciertas aplicaciones, por ejemplo, sin que con esto se limite la invención, (i) en sistemas de distribución de GNLP, GNL, u otros fluidos criogénicos mediante vehículos basados en tierra, como los que se discuten en la International Publication Number WO 98/59 195, titulada "Systems for Vehicular, Land-Based Distribution of Liquefied Natural Gas ", (ii) en los sistemas de redes de distribución por tubería para el transporte de GNLP, GNL, u otros fluidos criogénicos, tal como se describe en la International Publication Number WO 98/59 084, titulada "Pipeline Distribution Network Systems for Transportation of Liquefied Natural Gas, y (iii) en sistemas de almacenamiento y suministro de combustibles para almacenar combustible GNLP y distribuir combustible GNLP vaporizado al detal para la combustión en un motor, como se describe en International Publication Number WO 98/59 164, titulada "LNG Fuel Storage and Delivery Systems for Natural Gas Powered Vehicles", los tanques preferiblemente poseen aislamiento apropiado. Por otra parte, la tubería y otros componentes de tales sistemas construidos utilizando los sistemas de materiales compuestos (v.g., fibra, resina, combinaciones de agentes de curado), descritos en el presente documento, incluyen preferiblemente un aislamiento apropiado. Para evitar la duda, los tanques acordes con la presente invención que sean utilizados en sistemas de transporte marítimos pueden aislarse si se desea, sin embargo, el aislamiento típicamente no se necesita debido a que este se incorpora dentro de lo usual en un barco de transporte marítimo.

Sin embargo, en ciertas aplicaciones, v.g., la aplicación de combustibles para vehículos mencionadas en el párrafo anterior, se prefiere realizar el aislamiento para minimizar la pérdida de carga de GNLP, y prevenir el crio-bombeo de aire licuado sobre la superficie externa criogénica del tanque acorde con la presente invención, tubería, u otro componente. El

aislamiento preferiblemente es compatible con el material compuesto. El aislamiento también debe tener excelente características de adhesión a condiciones criogénicas con el fin de prevenir las fracturas o despegados que podrían de otra forma resultar en ciclos térmicos repetitivos. Además, el aislamiento deberá tener compatibilidad con los esfuerzos criogénicos dirigidos contra el material compuesto. Para el caso del GNLP, el cambio de temperatura durante los ciclos térmicos pueden encontrarse en el rango entre aprox. 60°C – 132°C (108°F – 238°F), dando como resultado un esfuerzo relativo de 2 800 – 5 400 micro-pulgadas por pulgada debido exclusivamente al cambio de temperatura. Este esfuerzo se ve exacerbado por el esfuerzo mecánico resultante de la presurización del tanque o tubería (causado por la carga del GNLP). Para el caso de la mayoría de las espumas del tipo de celdas cerradas, la disparidad térmica o la diferencia en los coeficientes de expansión térmica (CTE) entre la espuma y el substrato compuesto puede ser tan alta como 20 x 10^{-6} pulgadas por pulgada de esfuerzo por grado Fahrenheit de temperatura. Los materiales de aislamiento preferidos para los tanques acordes con la presente invención poseen una diferencia en el CTE de un orden de magnitud inferior al de los materiales de aislamiento del tipo de espuma con celdas cerradas. El material aislamiento deberá también tener una excelente estabilidad bidimensional o un bajo encogimiento así como también una aceptable conductividad térmica. El aislamiento preferido tendrá una conductividad térmica inferior a 0,04 vatios/min-°K (0,023 Btu/hr-pie-°F). En resumen, las características preferidas de los materiales de aislamiento son: integridad estructural (tensión, esfuerzo cortante, y compresión) a las temperaturas criogénicas, compatibilidad con los esfuerzos criogénicos, flexibilidad criogénica y buena adhesión (al substrato de material compuesto a condiciones criogénicas), estabilidad dimensional (bajo encogimiento), y aceptable conductividad térmica.

Varias clases de compuestos pueden usarse como aislamiento. Un grupo de materiales del tipo de espumas tales como polipropileno y polietileno

que satisfagan los requerimientos en cuanto a conductividad térmica, temperatura y esfuerzo pueden usarse en los tanques acordes con la presente invención. Si bien tales materiales en forma de espumas exhiben generalmente inestabilidad bajo condiciones de vacío, no se espera que los tanques acordes con la presente invención para el transporte de GNLP se vayan a encontrar sometidos a un vacío. Dadas las condiciones de temperatura del GNLP que va a ser almacenado en tanques acordes con la presente invención, algunas espumas convencionales, tales como la de poliúrea, pueden utilizarse en una forma sustancialmente no compacta, por ejemplo sin que con esto se limite la invención, una forma de núcleo de colmena de abejas, en sandwich entre capas de poliisocianurato, con el fin de proporcionar un laminado de aislamiento de óptimo rendimiento. Pueden también utilizarse las formas asperjables de poliisocianurato y poliuretano para facilitar la aplicación, así como también formas moldeables de aislamientos de poliuretano. Las resinas termoplásticas o de termocurado pueden aplicarse, después del proceso de devanado de la tubería o del tanque de material compuesto y curarse para proporcionar el aislamiento térmico. Estas deberán tener una baja rata de absorción de agua que las hagan apropiadas para muchas aplicaciones. Entre las resinas preferidas se puede incluir la resina CTD-620 producida Composite Technology Development Inc., una resina epóxica de dos partes que puede asperjarse o aplicarse a modo de la fase final del proceso de devanado (envoltura) de la tubería o tanque.

Arreglos de Tanques Acordes con la Presente Invención en un Barco de Transporte Marítimo de GNLP

En las FIGS. 6 – 10E se ilustran diferentes arreglos de las geometrías alternativas para los tanques acordes con la presente invención en un barco de transporte marítimo de GNLP, para uso en los sistemas y métodos de la presente invención. Por ejemplo, la FIG. 6 ilustra dos tanques 50 y 50' acordes con la presente invención, ordenados uno junto al otro a lo ancho del casco 53 de un barco de transporte marítimo de

GNLP. En la práctica ilustrada en la FIG. 6, las boquillas 52 y 52' de los tanques 50 y 50' apuntan en direcciones opuestas. Las FIGS. 7A, 7B, y 7C ilustran un ejemplo de un barco de transporte marítimo diseñado para transportar GNLP. Este barco de transporte marítimo de GNLP 60 porta cinco (5) tanques 62 con formas esféricas estándar. El número y dimensiones de los tanques requeridos para cargar una cantidad dada de GNLP depende de factores los cuales pueden ser familiares para los expertos en este campo de la industria, tales como la densidad del GNLP, la capacidad máxima de la embarcación, y el tipo de energía de propulsión del barco, para solo mencionar unos pocos ejemplos, sin que con esto se limite el alcance de la presente invención. La FIG. 7A es una vista transversal frontal de un tanque acorde con la presente invención que tiene una geometría esférica y localizado en un casco de un barco de transporte de GNLP. La FIG. 7B es una vista transversal lateral de un arreglo en un casco de un barco de transporte de GNLP de varios tanques acordes con la presente invención que tienen geometrías esféricas. La FIG. 7C es una vista transversal superior de un arreglo en un casco de un barco de transporte de GNLP de varios tanques acordes con la presente invención con geometrías esféricas.

La orientación de los tanques acordes con la presente invención en un barco de transporte marítimo de GNLP (embarcación) afecta el diseño de la forma del casco del barco de transporte y por lo tanto su hidrodinámica, v.g., el arrastre o velocidad, del barco de transporte. En general, un diseño de casco más fino reduce el arrastre del barco de transporte y mejora las características de potencia-velocidad del barco de transporte. Para el caso del arreglo vertical de tanques en un barco de transporte, existe una dependencia entre la altura de los tanques y la forma del casco. Haciendo referencia ahora a la FIG. 8, la altura de los tanques 70 y 73, localizados en la cubierta 74, es reducida frente a la altura de los tanques 71 y 72, también localizados en la cubierta 74, con el fin de lograr un diseño de forma más fina para el casco 75. Los medios de soporte para los tanques 70, 71, 72, y 73, son bien conocidos por los

expertos en este campo de la industria, los cuales no se encuentran ilustrados en la FIG. 8. En la FIG. 9, en contraste con lo anterior, todos los tanques 80, 81, 82, y 83, localizados en la cubierta 84, tienen sustancialmente la misma altura, dando como resultado una forma similar a una caja menos óptima para un casco 85. Los medios de soporte para los tanques 80, 81, 82, y 83, son bien conocidos por los expertos en este campo de la industria, y tampoco se ilustran en la FIG. 9. Para el caso de un plano de ubicación dado (área disponible para los tanques) en un barco de transporte marítimo, el arreglo de tanques ilustrado en la FIG. 9 maximiza el volumen de contención a expensas de la velocidad (o potencia) del barco de transporte si se compara con el arreglo de tanques ilustrado en la FIG. 8. Y viceversa, el arreglo de tanques ilustrado en la FIG. 8 minimiza el arrastre del barco de transporte a expensas del volumen total de los tanques si se compara con el arreglo de tanques ilustrado en la FIG. 9.

En una práctica alternativa, una orientación horizontal de tanques acordes con la presente invención en un barco de transporte marítimo maximiza el volumen de la carga y da como resultado un casco más fino del barco de transporte, tal como se ilustra en las FIGS. 10A, 10B, y 10C. Haciendo referencia ahora a la FIG. 10B las longitudes de los tanques orientados horizontalmente 92, preferiblemente se definen de tal manera que cada tanque 92 pueda ir soportado en dos puntos, v.g., puntos 93 y 94. En vista de la locomoción compleja de un barco de transporte de GNLP, un sistema de soporte sencillo en dos puntos se prefiere para los tanques horizontalmente orientados 92, tal como puede ser familiar para los expertos en este campo de la industria. Tal como también puede ser familiar para aquellos expertos en este campo de la industria, el sistema de soporte en dos puntos impone limitaciones en cuanto a las longitudes de los tanques 92. Cuando un proyecto exija una mayor capacidad de almacenamiento que la suministrada por tanques que tienen las longitudes permitidas por un sistema de soporte en dos puntos, un moderado incremento en la complejidad del sistema de soporte hace posible el uso de tanques de longitudes más grandes.

Una ventaja de la presente invención es que, en general, los costos asociados con la construcción de un barco de transporte marítimo para transportar tanques de GNLP acordes con la presente invención, son bajos si se comparan con los costos asociados con la construcción de un barco de transporte marítimo que transporten tanques de acero. El costo reducido se debe fundamentalmente a una reducción en los soportes requeridos para los tanques acordes con la presente invención en comparación con los tanques de acero. Además, con los tanques acordes con la presente invención, los sistemas asociados son menos complicados; y debido a que el barco de transporte es más liviano, menos acero se necesitará en el casco y menos potencia se requerirá para propulsar el barco.

Plantas de GNLP

Los novedosos tanques de la presente invención hacen factible que la puesta en práctica de los sistemas y métodos de transporte y procesamiento de GNLP de la presente invención, los cuales producen y almacenan GNLP a una presión en el amplio rango que va desde aprox. 1 035 kPa (150 psia) hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m^2]) y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F). Preferiblemente, el GNLP se produce y almacena a una presión en el rango de aprox. 1 725 kPa (250 psia) y aprox. 7 590 kPa (1 100 psia) [175 775 - 773 410 kg/m^2, presión absoluta] y a una temperatura desde aprox. -112°C (-170°F) hasta aprox. -62°C (-80°F). Más preferiblemente, el GNLP se produce y almacena a una presión en el rango entre aprox. 2 415 kPa (350 psia) hasta aprox 4 830 kPa (700 psia [246 085 - 492 170 kg/m^2, presión absoluta]) y a una temperatura desde -101°C (-150°F) hasta aprox. -79°C (-110°F). Mejor todavía, los extremos inferiores de los rangos de presión y temperatura del GNLP se encuentran entre aprox. 2 760 kPa (400 psia [281 240 kg/m^2, presión absoluta)] y aprox. -96°C (-140°F). Dentro de los rangos preferidos, las combinaciones ideales de temperatura y presión dependen de la

composición del gas natural objeto de licuado como también de consideraciones económicas. Un experto en este campo de la industria puede determinar el efecto de los parámetros composicionales si consulta publicaciones estándares en este campo de la industria y/o realiza cálculos del punto de burbujeo en equilibrio. Adicionalmente, un experto en este campo de la industria puede determinar y analizar el impacto de las diferentes consideraciones económicas si consulta las pertinentes publicaciones de uso en la industria. Por ejemplo, una de tales consideraciones económicas consiste en que a medida que la temperatura del GNLP se hace más fría, los requerimientos de caballaje (vatiaje) necesarios para la refrigeración se incrementarán; sin embargo, temperaturas más frías del GNLP también incrementaran la densidad del GNLP y, de esta manera, se reducirá el volumen que puede ser transportado. A medida que la temperatura del GNLP se eleva, y de que se incremente la presión, se necesitará más material en los tanques de almacenamiento y transporte, sin embargo, los costos de refrigeración decrecen y la eficiencia de la planta se incrementa.

La siguiente descripción se enfoca fundamentalmente a las vantajas económicas de un sistema de la presente invención comparado con un sistema convencional para el procesamiento de GNL. La FIG. 12 ilustra esquemáticamente un ejemplo de una planta para procesamiento de GNLP acorde con la presente invención. Para propósitos de comparación, la FIG. 11 (estado anterior de la técnica) ilustra esquemáticamente un ejemplo de una planta de procesamiento convencional de GNL, que incluye un equipo de recepción del gas alimentado 162, un equipo de tratamiento de gas 152, un equipo de deshidratación/remoción de mercurio 156, un equipo de refrigeración 163, un equipo lavador de la alimentación 164, un equipo de fraccionado 165, un equipo de licuefacción 166, y un equipo de eliminación de nitrógeno 154. Si bien el equipo de licuefacción de gas natural estándar puede utilizarse satisfactoriamente en una planta de procesamiento útil para la presente invención, pueden eliminarse varias etapas requeridas en una planta

convencional de GNL, y la energía necesaria para enfriar el gas natural se verá grandemente reducida. Por lo tanto, en el proceso GNLP, el gas natural que podría ser consumido para proporcionar la energía en el proceso GNL convencional puede convertirse en GNLP mercadeable. Haciendo referencia ahora a la FIG. 12, los pasos de los métodos/componentes del sistema de procesamiento de GNLP preferiblemente incluyen: (i) instalaciones de recepción del gas alimentado 110 las cuales remueven los hidrocarburos líquidos, (ii) instalaciones de deshidratación 112, y (iii) instalaciones de licuefacción 114. Se pueden utilizar una planta de expansión 116 y un tren de fraccionamiento 118 para producir los refrigerantes de uso en las instalaciones de licuefacción 114. Alternativamente, bien sea parte o todos los refrigerantes necesarios para la licuefacción 114 pueden comprarse o aprovisionarse de cualquier otra fuente. Se pueden utilizar procesos de refrigeración bien conocidos para lograr la baja temperatura deseada del GNLP. Entre tales procesos se pueden incluir, por ejemplo, el uso de un solo refrigerante, un refrigerante multicomponente, un ciclo de refrigeración en cascada o combinaciones de estos ciclos. Adicionalmente, se pueden emplear turbinas de expansión en el proceso de refrigeración. En comparación con una planta convencional de GNL, la reducción muy grande en el caballaje necesario para la refrigeración en una planta GNLP acorde con la presente invención dará como resultado una gran reducción en los costos de capital, costos de operación proporcionalmente inferiores, y un incremento en la eficiencia y confiabilidad incrementando así en gran medida las economías en la producción del gas natural licuado.

A continuación se compara una planta de producción de GNLP acorde con la presente invención con una planta convencional de GNL. Haciendo referencia a la FIG. 11 y a la FIG. 12, debido a que las temperaturas de licuefacción en la planta de GNLP 108 (FIG. 12) son más altas que en una planta convencional de GNL 150 (FIG. 11) (la cual produce GNL convencional a aprox. -162°C (-260°F) y a la presión atmosférica), los

equipos de tratamiento del gas 152 (FIG. 11) diseñados para remover componentes congelables tales como dióxido de carbono, n-pentano plus, y benceno, los cuales son requeridos en la planta de GNL convencional 150, no son generalmente requeridos en la planta de GNLP 108 debido a que estos componentes normalmente encontrados en la naturaleza, usualmente no se congelarán y si ocasionarán problemas de taponamiento en los equipos de la planta de GNLP debido a las temperaturas de operación relativamente más altas. En caso de que se encuentren presentes cantidades inusualmente altas de dióxido de carbono, de compuestos que contienen azufre, de n-pentano plus o de benceno en un gas natural que este siendo procesado en una planta de GNLP 108, solamente algunos pocos equipos de tratamiento del gas podrán necesitarse ser adicionados para la remoción de estos. Adicionalmente, debe eliminarse el nitrógeno de la planta de GNL convencional 150 (en el equipo de eliminación de nitrógeno 154) debido a que el nitrógeno no permanecerá en la fase líquida durante el transporte de GNL convencional, el cual se encuentra a presión atmosférica. No se necesita remover aquellas cantidades moderadas de nitrógeno en el gas de entrada en la planta de GNLP 108, debido a que el nitrógeno permanecerá en la fase líquida junto con los hidrocarburos licuados a las presiones y temperaturas de operación del proceso GNLP. Adicionalmente, el mercurio se remueve en una planta de GNL convencional 150 (mediante un equipo de remoción de mercurio 156). Debido a que la planta de GNLP 108 opera a temperaturas mucho más elevadas que las de una planta de GNL convencional 150 y, por lo tanto, no se necesitarán usar materiales de aluminio en los tanques, tubería y demás equipos de la planta de GNLP 108, el equipo de eliminación de mercurio generalmente no se requerirá en la planta de GNLP 108. La capacidad para omitir los equipos requeridos para el tratamiento del gas, para la eliminación de nitrógeno y para la remoción de mercurio cuando la composición del gas natural lo permita, proporciona una significativa ventaja técnica y económica.

Los procesos descritos en las siguientes publicaciones y en las Solicitudes de Patentes co-pendientes pueden utilizarse en la planta de GNLP 108: (i) "Improved Multi-Component Refrigeration Process for Liquefaction of Natural Gas", International Publication Number WO 98/59 206; y (ii) "Continuous Expansion Pre-cooling Cycle for Natural Gas Liquefaction", Solicitud de Patente provisional de los Estados Unidos No. 60/172 548.

Haciendo referencia nuevamente a la FIG. 11, el GNL producido en una planta de GNL convencional 150 se almacena en uno o más tanques de almacenamiento 151 ubicados cerca de una terminal de exportación. Haciendo referencia ahora a la FIG. 12, el GNLP producido en una Planta de GNLP 108 puede almacenarse en uno o más tanques de almacenamiento y transporte 109 acordes con la presente invención, ubicados cerca de una terminal de exportación. En otra práctica de la presente invención, el GNLP producido en una planta de GNLP 108, puede transferirse a uno o más tanques de almacenamiento transporte 109 acordes con la presente invención en un barco de transporte GNLP, tal como se describe con de talle en el presente documento.

Tal como se discute en la Solicitud de Patente sobre GNLP y en la Solicitud de patente sobre componentes de procesos, a las presiones y temperaturas de operación preferidas para el GNLP, se pueden utilizar aceros con aprox. 3½% en peso de níquel en las áreas de operación más frías de la planta GNLP para la tubería y las instalaciones del proceso, mientras que el acero con un 9% en peso de níquel más caro, o aluminio, generalmente se requieren para el mismo equipo en una planta de GNL convencional. Esto proporciona otra reducción de costos significativa a la planta de GNLP en comparación con la planta de GNL convencional. Preferiblemente, los aceros de baja aleación y resistencia ultra-alta con una adecuada resistencia y una excelente tenacidad contra las fracturas a las condiciones de operación de la planta de GNLP, se utilizan para construir los componentes del proceso de la planta de GNLP con el fin de

proporcionar adicionales ventajas económicas frente a una planta de GNL convencional. Tal como se utilizará de aquí en adelante, el término "componente del proceso" abarca cualquier pluralidad de componentes útiles para la conversión de gas natural y producir GNLP en una planta de procesamiento, entre los que se incluyen, sin que con esto se limite la invención, tuberías, intercambiadores de calor, recipientes de presión, y otros recipientes. Una planta de procesamiento para convertir gas natural GNLP acorde con la presente invención preferiblemente comprende por lo menos un componente de proceso construido en un acero de baja aleación de resistencia ultra-alta que contenga menos del 9% en peso de níquel y que tiene una resistencia a la tensión superior a aprox. 830 MPa (120 ksi [84 372 000 kg/m^2]), y una temperatura de transición de dúctil a frágil - DBTT - inferior a -73°C (-100°F). Aceros apropiados para uso en la construcción de los componentes del proceso son aquellos que se encuentran detalladamente descritos en la Solicitud de Patente sobre GNLP; como también aquellos descritos en la publicación titulada "ULTRA-HIGH STRENGTH STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS", International Publication Number WO 99/32 672; en la publicación titulada "ULTRA-HIGH STRENGTH AUSAGED STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS", International Publication Number WO 99/32 670; en la publicación titulada "ULTRA-HIGH STRENGTH DUAL PHASE STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS", International Publication Number WO 99/32 671; en la PCT International Application titulada "ULTRA-HIGH STRENGTH STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS", International Application Number PCT/U599/29 802; en una PCT International Application titulada "ULTRA-HIGH STRENGTH AUSAGED STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS", International Application Number PCT/U599/30 055; y en una PCT International Application titulada "ULTRA-HIGH STRENGTH TRIPLE PHASE STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS",

International Application Number PCT/US99/29 804 (colectivamente, denominadas aquí "Solicitudes de Patentes sobre Aceros"). Los aceros descritos en las Solicitudes de Patentes sobre Aceros son especialmente apropiados para aplicaciones a temperaturas criogénicas en cuanto que los aceros poseen las siguientes características referidas a espesores de planchas de acero de aprox. 2,5 cm (1 pulg) y superiores: (i) DBTT inferior a aprox. –73°C (-100°F) en el acero base y en la HAZ de la soldadura , (ii) resistencia a la tensión superior a aprox. 830 MPa (120 ksi [84 372 000 kg/m^2]), preferiblemente superior a aprox. 860 MPa (125 ksi), y mejor aún superior a aprox. 900 MPa (130 ksi), (iii) propiedades de soldabilidad superiores, (iv) propiedades y microestructura medidas a través del espesor sustancialmente uniformes, y (v) mejorada tenacidad frente a los aceros HSLA estándares disponibles en el comercio. Estos aceros pueden tener una resistencia a la tensión superior a aprox. 930 MPa (135 ksi), o superior a aprox. 965 MPa (140 ksi), o superior a aprox. 1000 MPa (145 ksi).

En resumen, la presente invención conlleva ventajas en cuanto que proporciona sistemas y métodos para almacenar y transportar gas natural licuado presurizado (GNLP) a una presión de aprox. 1035 kPa (150 psia) y hasta aprox 7590 kPa (1100 psia [105 465 - 773 410 kg/m2]) y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y aprox. -62°C (-80°F). Los tanques usados en los sistemas y métodos de la presente invención poseen un factor de desempeño (PF) medido en función de la capacidad de portar carga sustancialmente mejorado frente a los tanques actualmente disponibles para el GNLP, v.g., un valor de PF de aprox. 7 000 m (27,5 x 10^4 pulg) en comparación con un PF de aprox. 1 800 m (7,0 x 10^4 pulg) de los tanques de acero. Los tanques acordes con la presente invención también satisfacen los demás objetivos planteados para la presente invención, los cuales fueron ya discutidos en las presentes especificaciones.

Las variables deseadas para un tanque acorde con la presente invención,

v.g., tamaño, geometría espesor del material, etc., son dependientes de las condiciones de operación tales como presión interna, temperatura de operación, carga objetivo, características del barco de transporte (embarcación) tales como tamaño, relación velocidad-potencia, etc., condiciones que podrán ser familiares para los expertos en este campo de la industria. Más específicamente, las variables también son dependientes de factores tales como : (i) características de alta integridad estructural y alta estabilidad dimensional de las fibras de alto desempeño; (ii) excelente características de impregnación y humectación de las fibras fabricadas en resinas criogénicas así como también excelente adhesión entre la resina matricial y la fibra; (iii) avances recientes en máquinas computarizadas que realizan el devanado o envoltura del material compuesto las cuales permiten una lata automatización y una mejorada precisión en la colocación de la fibra durante la operación de devanado; (iv) los avances en herramientas de análisis y diseño con uso intensivo del computador basados en los análisis de elementos finitos y la teoría del laminado; y (v) la capacidad de ligar el diseño directamente a las máquinas que realizan el devanado basadas en computadores para producir patrones de devanado precisos con los cuales se optimize la resistencia del sistema resultante basado en materiales compuestos.

Si bien la presente invención ha quedado descrita en términos de una o más prácticas preferidas, se entiende que modificaciones adicionales pueden efectuarse sin que se alejen demasiado del alcance y espíritu de la presente invención, alcance y espíritu que quedaran definidos en las Reivindicaciones que se consignarán más adelante.

Glosario de Términos

Btu/hr-ft-°F:	unidades térmicas británicas/ (hora)(pie) (°Fahrenheit);
CAD:	diseño asistido por computador;
CNG:	gas natural comprimido;
compuesto (material compuesto:	un material estructural que comprende fibras embebidas dentro de un adhesivo;
temperaturas criogénicas:	temperaturas inferiores a aprox. –40°C (-40°F);
DBTT [Ductil to Brittle Transition Temperature = temperatura de transición de dúctil a frágil (quebradizo)]:	este valor define los dos regímenes de fractura en aceros estructurales; a temperaturas por debajo de la DBTT, las roturas o fallas tienden a ocurrir por fracturas (quiebra) de clivaje de baja energía, mientras que a temperaturas superiores a la DBTT, las fallas tienden a ocurrir por fracturas dúctiles de energía alta;
FEA:	análisis de elementos finitos
GPa (gigapascales):	mil millones (10^9) de pascales
terminal de importación:	toda instalación adaptada para recibir o utilizar GNLP, incluyendo, sin que con esto se limite la invención, instalaciones ubicadas en altamar;
J/m^3:	Julios por metro cúbico
kPa:	miles de Pascales;

gas natural:	una mezcla gaseosa de hidrocarburos, originalmente originados por debajo de la superficie de la tierra, la cual comprende fundamentalmente metano y puede también comprender etano, propano, butano, hidrocarburos superiores, y/o impurezas, entre las que se incluye, sin que con esto se limite la invención, nitrógeno, carbono, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, y helio;
PF:	factor de desempeño medido en función de la capacidad para portar carga, PF = PV/W en donde PV es la presión ejercida por la carga multiplicada por el volumen del recipiente y W es el peso del recipiente;
componente del proceso:	incluye cualquier componente, de una pluralidad de componentes, útil para convertir gas natural y producir así GNLP en una planta de procesamiento de GNLP, incluyendo, sin que con esto se limite la invención, tuberías, intercambiadores de calor, recipientes de presión, y otros recipientes o tanques;
GNLP:	gas natural licuado presurizado;
psi:	libras por pulgada cuadrada,
psia:	libras por pulgada cuadrada, presión absoluta;
TGMDA:	tetraglicidilmetilendianilina; y
UHMWP:	polietileno de peso molecular. ultra-alto.

Reivindicaciones

1. Un tanque apropiado para almacenar gas natural licuado presurizado a una presión desde 1 035 kPa (150 psia) hasta 7 590 kPa (1 100 psia) [105 465 - 773 410 kg/m^2] y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y -62°C (-80°F), en donde dicho tanque comprende:

   (a) un recipiente diseñado para soportar cargas fabricado de un material compuesto, en donde dicho recipiente es apropiado para soportar presiones desde 1 035 kPa (150 psia) hasta 7 590 kPa (1 100 psia) [105 465 - 773 410 kg/m^2] y temperaturas situadas entre -123°C (-190°F) y -62°C (-80°F); y

   (b) un forro interior sustancialmente no soportador de cargas en contacto con dicho recipiente, en donde dicho forro interior proporciona una barrera sustancialmente impermeable para dicho gas natural licuado presurizado.

2. El tanque acorde con la Reivindicación 1, en donde dicho recipiente está construido con base en una pluralidad de fibras de materiales que tienen un módulo de tensión específico superior a 6 x 10^5 centímetros y una resistencia a la tensión específica superior a 6 x 10^6 centímetros, en donde los valores se normalizan en función de la densidad de las fibras.

3. El tanque acorde con la Reivindicación 1, en donde dicho recipiente está construido con base en una pluralidad de fibras de materiales seleccionados del grupo conformado por (i) vidrio, (ii) aramida, (iii) carbono, (iv) kevlar, (v) carburo de silicio, (vi) filamento de boro, (vii) UHMWP, o (viii) mezclas de éstos.

4. El tanque acorde con la Reivindicación 1, en donde dicho recipiente está construido de una resina de matriz que tiene un módulo de esfuerzo cortante de por lo menos 3 GPa y una capacidad de absorción de energía de por lo menos 65 J/m^3.

5. El tanque acorde con la Reivindicación 1, en donde dicho recipiente comprende una matriz de material compuesto construida de una resina seleccionada del grupo conformado por (i) resinas epóxicas multifuncionales y resinas epóxicas difuncionales basadas en el diglicidil éter del bisfenol A, (ii) resinas epóxicas TGMDA, (iii) resinas basadas en aminas, (iv) poliéster, (v) vinilésteres, y (vi) furano.

6. El tanque acorde con la Reivindicación 1, en donde dicho forro interior está construido de un material seleccionado del grupo conformado por (i) un foil metálico, (ii) una película de polímero sintético, (iii) un foil metálico sobre un substrato polimérico delgado, (iv) un substrato polimérico con recubrimiento metálico, y (v) un laminado que comprende un forro metálico interno en sandwich -emparedado- entre capas poliméricas.

7. El tanque acorde con la Reivindicación 2, en donde dicho forro interior tiene un espesor hasta de 1 mm (0,04 pulg).

8. El tanque acorde con la Reivindicación 1, en donde dicho forro interior es un laminado que comprende por lo menos una lámina de foil de aluminio emparedada entre por lo menos dos láminas de mylar.

9. El tanque acorde con la Reivindicación 1, en donde dicho forro interior comprende por lo menos una capa de material compuesto y por lo menos una lámina de foil de aluminio.

10. El tanque acorde con la Reivindicación 1, en donde dicho forro interior comprende aluminio sin costuras.

11. Un tanque apropiado para almacenar gas natural licuado presurizado a una presión desde 1 035 kPa (150 psia) hasta 7 590 kPa (1 100 psia) [105 465 - 773 410 kg/m^2] y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y -62°C (-80°F), tanque que comprende:

(a) un recipiente diseñado para soportar cargas fabricado de un material compuesto, en donde dicho recipiente es apropiado para soportar presiones desde 1 035 kPa (150 psia) hasta 7 590 kPa (1 100 psia) [105 465 - 773 410 kg/m^2] y temperaturas situadas entre -123°C (-190°F) y -62°C (-80°F); y

(b) un forro interior metálico sustancialmente no soportador de cargas en contacto con dicho recipiente, en donde dicho forro interior metálico tiene un espesor de hasta 1 mm (0,04 pulg) y proporciona una barrera sustancialmente impermeable para dicho gas natural licuado presurizado.

12. Un tanque que comprende un forro interior sustancialmente impermeable y sustancialmente no soportador de cargas, y una sobre-envoltura de material compuesto soportadora de cargas, en donde dicho tanque es apropiado para almacenar gas natural licuado presurizado a una presión desde 1 035 kPa (150 psia) hasta 7 590 kPa (1 100 psia) [105 465 - 773 410 kg/m^2] y a una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y -62°C (-80°F).

13. Un método de construcción de un tanque apropiado para almacenar gas natural licuado presurizado a una presión desde 1 035 kPa (150 psia) hasta 7 590 kPa (1 100 psia) [105 465 - 773 410 kg/m^2] y a

una temperatura situada entre -123°C (-190°F) y -62°C (-80°F), en donde dicho método comprende los pasos de:

(a) creación de un diseño implementable por computador para dicho tanque mediante análisis de elementos finitos realizados teniendo como meta la optimización de la resistencia de dicho tanque;

(b) formación de un forro interior de un material sustancialmente impermeable;

(c) colocación de dicho forro interior sobre un mandril;

(d) impregnación, con una resina, de una pluralidad de fibras de materiales que tiene un módulo de tensión específico superior a $6x10^5$ centímetros y una resistencia específica a la tensión superior a $6x10^6$ centímetros, en donde los valores se normalizan en función de la densidad de las fibras; y

(e) envoltura de dicha pluralidad de fibras alrededor de dicho forro interior mediante una máquina de devanado controlada por computador, máquina que implementa dicho diseño implementable por computador para formar un recipiente soportador de cargas.

14. El método acorde con la Reivindicación 13, en donde el paso (d) se reemplaza por lo siguiente:

(d) impregnación, con una resina, de una pluralidad de fibras de materiales seleccionados del grupo conformado por (i) vidrio, (ii) aramida, (iii) carbono, (iv) kevlar, (v) carburo de silicio, (vi) filamento de boro, (vii) UHMWP, ó (viii) mezclas de éstos.

15. El método acorde con la Reivindicación 13, en donde el paso (b) se reemplaza por lo siguiente:

(b) formación de un forro interior de un material seleccionado del grupo conformado por (i) un foil metálico, (ii) una película de polímero sintético, (iii) un foil metálico sobre un substrato polimérico delgado, (iv) un substrato polimérico con revestimiento metálico, y (v) un laminado que comprende un forro metálico interno en sandwich -emparedado- entre capas poliméricas;

16. El método acorde con la Reivindicación 13, en donde el paso (b) se reemplaza por lo siguiente:

(b) formación de un forro interior sustancialmente impermeable de por lo menos una lámina de foil de aluminio emparedada entre por lo menos dos láminas de mylar.

17. El método acorde con la Reivindicación 13, en donde el paso (b) se reemplaza por lo siguiente:

(b) formación de un forro interior sustancialmente impermeable de por lo menos una capa de material compuesto y por lo menos una lámina de foil de aluminio.

18. El método acorde con la Reivindicación 13, en donde el paso (b) se reemplaza por lo siguiente:

(b) formación de un forro interior sustancialmente impermeable de por lo menos un material seleccionado del grupo conformado por aluminio sin costuras y acero inoxidable sin costuras.

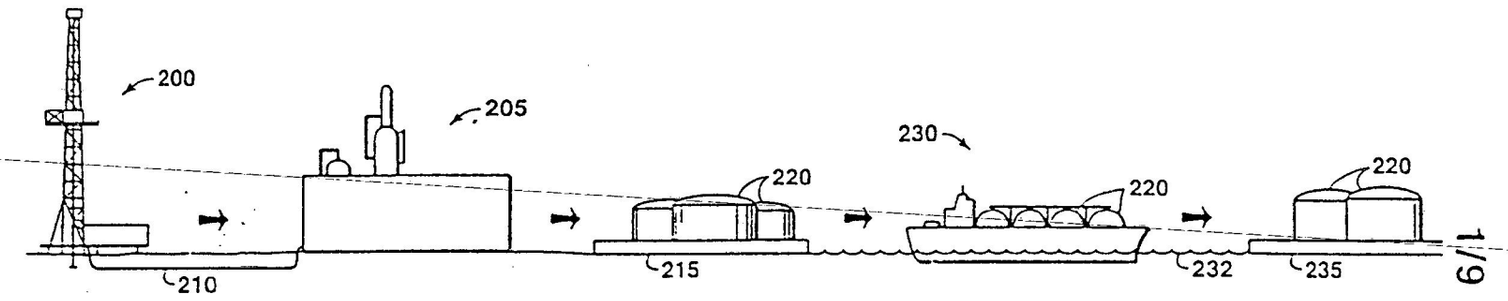


FIG. 1

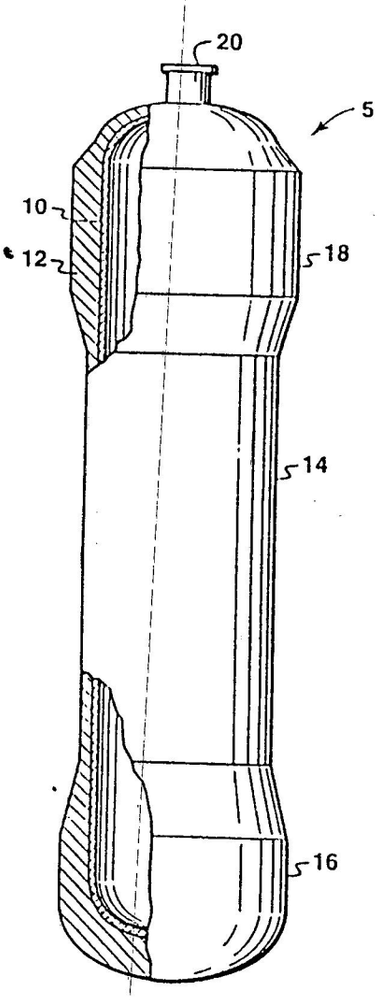


FIG. 2

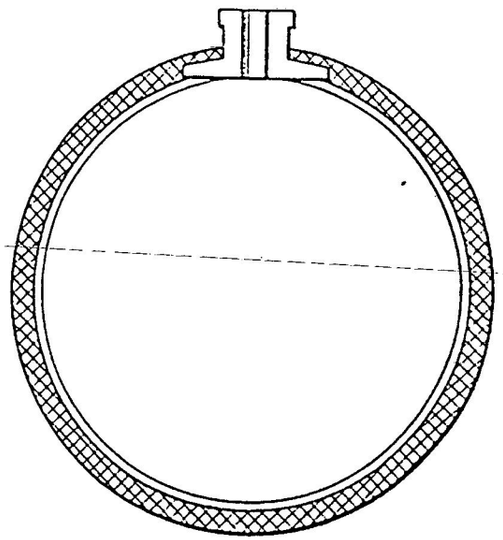


FIG. 3

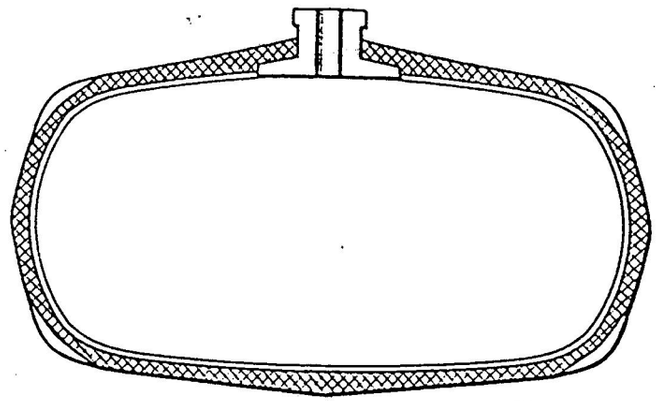


FIG. 4

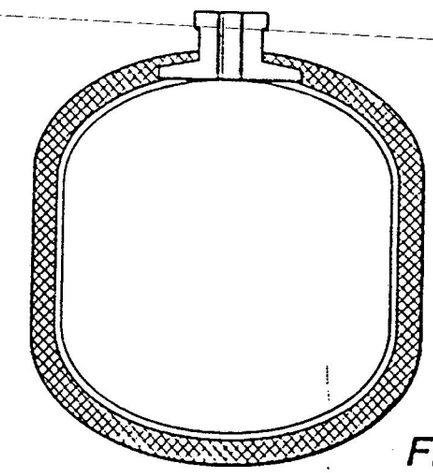


FIG. 5

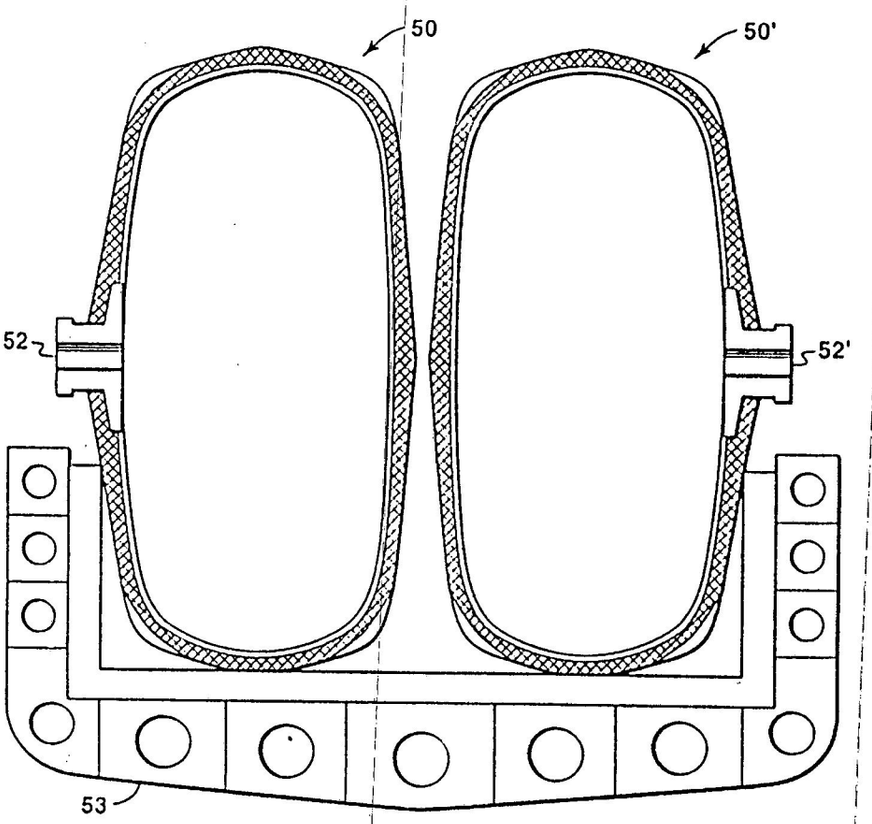


FIG. 6

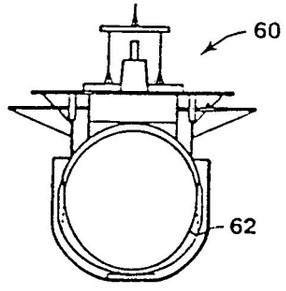


FIG. 7A

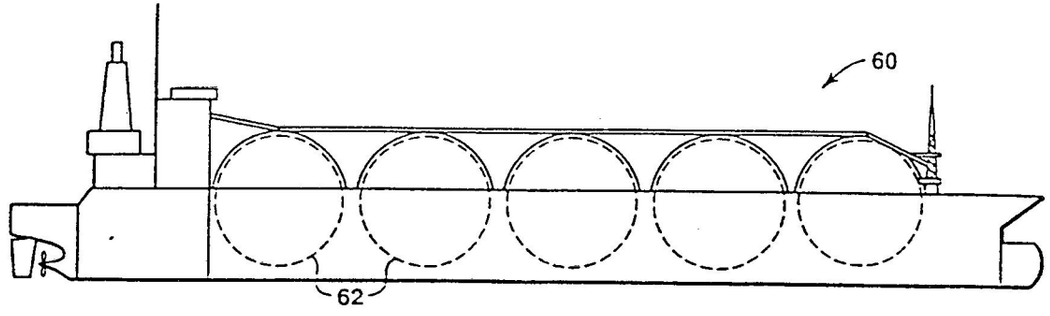


FIG. 7B

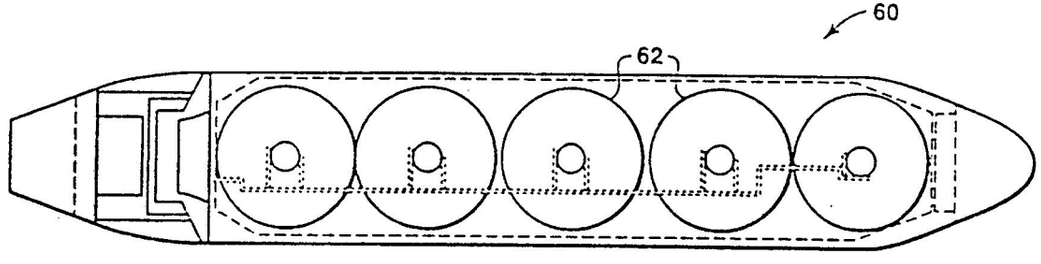


FIG. 7C

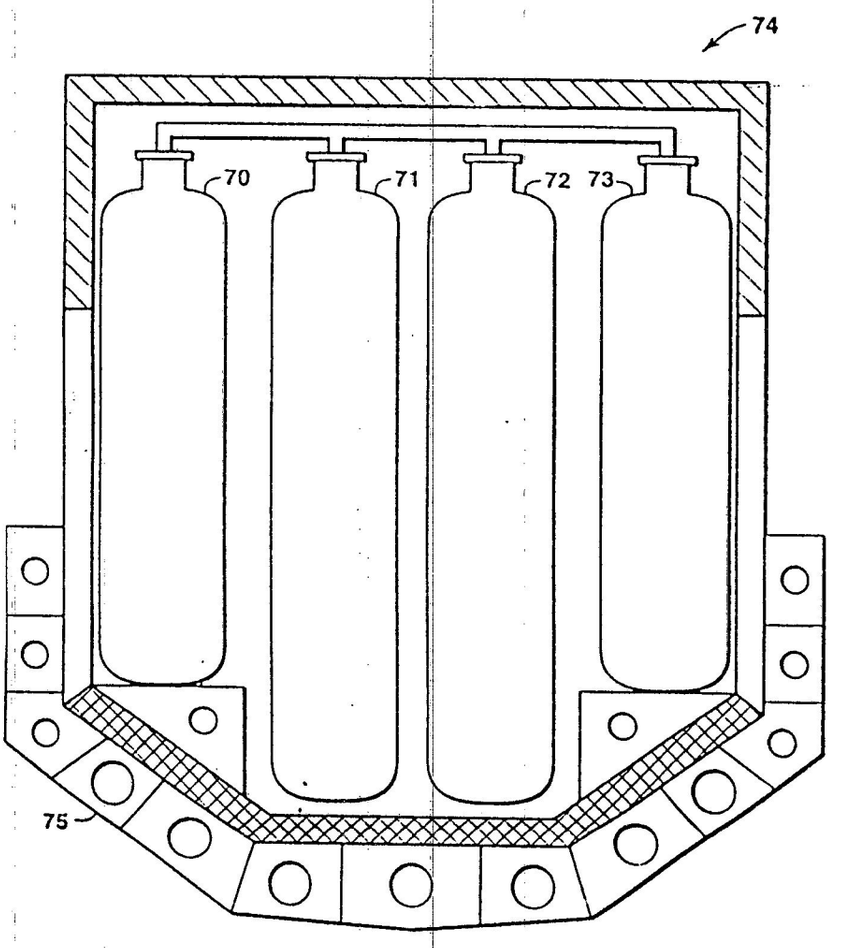


FIG. 8

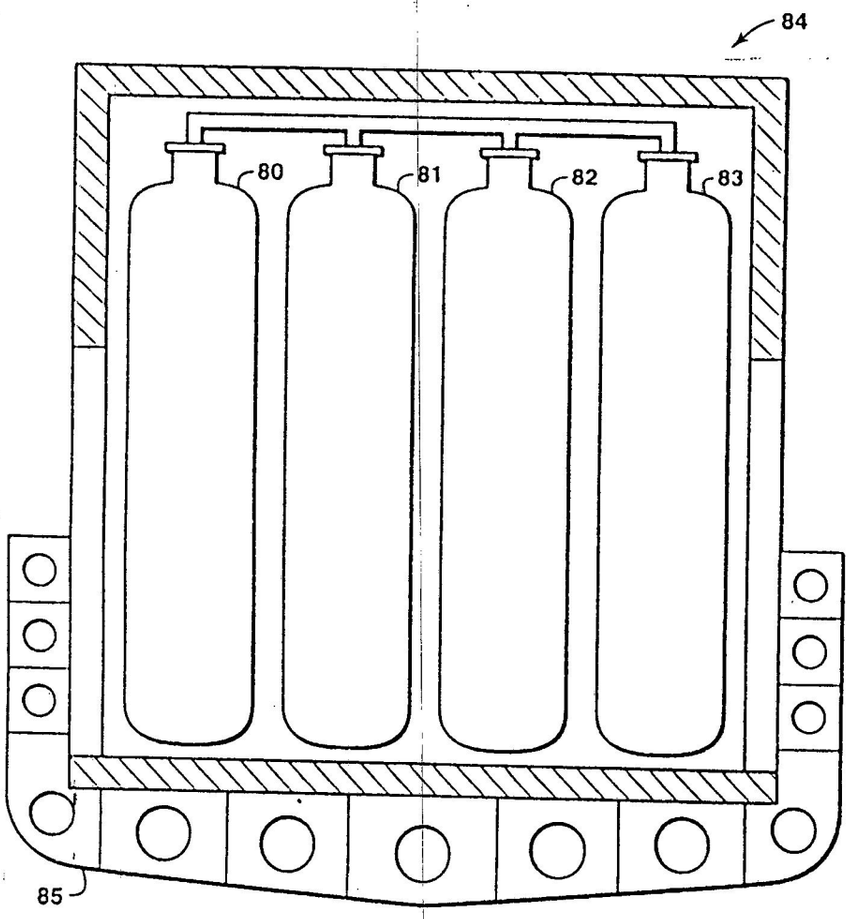


FIG. 9

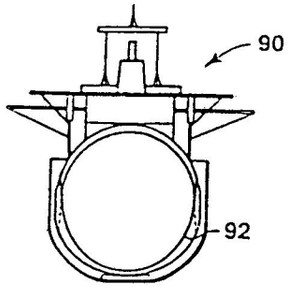


FIG. 10A

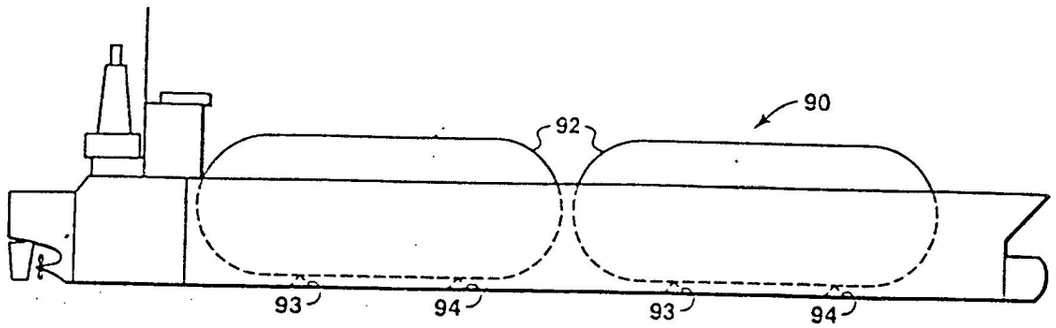


FIG. 10B

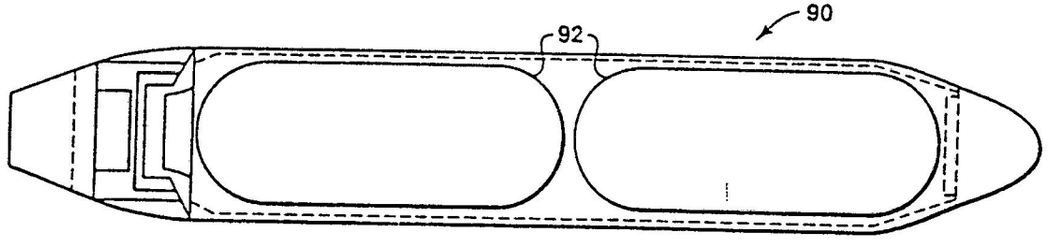


FIG. 10C

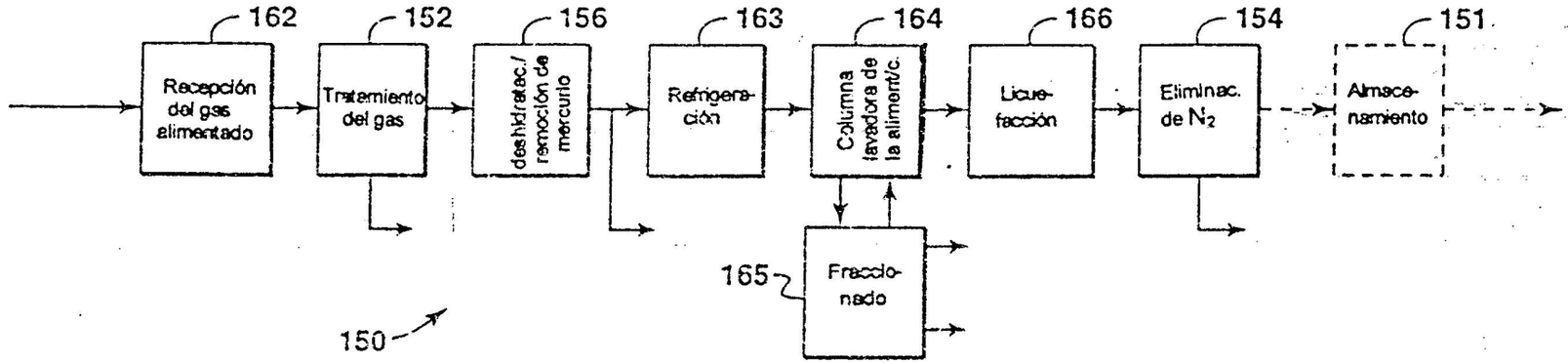


FIG. 11 (ESTADO ANTERIOR DE LA TECNICA)

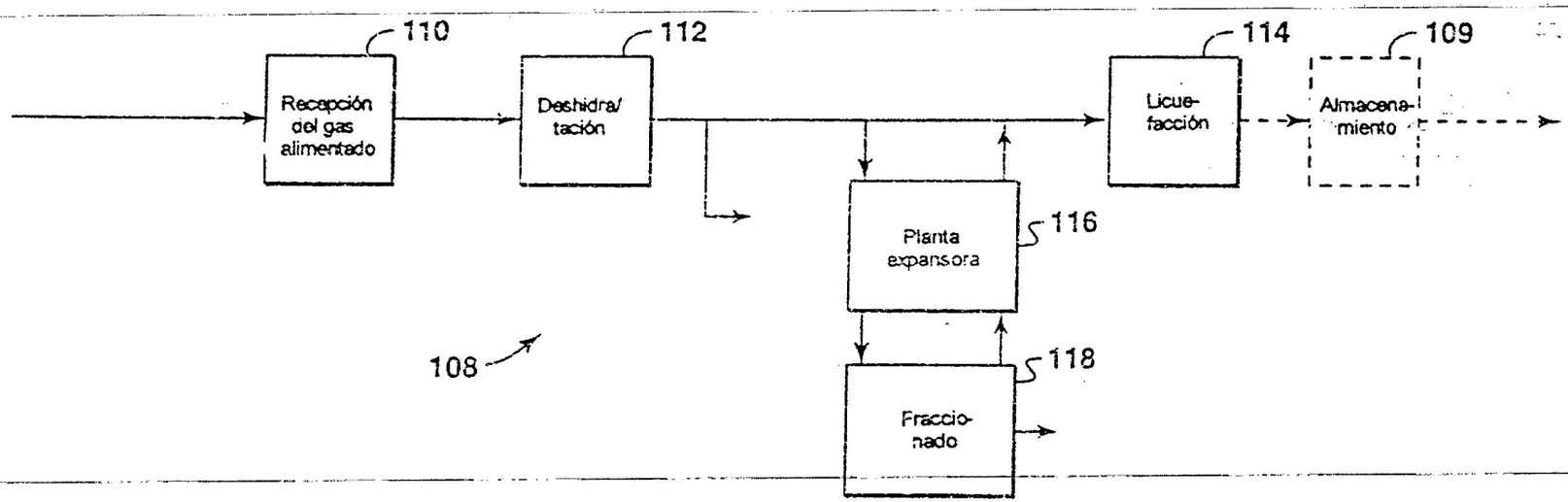


FIG. 12

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

EL SUSCRITO JEFE DEL AREA DE LEGALIZACIONES DE MINSTERIO DE RELACIONES EXTERIORES.

HACE CONSTAR

Que el señor Gabriel Rueda, se encuentra debidamente registrado ante este Ministerio, como traductor e intérprete oficial para los idiomas INGLES -ESPAÑOL, ESPAÑOL - INGLES.

Para efectos de ésta certificación el interesado presenta copia autenticada de la certificación del Ministerio de Justicia acerca de la vigencia de la resolución 2986 de 1982.

Dada en Santafé de Bogotá, D.C., a los diez y nueve días (19) del mes de diciembre de 1994.

Nelson Sánchez Torres
Jefe Area de Legalizaciones

NST/gtm.

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA
SANTAFE DE BOGOTA 20 ABR. 1999
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA
SANTAFE DE BOGOTA 08 MAR. 1999
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA
SANTAFE DE BOGOTA 03 SET. 1998
PABLO MENDEZ DAZA

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA
SANTAFE DE BOGOTA 23 NOV. 1998
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA
SANTAFE DE BOGOTA 01 JUL 1998
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA
SANTAFE DE BOGOTA 15 FEB. 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA
SANTAFE DE BOGOTA 06 ENE. 1999
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

República de Colombia

Ministerio de Justicia y del Derecho

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 20 ABR. 1999
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

EL SECRETARIO GENERAL DEL MINISTERIO DE JUSTICIA Y DEL DERECHO

CERTIFICA:

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 08 MAR. 1999
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Que por Resolución 5996 del 29 de noviembre de 1982, le fue expedida licencia para ejercer funciones de Traductor e Intérprete Oficial en los idiomas INGLES-ESPAÑOL, ESPAÑOL-INGLES a GABRIEL RUEDA CHADID, identificado con la cédula de ciudadanía No. 17.124.145 expedida en Bogotá. Que dicha resolución se encuentra vigente en la fecha.

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 13 FEB. 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

A solicitud del interesado, en Santafé de Bogotá D.C., a los 17 días del mes de noviembre de 1994.

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 23 NOV. 1998
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

JORGE LUIS SABOGAL SABOGAL

COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 23 SET 1998
PABLO MENDEZ BARAJAS

01 JUL 1998
PABLO MENDEZ BARAJAS
NOTARIO (E)

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 06 ENE. 1999
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

HAR/ramc

TRIBUNAL SUPERIOR DEL DISTRITO JUDICIAL DE SANTAFE DE BOGOTA
SECRETARIA GENERAL

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 20 ABR. 1999
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

LA SUSCRITA SECRETARIA DEL H. TRIBUNAL SUPERIOR DEL DISTRITO JUDICIAL DE SANTAFE DE BOGOTA,

C E R T I F I C A :

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 08 MAR. 1999
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

que el Acuerdo No. 183 de diciembre 3 de 1982 emanado de esta Corporación, por medio del cual dió posesión al señor GABRIEL RUEDA CHADID, identificado con Cédula de Ciudadanía número 17.124.145 de Bogotá, como TRADUCTOR E INTERPRETE OFICIAL de los idiomas INGLES-ESPAÑOL, ESPAÑOL-INGLES, en virtud de la Resolución No. 5996, se encuentra en VIGENTE.

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 15 FEB. 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Se expide en Santafé de Bogotá D.C., a dieciseis (16) de noviembre de mil novecientos noventa y cuatro (1994).

MARIA INES RODRIGUEZ TORRES
SECRETARIA

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 06 ENE. 1999
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 01 JUL 1998
PABLO MESIDE CORREA

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 08 SET. 1998
PABLO MESIDE CORREA

COMO NOTARIO SEXTO DE SANTAFE DE BOGOTA
HAGO CONSTAR
QUE LA FOTOCOPIA COINCIDE CON LA FOTOCOPIA AUTENTICA QUE HE TENIDO A LA VISTA.
SANTAFE DE BOGOTA 23 NOV. 1998
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

crm./

ExxonMobil Upstream Research Company C-98037

REF: LLC-045-2000. La presente es Traducción Oficial de un documento presentado originalmente en inglés. Esta traducción es elaborada por Gabriel Rueda Chadid (Traductor Oficial).

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

A TODOS AQUELLOS QUE LLEGAREN A LEER EL CONTENIDO DEL PRESENTE DOCUMENTO LES CERTIFICAMOS:

DEPARTAMENTO DE LOS ESTADOS UNIDOS

Oficina de Marcas y Patentes de los Estados Unidos

Febrero 04 del 2000

Se certifica que anexo se encuentra fiel copia de los Registros de la Oficina de Marcas y Patentes de los Estados Unidos correspondientes a los documentos de la patente solicitada y cuya identificación aparece más adelante, la cual cumplió con los requerimientos exigidos para que se otorgue una fecha de presentación de acuerdo con los dispuesto en la Sección 35 USC 111.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Número de Solicitud: 60/125.725

Fecha de presentación: Marzo 23 de 1999

Por autorización del

COMISIONADO DE MARCAS REGISTRADAS Y PATENTES

W. MONTGOMERY

Funcionario Encargado de Certificaciones(Hay firma y sello)

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

Indicar con un signo positivo (+) la casilla a continuación [+]

No. de Caso: 98.037

FORMATO DE SOLICITUD PROVISIONAL DE PATENTE Grandes Empresas

Requisito para presentar una solicitud provisional de patente según lo dispone el numeral 37 CFR 1.53 (c)

INVENTOR/SOLICITANTE

Nombre (primero y segundo nombre si lo hay)	Apellido	Domicilio (ciudad y estado o país)
Ronald R. Moses	Bowen Minta	Magnolia, Texas Sugar Land, Texas
Los inventores adicionales se describen en la siguiente página adjunta al presente documento.		
TITULO DEL INVENTO (280 caracteres máximo)		
SISTEMAS Y METODOS MEJORADOS PARA PRODUCIR Y ALMACENAR GAS NATURAL LICUADO Y PRESURIZADO		
DIRECCION PARA ENVIO DE CORRESPONDENCIA Dirigir toda la correspondencia a: No. de Cliente → Indicar Número de Cliente Etiqueta de Código de Barras ()		

X Empresa o persona Natural: Salvatore J. Casamassima; Marcy M. Lyles

Dirección: Exxon Production Research Company

Dirección: P.O. Box 2189

Ciudad: Houston Estado: Texas ZIP: 77252-2189

País: Estados Unidos de América Tel: 713-431-6460

Fax: 713-431-4664

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

20 JUN 2000

JUAN MIGUEL BOTERO MEDINA NOTARIO

PARTES DE SOLICITUD QUE SE ADJUNTA

X Especificaciones Número de Páginas 41

X Dibujos No. de Páginas: 9

Otros (especificar)

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

FORMA DE PAGO DE DERECHOS PARA LA PRESENTE SOLICITUD PROVISIONAL DE PATENTE (indicar uno)

Se adjunta cheque o giro para cubrir los derechos de presentación.

X: El Comisionado está autorizado para cobrar honorarios de la presentación de la Patente y acreditar el depósito a la cuenta No. 05-1328

DERECHOS PROVISIONALES DE PRESENTACION: $150.00 Dólares.

El invento fue desarrollado por una entidad del gobierno de los Estados Unidos, o bajo contrato con una entidad de dicho gobierno.

X : No

: Si. El nombre gubernamental de los Estados Unidos y Número de Contrato con el Gobierno son:

Atentamente,

FIRMADO FECHA: Marzo 23, 1999

Nombre en letra de imprenta: MARCY M. LYLES (firmado)

No. de Registro (si fuere pertinente): 33.955

Número Telefónico: 713-431-6460

USELO UNICAMENTE PARA PRESENTAR SOLICITUD PROVISIONAL DE PATENTE

ENVIAR A: Box Provisional Application, Assistant Commissioner for Patents, Washington, DC 20231

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

20 JUN 2000

JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

MML98037

REIVINDICACIONES

1. Un envase adecuado para almacenar gas natural licuado y presurizado a una presión de aproximadamente 1035 kPa (150 psia) hasta aproximadamente 7590 kPa (1100 psia) y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente, y donde el mencionado envase comprende:

(a) un recipiente porta carga elaborado a partir de un material compuesto, el cual es adecuado para resistir presiones de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y temperaturas de -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente; y

(b) un revestimiento que sustancialmente no porta la carga y que está en contacto con el mencionado recipiente, donde el revestimiento proporciona una barrera sustancialmente impermeable al mencionado gas natural licuado y presurizado.

COMO DIRECTORA DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL OTERO MEDINA
NOTARIO

2. El recipiente de la reivindicación 1 el cual está construido a partir de una serie de fibras de materiales que tienen un módulo de tensión específica superior a $6x10^5$ centímetros aproximadamente y una resistencia específica a la tensión superior a $6x10^6$ centímetros aproximadamente, donde los valores se normalizan por densidad de fibra.

3. El recipiente de la reivindicación 1 el cual se construye a partir de una serie de fibras de materiales que

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

se seleccionan a partir del grupo conformado por: (i) vidrio, (ii) aramida, (iii) carbono, (iv) kevlar, (v) carburo de silicona, (vi) filamento de boro, (vii) UHMWP, o (viii) sus mezclas.

4. El recipiente de la reivindicación 1 el cual se construye a partir de una resina matriz que tiene un módulo de desgarramiento de por lo menos 3 GPa aproximadamente y una capacidad de absorpción de energía de por lo menos 65 J/m^3 como mínimo.

5. El recipiente de la reivindicación 1 el cual comprende una matriz compuesto construida a partir de una resina que se selecciona del grupo conformado por (i) resinas epoxi multifuncionales y resinas epoxi disfuncionales que se basan en eter diglicidilo de bisfenol A, (ii) resinas epoxicas TGMDA, (iii) resinas de base amina, (iv) poliester, (v) esteres de vinilo, y (vi) furano.

6. El recipiente de la reivindicación 1 en el cual el revestimiento se construye a partir de un material seleccionado del grupo conformado por (i) lámina metálica, (ii) película sintética de polímero, (iii) lámina metalica sobre substrato polimérico, (iv) substrato de polímero con revestimiento metálico, y (v) una lámina que comprende un revestimiento metálico ubicado en medio de las capas poliméricas.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA CONCUERDA CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL GUTIERREZ MEDINA

7. El recipiente de la reivindicación 2 donde el revestimiento mencionado tiene un espesor hasta de 1 mm (0.04

G. ABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82

pulgadas).

8. El recipiente de la reivindicación 1 donde el revestimiento mencionado es una lámina que comprende por lo menos una placa de lámina de aluminio colocada entre dos láminas de milar como mínimo.

9. El recipiente de la reivindicación 1 donde el revestimiento mencionado comprende por lo menos una capa de material compuesto y por lo menos una hoja de lámina de aluminio.

10. El recipiente de la reivindicación 1 donde el revestimiento mencionado comprende un aluminio sin costuras.

11. Un recipiente adecuado para almacenar gas natural licuado y presurizado a una presión de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente, donde el mencionado recipiente comprende:

(a) un recipiente portador de carga elaborado a partir de un material compuesto, el cual es adecuado para resistir presiones de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y temperaturas de -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente; y

(b) un revestimiento metálico no portador de cargas y que está en contacto con el mencionado recipiente, donde el revestimiento metálico tiene un espesor de hasta 1mm

DEL NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA CONCUERDA CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA NOTARIO

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

(0.04 pulgadas) y proporciona una barrera sustancialmente impermeable al gas natural licuado y presurizado según se menciono anteriormente.

12. Un recipiente que comprende un revestimiento sustancialmente impermeable que en esencia no es portador de carga, y una envoltura compuesta portadora de carga, donde el mencionado recipiente es adecuado para almacenar gas natural licuado y presurizado a una presión de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente.

13. Un método para construir un recipiente adecuado para almacenar gas natural licuado y presurizado a una presión de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente, donde dicho método comprende los siguientes pasos:

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL OTERO MEDINA

(a) creación de un diseño implementable por computador para el mencionado recipiente por medio de análisis de elementos finitos que se realiza teniendo como meta la optimización de la resistencia del mencionado recipiente;

(b) la formación de un revestimiento a partir de un material sustancialmente impermeable;

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

(c) la colocación del mencionado revestimiento en un mandril;

(d) impregnado con resina de una serie de fibras de materiales que tienen un módulo específico de tensión superior a $6x10^5$ centímetros aproximadamente y una resistencia específica a la tensión superior a $6x10^6$ centímetros aproximadamente, donde los valores se normalizan por densidad de fibra, y

(e) envoltura de la mencionada serie de fibras alrededor del revestimiento mencionado a través de un equipo de enrollado que funciona con base en un computador que implementa el mencionado diseño por computador para formar un recipiente portador de carga.

14. El método de la reivindicación 13 donde el paso (d) se reemplaza por lo siguiente:

(d) impregnación con una resina a una serie de fibras de materiales que se seleccionan a partir del grupo conformado por (i) vidrio, (ii) aramida, (iii) carbono, (iv) kevlar, (v) carburo de silicona, (vi) filamento de boro, (vii) UHMWR, o (viii) sus mezclas.

NOTARIA ... DE BOGOTA. HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO DE ESTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

15. El método de la reivindicación 13 donde el paso (b) se reemplaza por lo siguiente:

(b) formación de un revestimiento a partir de un material que se selecciona del grupo conformado por: (i) una

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

lámina metálica, (ii) película de polímero sintético, (iii) lámina metálica sobre substrato polimérico delgado, (iv) substrato polimérico con revestimiento metálico, y (v) una lámina que comprende un revestimiento metálico entre las capas poliméricas.

16. El método de la reivindicación 13 donde el paso (b) se reemplaza por lo siguiente:

(b) formación de un revestimiento sustancialmente impermeable a partir de por lo menos una lámina de aluminio ubicada entre dos láminas de milar como mínimo.

17. El método de la reivindicación 13 donde el paso (b) se reemplaza por lo siguiente:

(b) formación de un revestimiento sustancialmente impermeable a partir de por lo menos una capa de material compuesto y de por lo menos una hoja de lámina de aluminio.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2008
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

18. El método de la reivindicación 13 donde el paso (b) se reemplaza por lo siguiente:

(b) formación de un revestimiento sustancialmente impermeable a partir de un aluminio sin costuras.

19. Un método para el almacenamiento de gas natural licuado y presurizado a una presión de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente, donde el dicho método comprende el paso de encerramiento del mencionado gas natural licuado y presurizado en un recipiente por lo menos, donde este recipiente comprende por lo menos (i) un recipiente de carga elaborado a partir de un material compuesto; y (ii) un revestimiento que sustancialmente no es de carga que hace contacto con el recipiente ya mencionado, y donde el revestimiento proporciona una barrera sustancialmente impermeable al ya mencionado gas natural licuado y presurizado.

20. Un sistema para la producción y almacenamiento de gas natural y presurizado que comprende:

(a) una planta de procesamiento del gas natural adecuada para la producción de gas natural licuado y presurizado a una presión de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente;

(b) por lo menos un recipiente adecuado para el almacenamiento del mencionado gas natural licuado y presurizado a una presión de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente, donde por lo menos uno de los recipientes comprende (i) un recipiente de carga elaborado a partir de un material compuesto; y (ii) un revestimiento que sustancialmente no es de carga que

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA D.C. CONSTA QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL MEDINA C.
NOTARIO

G. ABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

hace contacto con el recipiente ya mencionado, donde el revestimiento proporciona una barrera sustancialmente impermeable al ya mencionado gas natural licuado y presurizado.

21. El sistema de la reivindicación 20 que comprende además:

(c) medios para transportar por lo menos el mencionado recipiente que contiene el gas natural licuado y presurizado hasta un terminal de importación.

22. El sistema de la reivindicación 20 donde el mencionado recipiente porta carga es adecuado para resistir presiones de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente.

23. El sistema de la reivindicación 20 donde la mencionada planta de procesamiento de gas natural comprende por lo menos un componente de proceso construido a partir de un acero ultra resistente, de baja aleación que contiene menos de 9% por peso de níquel y que tiene una resistencia a la tensión superior a 830 MPa (120 ksi) aproximadamente y un DBTT inferior a -73°C (-100°F) aproximadamente.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA CONCUERDA CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA

24. El sistema de la reivindicación 20 donde la mencionada planta para el procesamiento de gas natural está conformada esencialmente por:

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

(a) instalaciones para recepción del gas de alimentación adecuadas para remover los hidrocarburos líquidos que se encuentran en el gas natural;

(b) instalaciones de deshidratación adecuadas para remover el agua que se encuentre en el gas natural; y

(c) instalaciones de licuefacción adecuadas para el licuado de gas natural.

25. Un método para la producción y almacenamiento de gas natural licuado y presurizado que comprende los siguientes pasos:

(a) la construcción de una planta de procesamiento de gas natural adecuada para producir gas natural licuado y presurizado a una presión de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente;

(b) la producción de gas natural licuado y presurizado a una presión de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente, mediante el procesamiento del gas natural utilizando la mencionada planta para el procesamiento de dicho gas natural; y

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
NOTARIO SEXTO (E) DE BOGOTA

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

(c) la descarga del mencionado gas natural licuado y presurizado a un recipiente por lo menos, donde este recipiente por lo menos es adecuado para el almacenamiento de un líquido a una presión de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente y que comprende: (i) un recipiente porta carga hecho de un material compuesto, y (ii) un revestimiento sustancialmente no porta carga que hace contacto con el mencionado recipiente y donde el revestimiento proporciona una barrera sustancialmente impermeable al mencionado gas natural licuado y presurizado.

26. El método de la reivindicación 25 que comprende además:

(c) el transporte de por lo menos este contenedor que contiene el gas natural licuado y presurizado hasta un terminal de importación.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

27. El método de la reivindicación 25 donde el mencionado recipiente porta carga es adecuado para resistir presiones de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente.

28. El método de la reivindicación 25 donde la mencionada planta de procesamiento de gas natural comprende por lo menos un componente del proceso construido a partir de

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

un acero ultra resistente, de baja aleación que contiene menos del 9% por peso de níquel y que tiene una resistencia a la tensión superior a 830 MPa (120 ksi) aproximadamente y un DBTT inferior a -73°C (-100°F) aproximadamente.

29. El método de la reivindicación 25 donde el paso de la producción del gas natural licuado y presurizado a una presión de 1035 kPa (150 psia) hasta 7590 kPa (1100 psia) aproximadamente y a una temperatura entre -123°C (-190°F) hasta -62°C (-80°F) aproximadamente, utilizando planta de procesamiento de gas natural, que consiste esencialmente en los siguientes pasos:

(a) remoción de los hidrocarburos líquidos a partir del gas natural que se encuentre en las instalaciones de recepción de gas de alimentación;

(b) remoción del agua que se encuentre en el mencionado gas natural dentro de las instalaciones de deshidratación; y

(c) licuefacción del mencionado gas natural que esta en las instalaciones de licuefacción.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE ME FUE PRESENTADO
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

La anterior es Traducción Oficial de un documento presentado originalmente en inglés. Esta traducción fue realizada por **GABRIEL RUEDA CHADID (Traductor Oficial)**. Resolución 5996 del Minjusticia, por lo cual estampo mi Sello y Firmo.

Santafé de Bogotá D.C., Marzo 7 del 2000.

GABRIEL RUEDA CHADID
TRADUCTOR OFICIAL
Resolución 5996 de Nov. 29/82
Ministerio de Justicia

JOSE LLOREDA CAMACHO & CO.

80

PA 203195

THE UNITED STATES OF AMERICA

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME:

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

United States Patent and Trademark Office

February 04, 2000

THIS IS TO CERTIFY THAT ANNEXED HERETO IS A TRUE COPY FROM THE RECORDS OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE OF THOSE PAPERS OF THE BELOW IDENTIFIED PATENT APPLICATION THAT MET THE REQUIREMENTS TO BE GRANTED A FILING DATE UNDER 35 USC 111.

APPLICATION NUMBER: *60/125,725*
FILING DATE: *March 23, 1999*

CONO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTA
DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA
FOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE
TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

By Authority of the
COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS

W. MONTGOMERY
Certifying Officer

Carrera 13 No. 27-00 Pisos 9 y 10
Conmutador 334 32 21 y 24

Type a plus sign (+) inside this → [+]

Docket Number: 98.037

APPROV 89

81

PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT COVER SHEET (Large Entity)

This is a request for filing a PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT under 37 CFR 1.53 (c).

INVENTOR(S)/APPLICANT(S)		
Given Name (first and middle [if any])	Family Name or Surname	Residence (City and either State or Foreign Country)
Ronald R.	Bowen	Magnolia, Texas
	Minta	Sugar Land, Texas

Additional inventors are being named on page 2 attached hereto

jc549 U.S. PTO 60/125725 03/23/99

TITLE OF THE INVENTION (280 characters max)

IMPROVED SYSTEMS AND METHODS FOR PRODUCING AND STORING PRESSURIZED LIQUEFIED NATURAL GAS

CORRESPONDENCE ADDRESS

Direct all correspondence to:

Customer Number [ ] → Place Customer Number Bar Code Label here

Firm or Individual Name	Salvatore J. Casamassima; Marcy M. Lyles				
Address	Exxon Production Research Company				
Address	P. O. Box 2189				
City	Houston	State	Texas	ZIP	77252-2189
Country	United States of America	Telephone	713-431-6460	Fax	713-431-4664

ENCLOSED APPLICATION PARTS (check all that apply)

- [X] Specification — Number of Pages: 41
- [X] Drawing(s) — Number of Sheets: 9
- [ ] Other (specify)

METHOD OF PAYMENT OF FILING FEES FOR THIS PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT (check one)

- [ ] A check or money order is enclosed to cover the filing fees
- [X] The Commissioner is hereby authorized to charge filing fees or credit any overpayment to Deposit Account Number: 05-1328

FILING FEE AMOUNT: $150.00

The invention was made by an agency of the United States Government or under a contract with an agency of the United States Government.

- [X] No.
- [ ] Yes, the name of the U.S. Government agency and the Government contract number are: _____

Respectfully submitted,

SIGNATURE Marcy M. Lyles DATE March 23, 1999

TYPED or PRINTED NAME Marcy M. Lyles REGISTRATION NO. (if appropriate) 33,955

TELEPHONE 713-431-6460

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

20 JUN 2000

JUAN MANUEL BOTERO MEDINA NOTARIO

USE ONLY FOR FILING A PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT

SEND TO: Box Provisional Application, Assistant Commissioner for Patents, Washington, DC 20231

Express Mail Label No. EJ380797213US [Page 1 of 1]

P19LARGE/REV04

Fecha: _____

Carrera 13 No. 27-00 Piso 5 y 10

PROVISIONAL PATENT APPLICATION

IMPROVED SYSTEMS AND METHODS FOR PRODUCING AND STORING PRESSURIZED LIQUEFIED NATURAL GAS

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to improved systems and methods for producing and storing pressurized liquefied natural gas (PLNG) and, more particularly, to such systems and methods that synergistically combine the advantages of a natural gas processing plant for producing PLNG, with the advantages of novel composite containers for storing and transporting PLNG. More specifically, the present invention relates to such improved systems and methods that use a container comprising a load-bearing vessel made from a composite material and a substantially impermeable, non-load-bearing liner in contact with the vessel.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Various terms are defined in the following specification. For convenience, a Glossary of terms is provided herein, immediately preceding the claims.

United States Patent Application Number 09/099268 (the "PLNG Patent Application"), having International Patent Application Number PCT/US98/12726 and International Publication Number WO 98/59085, and entitled "Improved System for Processing, Storing, and Transporting Liquefied Natural Gas", describes containers and transportation vessels for storage and marine transportation of pressurized liquefied natural gas (PLNG) at a pressure in the broad range of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature in the broad range of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F). Containers described in the PLNG Patent Application are constructed from ultra-high strength, low alloy steels containing less than 9 wt% nickel and having tensile strengths greater than 830 MPa (120 ksi) and DBTTs (a measure of toughness, as defined in the Glossary) lower than about -73°C (-100°F). As discussed in the PLNG Patent Application, at the preferred operating pressures and temperatures of the invention described therein, about 3½ wt% nickel steel can be used in the coldest operating areas of a PLNG plant for the process piping.

NOTARIO SESTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA. HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

and facilities, whereas more expensive 9 wt% nickel steel or aluminum is generally required for the same equipment in a conventional LNG plant (i.e., a plant for producing LNG at atmospheric pressure and about -162°C (-260°F)). Preferably, high strength, low alloy steels with adequate strength and fracture toughness at the operating conditions of the PLNG plant, are used to construct the piping and associated components (e.g., flanges, valves, and fittings), pressure vessels, and other equipment of the PLNG plant in order to provide economic advantage over a conventional LNG plant. United States Patent Application Number 09/099569 (the "Process Component Patent Application"), having International Patent Application Number PCT/US98/12725, and entitled "Process Components, Containers, and Pipes Suitable For Containing and Transporting Cryogenic Temperature Fluids", describes process components, containers, and pipes suitable for containing and transporting cryogenic temperature fluids. More particularly, the Process Component Patent Application describes process components, containers, and pipes that are constructed from ultra-high strength, low alloy steels containing less than 9 wt% nickel and having tensile strengths greater than 830 MPa (120 ksi) and DBTTs lower than about -73°C (-100°F). The PLNG Patent Application and the Process Component Patent Application are hereby incorporated herein by reference.

The patent applications referenced above utilize ultra-high strength, low alloy steels as the connecting theme between the PLNG plant and the containers used for storing and transporting the PLNG. If use of the steels for constructing the containers did not provide a commercially viable means for storing and transporting the PLNG on marine vessels, then any use of the steels in the plant would be meaningless since there would be no mechanism for commercially transporting the PLNG produced by the plant. Conversely, while use of the steels in the PLNG plant generates some economic savings over conventional LNG operations, the most substantial economic benefit is derived from the enormous simplification (and consequent cost reductions) in the plant. Because of its relatively simple design, the PLNG plant is substantially cheaper than a conventional LNG plant of similar capacity. Additionally, while use of the steels in the PLNG transportation system is commercially viable and does generate

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCUITO DE SANTAFE DE BOGOTA DAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA CONCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

some economic savings over conventional LNG operations, the weight of the steel containers is high compared to that of its PLNG cargo, resulting in a relatively low cargo-carrying capacity performance factor (PF). The PF for compressed fluid storage containers relates the pressure exerted by the cargo (P) to the volume (V) of the container and the weight (W) of the container by the equation PF=PV/W. What is currently missing from the all-steel PLNG system (i.e., plant plus transportation) is a combination of the PLNG plant with a low cost, higher PF, container-based transportation system that is capable of handling PLNG.

U.S. patent 3,830,180 ("Bolton") discusses use of a double-walled, composite cylindrical vessel configuration for transport of regular LNG, i.e., LNG at atmospheric pressure and at temperatures of about -162°C (-260°F). The cylindrical vessel configuration is preferred because it maximizes use of the space available in a transportation vessel. However, the load-bearing, inner wall of Bolton's vessel is designed for a maximum pressure of approximately 50 to 60 pounds (psi) and, thus, Bolton's vessel is not suitable for transport and storage of PLNG. Additionally, although Bolton's cylindrical vessel configuration may appear, theoretically, to improve the cargo-carrying capacity performance factor (PF) for transport of PLNG over that of the steel containers described in the PLNG Patent Application, Bolton's design has several economic and technical limitations on size, fabrication methodology, and reliability. The use of a weldable homogeneous material for partial load bearing reduces the potential weight savings associated with a composite vessel design. Moreover the double-walled concept unduly increases the effective wall thickness, complicates the overall fabrication methodology, decreases the technical and economic feasibility of the design, and results in poor utilization of the space available on a ship for transporting cargo. Further, the design by Bolton requires the use of a homogeneous material that can be welded to form the load-bearing, inner vessel wall, which consists of two domes welded to a cylindrical mid-section. The stress concentration associated with the two welds warrants protection of the welds by using a complicated pre-stressed stay-tube arrangement. Finally, the welds in Bolton's vessels are potential sources of pitting and, consequently, of premature failure.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE
TOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Both U.S. patent 5,577,630 (Blair et al.) and U.S. patent 5,798,156 (Mitlitsky et al.) describe lined, composite pressure vessels for storing and transporting compressed natural gas. Blair et al. discusses pressure vessels manufactured by overwrapping a liner with a composite layer using filament winding, tube rolling, tape wrapping, automated fiber placement, or another method familiar to those of skill in the art, to obtain a vessel configuration which approximates a rectangular volume for use in compressed natural gas ("CNG") vehicles. U.S. patent 5,499,739 (Greist, III et al.) discusses a thermoplastic liner made of a modified nylon 6 or nylon 11 material for use in a pressure vessel to control gas permeation and allow operation at low temperatures, the low end of which is stated to be -40°F. The vessels of Greist, III et al. are made by a method of overwrapping filaments in a predetermined pattern around the thermoplastic liner for improved mechanical properties and processing. U.S. patent 5,658,013 (Bees et al.) discusses a fuel tank for vehicles for holding and dispensing both a liquid and gaseous fuel, and suggests that fully-composite or fiberglass reinforced materials could be used in construction thereof. The liquid fuels discussed in the patent are conventional liquid fuels at ambient temperature and pressure. Both Bees et al. and Mitlitsky et al., previously discussed, propose precious metal-coated polymer-based liners that provide further enhancements in performance factors of their tanks/vessels. However, the complexity and hence high cost of the metal deposition process and the liner fabrication process make the tanks/vessels of Bees et al. and Mitlitsky et al. suitable primarily for applications where maximized payload-carrying capacity is the primary objective and, thus, low tank/vessel weight is of very high premium. U.S. patent 5,695,839 (Yamada et al.) discusses a composite container which is required to have a gas barrier property, wherein the packaging material for constituting such a container is caused to have a laminate structure, and a layer of an aluminum foil is disposed or interposed in the laminate structure. However, none of the containers discussed in these publications are designed for containing fluids that are at both cryogenic temperatures (less than -40°C (-40°F)) and high pressures, such as the temperatures and pressures of PLNG.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

S. G. Ladkany, in "Composite Aluminum-Fiberglass Epoxy Pressure Vessels for Transportation of LNG at Intermediate Temperature", published in Advances in Cryogenic Engineering, Materials, volume 28 (Proceedings of the 4th International Cryogenic Materials Conference), San Diego, California, USA, 10 Aug 1981 - 14 Aug 1981, discusses the design of pressure vessels for the transportation of liquefied natural gas (LNG) at temperature and pressure conditions between the critical conditions, 191 K, 4.69 MPa (-116°F, 680 psi) and atmospheric conditions 106 K, 0.1 MPa (-268°F, 14.7 psi). Ladkany discusses in his paper that a liquid nitrogen containing, aluminum-composite vessel, of the type with a thin metal liner totally surrounded by and bonded to the overwrap covering it, was successfully tested at the Beech Aircraft Corporation. However, Ladkany opts for a large (6 m (20 ft)) diameter cylindrical, 47 mm (1.85 in) thick, welded aluminum pressure vessel for containing the intermediate temperature LNG. Ladkany's aluminum vessel is circumferentially reinforced with 17 mm (.67 in) thick layers of high strength fiberglass epoxy or 51 mm (2 in) thick layers of pultruded glass polyester overwrap and stiffened against buckling by circumferential frames that are placed at 2.16 m (7.1 ft) intervals. The stiffening frames are also used for structurally supporting and fastening the free-standing vessel during transportation and operation.

In spite of the aforementioned advances in technology, systems and methods for producing and storing pressurized liquefied natural gas (PLNG) that synergistically combine the benefits of the PLNG processing plant, for producing PLNG, with low cost containers having a substantially improved PF, for storing and transporting PLNG, do not currently exist. It would be advantageous to have such systems and methods.

Therefore, an object of this invention is to provide such systems and methods. Other objects of this invention will be made apparent by the following description of the invention.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

87

SUMMARY OF THE INVENTION

Consistent with the above-stated objects of the present invention, systems and methods for producing and storing pressurized liquefied natural gas (PLNG) are provided, wherein the systems and methods include (a) a natural gas processing plant suitable for producing pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F); and (b) at least one container suitable for storing the pressurized liquefied natural gas, the at least one container comprising (i) a load-bearing vessel made from a composite material and (ii) a substantially non-load-bearing liner in contact with the vessel, said liner providing a substantially impermeable barrier to the pressurized liquefied natural gas. The load-bearing vessel is suitable for withstanding pressures of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and temperatures of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F).

DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The advantages of the present invention will be better understood by referring to the following detailed description and the attached drawings in which:

FIG. 1 provides an overview of the systems and methods of the present invention;

FIG. 2 illustrates, with cut-away views, a container according to the present invention;

FIG. 3 illustrates a cross section of a container of this invention having a spherical geometry;

FIG. 4 illustrates a cross section of a container of this invention having an oblate spheroidal geometry; and

FIG. 5 illustrates a cross section of a container of this invention having oblate spheroidal half domes attached to a relatively short cylindrical section.

FIG. 6 is a vertical transverse cross section of a PLNG transportation vessel hull illustrating an arrangement of two PLNG containment systems having oblate

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

spheroidal geometries and arranged side by side along the beam of the transportation vessel hull;

FIG. 7A illustrates a front, cross sectional view of a PLNG containment system having a spherical geometry and located in a PLNG transportation vessel hull;

FIG. 7B illustrates a side, cross sectional view of an arrangement in a PLNG transportation vessel hull of several PLNG containment systems having spherical geometries;

FIG. 7C illustrates a top, cross sectional view of an arrangement in a PLNG transportation vessel hull of PLNG containment systems having spherical geometries;

FIG. 8 illustrates a vertical transverse cross section through a PLNG transportation vessel hull containing several PLNG containment systems having cylindrical geometries with varying heights;

FIG. 9 illustrates a vertical transverse cross section through a PLNG transportation vessel hull containing several PLNG containment systems having cylindrical geometries with the same heights;

FIG. 10A illustrates a front, cross sectional view of an arrangement in a PLNG transportation vessel hull of horizontally-situated PLNG containment systems having cylindrical geometries;

FIG. 10B illustrates a side, cross sectional view of an arrangement in a PLNG transportation vessel hull of horizontally-situated PLNG containment systems having cylindrical geometries;

FIG. 10C illustrates a top, cross sectional view of an arrangement in a PLNG transportation vessel hull of horizontally-situated PLNG containment systems having cylindrical geometries;

FIG. 11 (PRIOR ART) schematically illustrates an exemplary plant for processing conventional LNG; and

FIG. 12 schematically illustrates an exemplary plant for processing PLNG according to the present invention.

While the invention will be described in connection with its preferred embodiments, it will be understood that the invention is not limited thereto. On the

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA ES FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

42
89

contrary, the invention is intended to cover all alternatives, modifications, and equivalents which may be included within the spirit and scope of the invention, as defined by the appended claims.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Consistent with the objects of this invention, a system is provided for producing and storing pressurized liquefied natural gas. The system comprises: (a) a natural gas processing plant suitable for producing pressurized liquefied natural gas (PLNG) at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F); and (b) at least one container suitable for storing the PLNG, the at least one container comprising (i) a load-bearing vessel made from a composite material; and (ii) a substantially non-load-bearing liner in contact with the vessel, the liner providing a substantially impermeable barrier to the PLNG. The load-bearing vessel is suitable for withstanding pressures of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and temperatures of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F). The system of this invention also preferably includes (c) means for transporting the at least one storage container, preferably to an import terminal (as defined in the Glossary). Additionally, a method of producing and storing pressurized liquefied natural gas is provided. The method comprises the steps of: (a) constructing a natural gas processing plant suitable for producing pressurized liquefied natural gas (PLNG) at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F); (b) producing PLNG using the processing plant; and (c) delivering the PLNG to at least one container, wherein the at least one container is suitable for storing a liquid at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F) and comprises (i) a load-bearing vessel made from a composite material; and (ii) a substantially non-load-bearing liner in contact with the vessel, the liner providing a substantially impermeable barrier to the PLNG. The method of this invention also preferably includes the step of: (c) transporting the

EXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA. HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2002
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

93
90

at least one storage container, preferably to an import terminal (as defined in the Glossary)

As used herein, "composite" or "composite material" means, broadly, a structural material comprising fibers embedded in an adhesive. For example, without hereby limiting this invention: (i) the fibers can include fibers made from materials such as polymers, carbon, glasses, ceramics, and/or metals; and (ii) the adhesive can include resins, such as epoxy resins, particularly cryogenic epoxy resins. As used herein, the term "natural gas" means a gaseous mixture of hydrocarbons, originally generated below the surface of the earth, which comprises primarily methane and may also comprise ethane, propane, butane, higher hydrocarbons, and/or impurities, including without limitation, nitrogen, carbon dioxide, hydrogen sulfide, and helium. As used herein, "constructing a natural gas processing plant suitable for producing pressurized liquefied natural gas" includes any activity taken to ready a plant to produce PLNG, including without limitation retrofitting an existing plant or building a new plant.

Systems and Methods of the Present Invention

The present invention is advantageous in that it synergistically combines the advantages of a natural gas processing plant for producing PLNG, with the advantages of novel composite containers for storing and transporting PLNG. Referring now to FIG. 1 for a non-limiting overview of the systems and methods of the present invention, natural gas produced from remote natural gas resource 200 is transported to natural gas processing plant 205 via means know to those skilled in the art, e.g., via natural gas pipeline 210. Natural gas processing plant 205 is advantageously a PLNG processing plant according to the present invention, and consists essentially of feed gas reception facilities, dehydration facilities, and liquefaction facilities. PLNG processing plant 205 preferably is located near export terminal 215 having low cost, composite storage containers 220. Any one of composite storage containers 220 preferably comprises a load-bearing vessel made from a composite material, and a substantially non-load-bearing liner in contact with the vessel, the liner providing a

COPIA NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE
DE BOGOTA CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE
20 JUN 2000
JUAN MANUEL OTERO MEDINA
NOTARIO

94
91

substantially impermeable barrier to the PLNG, according to the present invention. In one embodiment of this invention, composite storage containers 220 containing PLNG are loaded onto marine transportation vessel 230, transported across the sea 232 to import terminal 235, and unloaded onto import terminal 235 for use by consumers. Thus, via this invention, natural gas from remote natural gas resource 200 is cost-effectively converted to PLNG and transported for use by consumers.

Composite PLNG Containers

A container suitable for storing pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F) is provided. Such a container comprises: (a) a load-bearing vessel made from a composite material, the vessel being suitable for withstanding pressures of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and temperatures of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F); and (b) a substantially non-load-bearing liner in contact with the vessel, the liner providing a substantially impermeable barrier to the pressurized liquefied natural gas.

Load-Bearing Vessel

Preferably, the load-bearing composite vessel of a container of the present invention is constructed from high performance fibers having the following properties: dimensional stability, structural integrity, high tensile strength, high tensile modulus or stiffness, and low cost, among others, as will be apparent from this description of the invention. These high performance fibers preferably are of materials having a specific tensile modulus greater than about $6x10^5$ centimeters and a specific tensile strength greater than about $6x10^6$ centimeters, where values are normalized by fiber density.

Fibers that may be utilized in constructing the load-bearing vessels of containers of the present invention include, without limiting this invention, fibers of materials, such as, glass (e.g., E-glass and S-glass), aramid, carbon, and kevlar, in addition to others such as silicon carbide, boron filaments, and ultra-high molecular

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL [illegible] MEDINA
NOTARIO

95
97

weight polyethylene ("UHMWP"), where said UHMWP preferably has a molecular weight greater than about 10^6.

Preferably, the composite vessels of containers of the present invention are constructed using resins, preferably thermo-setting resins, to form a matrix and provide a substantially uniform load distribution to the fibers. Preferably the matrix resin has the following properties: good adhesion between matrix and fiber and easy fiber impregnation; low viscosity and good fiber-wetting characteristics; high tensile modulus and good shear modulus at cryogenic temperature conditions; good energy absorption characteristics and fracture toughness or ductility to maximize damage tolerance. Preferably, the resin has a shear modulus of at least about 3 Giga-Pascals (GPa) and an energy absorption capability of at least about 65 J/m^3.

Resins that may be utilized in constructing the matrix for the load-bearing vessels of containers of the present invention include, for example, without thereby limiting this invention, the class of thermo-setting resins such as multifunctional epoxy resins and difunctional epoxy resins based on diglycidyl ether of bisphenol A, tetraglycidyl methylene dianiline ("TGMDA") epoxy resins, and aromatic/heterocyclic glycidyl amine resins. The resins are preferably cryogenic epoxy resins. Curing agents for the resins may be basic (e.g., amine based) or acidic (e.g., anhydride, polyphenol, or poly thiol based) co-reactants. Additionally, curing agents may be catalytic, such as tertiary amines. Further, the matrix resin may include thermoset resins enhanced by thermoplastic resins such as polysulfone, polyetherimide, or polyhydanzion. These may be amine-based resins, polyester, vinyl esters, or furan. Preferably, the composite used in constructing a vessel of the present invention is substantially non-metallic, and even more preferably, is non-metallic.

As is known to those skilled in the art, a composite container is typically constructed by impregnating selected fibers with a selected adhesive and wrapping the impregnated fibers over a mandrel of a selected diameter. Wrapping is continued until a desired wall thickness for the container is obtained. As is also known to those skilled in the art, in some instances a liner material is placed on the mandrel prior to

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOLAÑO MEDINA
NOTARIO

93

beginning wrapping of the impregnated fibers to form a composite vessel over-wrapping the liner.

Non-Load-Bearing Liner

Preferably, the liners of containers of the present invention have relatively thin walls and do not have any load-bearing capability. The liners are constructed from substantially impermeable materials having the following properties: toughness at cryogenic temperatures, tear resistance, gas permeation rates preferably lower than $1x10^{-5}$ standard cubic centimeters per second of helium, and mechanical integrity, among others as will be apparent from this description of the invention.

Substantially impermeable materials that may be utilized in constructing the liners of containers of the present invention include, for example, without thereby limiting this invention, at least one sheet of: a metallic foil, a synthetic polymer film, a metallic foil on thin polymeric sheet or substrate, a metal-coated polymer substrate, or a laminate comprising a metallic liner sandwiched between polymeric layers. Suitable metallic foils include, for example, without thereby limiting this invention, aluminum, preferably seamless aluminum, and stainless steel. The primary purpose of the liner is to serve as a permeation barrier to the PLNG cargo; and the liner need only have sufficient thickness to serve this purpose. Additionally, the liner should be sufficiently strong so that it can be handled without being torn, especially during initial winding of the composite.

In one embodiment of a container according to this invention, a seamless aluminum liner is used as a cargo, e.g., PLNG, permeation barrier. In this embodiment, the seamless aluminum liner preferably has a thickness of only up to about 1 mm (0.04 in), and more preferably only about .5 mm (0.02 in) to about 1 mm (0.04 in). A seamless metal liner is particularly preferred for this invention since no welding of the metal is required. Avoiding weld seams in the liner is preferred to avoid the pitting and other problems associated therewith. However, conventional forming processes for seamless aluminum, such as cold-forming, tend to limit the size of seamless aluminum, thus limiting the diameter of a container having a seamless

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Abstract

[illegible]

[illegible]

Construction of Conductors

[illegible]

96

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

110

[illegible]

[illegible]

Composite vessel 12 may be constructed from any fiber/resin combination suitable for the application at hand. Fibers that may be utilized, for example, without in any limiting this invention, include glass, aramid, carbon, kevlar, boron, silicon carbide, and polymide matrix composites.

Table 1, below, compares key parameters for a typical steel container versus a typical composite container according to this invention, and highlights primary advantages of this invention. The steel container and the composite container compared in Table 1 both have a diameter of 4.0 m (14 ft) and a length of 40.7 m (133 ft). As believing in Table 1, the thermal conductivity of the composite is better than that of the steel by more than an order of magnitude. Additionally, the weight of the composite container of this invention is less than 50% of the weight of a comparable steel container. This, due to the lower weight of the composite container, the draft of a typical plate transportation vessel carrying a given cargo in a composite container is reduced compared to the draft of a transportation vessel carrying the same cargo in comparable steel containers. The plate transportation vessel hull steel requirements are reduced correspondingly. Also, the EP for the composite container is about then a times greater than the EP for the steel container, e.g., about 9000 m (29.5 x 10^3 in) vs. about 1400 m (4.6 x 10^3 in).

[redacted]

[redacted]	[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]	[redacted]

Alternative Embodiments for Containers

Alternative embodiments of the container of this invention are shown in Figs. 5 through 8. Alternative geometric shapes for a container according to this invention

?
0

[illegible]

include a standard spherical shape as illustrated in FIG. 4, an oblate spheroid with
[illegible] aspect ratio as illustrated in FIG. 5, or a [illegible] the combination of oblate
spheroidal half domes attached to a cylindrical sheet [illegible] as illustrated in
FIG. 6, all as contrasted to the standard cylindrical configuration shown in FIG. 1. The
flexibility afforded by automated winding machines and the direct computer linkage
of the design steps and fabrication processes offer the container configurations to
be optimized for structural performance. As in addition to these of all in the art, the
spherical configuration for a steel container tends to optimize the material usage
and eliminate the oblate spheroid configuration for a container according to this
invention tends to optimize composite material usage. Either geometric shapes such
as a cylinder generally require more material for a composite than steel and
composite but also generally utilize available space for a transportation vessel more
efficiently than the spherical and oblate spheroid configurations. However, the
application of composite materials to the fabrication of containers for transportation of
[illegible] the optimum design is probably based on a trade off and economic
optimization of the total [illegible] transportation system including the container
according to this invention, the [illegible] transportation vessel and the attributed
subsystems. The optimization process for [illegible] plug [illegible] the
pipe valves & fittings subsystems, [illegible] other subsystems required [illegible] for safe
system operation, [illegible] support structures subsystems, [illegible] container structure [illegible]
impact to the hull of the transportation vessel, and [illegible] arrangement of the containers
in the transportation vessel.

Insulated Containers

When the composite containers described herein are used to contain
[illegible] applications such as [illegible] a system of radioactive [illegible] based distribution of [illegible]
[illegible] or other [illegible] composite fluids as also used in International Patent Application
Number [illegible] having International Publication Number [illegible] entitled "System for Distribution and Use of Hydrogen Fuel Gas and Improved [illegible] Application" [illegible] Application [illegible]

7
0

incorporated herein by reference, and (ii) in fuel storage and delivery systems for storing PLNG fuel and delivering vaporized PLNG fuel on demand for combustion in an engine, as discussed in International Patent Application Number PCT/US98/12741, having International Publication Number WO 98/59164, entitled "LNG Fuel Storage and Delivery Systems for Natural Gas Powered Vehicles", and having U.S. Application Number 09/099,??8, which Application is hereby incorporated herein by reference, the containers preferably have appropriate insulation. Also, pipes and other components of such systems constructed from the composite systems (i.e., fiber, resin, curing agent combinations), described herein, preferably include appropriate insulation. For the avoidance of doubt, containers according to this invention that are used in marine transportation systems may be insulated if desired; however, insulation is typically not necessary because insulation is incorporated in the hold of the marine transportation vessel.

However, in certain applications, e.g., the vehicular fuel application mentioned in the preceding paragraph, insulation is preferred to minimize loss of PLNG cargo, and to prevent cryo pumping of liquefied air onto the cryogenic external surface of the composite container, pipe, or other component. The insulation is preferably compatible with the composite material. The insulation must also have good adhesion characteristics at cryogenic conditions in order to prevent cracking or disbonds that might otherwise result from repeated thermal cycling. Further, the insulation should have cryogenic strain compatibility with the composite material. For PLNG, the temperature change during thermal cycling can be in the range of about 80°F to about 140°F (10°F to 60°F), resulting in a relative strain of 2000 to 3000 micro inches per inch purely due to temperature change. This strain is accumulated by the mechanical strain resulting from pressurization of the container or pipe (caused by the PLNG cargo). For most plastic closed cell foams, the thermal mismatch or coefficient of thermal expansion (CTE) difference between the foam and the composite substrate may be as high as 50×10^{-6} inches per inch of strain per degree Fahrenheit of temperature change. Preferred insulation materials will have CTE difference an order of magnitude lower than these closed-cell foam insulating materials. The insulation

material should also have good dimensional stability at low temperatures as well as acceptable thermal conductivity. Preferred insulation will have thermal conductivity lower than 0.08 Watts/m-K (0.054 Btu/hr-ft-°F). In summary, the preferred characterization of the insulation material are: structural (tensile, shear, and compressive) integrity at cryogenic temperatures, cryogenic strain compatibility, cryogenic fracture and proof attenuation (in comparison attributes of cryogenic conditioned, dimensional stability (low shrinkage), and acceptable thermal conductivity.

Several classes of compounds may be used as insulation. A group of these materials such as polypropylenes and polyurethanes that cannot attain cold temperature and thermal conductivity requirements but which generally show suitability under vacuum may be used in these non-cryovacuum applications. Some non-traditional foams, such as polyurea, may be used inside a hermetically sealed and polytetrafluoroethylene may be layered to provide an optimal-performing insulation laminate for application on their relative performance with respect to attainment of cryogenic attributes versus equilibrium moisture content. Removable foams of polytetrafluoroethylene and polyurethane may also be used for ease of application as well as available forms of polyurethane insulations. Thermoplastic or thermoset resins may be applied, after the winding of the composite pipe or tank, and cured to provide the thermal insulation. These resins have low water absorption rate to make them attractive for many applications. Preferred resins may include [illegible] from Composites Technology Development Inc., a two-part epoxy resin that may be sprayed or applied on the final plies of the pipe or tank winding process.

Arrangements of Composite Pipes Containers on a Pipeline Transport Vessel

Different arrangements of the cryogenic pressurized composite pipes in a pipeline transportation vessel for use in the systems and methods of the present invention are shown in FIGS. 8 through 10A. For example, FIG. 8 illustrates two composite pipes or containers 80 and 82 according to this invention, placed in the hull of a pipeline transportation vessel, with supports 84 and 86 positioned to appropriate attachment. FIGS. 9A, 9B, and 9C illustrate an exemplary pipeline

transportation vessel designed to carry 81-104. This accompanying 81-104 suction transportation vessel 80 holds from 1 to 5 compressible containers 82 with standard optional designs. The number and dimensions of the compressible containers required to carry a given shipment of 81-104 are dependent upon factors that will be familiar to those skilled in the art, such as the density of the 81-104, the target ship capacity, and the ship's propulsion power, to give a few examples without thereby limiting this invention. The orientations of compressible containers inside a 81-104 suction transportation vessel (ship) transform the transportation vessel hull ships design and therefore the hydrodynamics, i.e., drag or speed, of the transportation vessel. In general, a given hull design achieves the drag on the transportation vessel and improves the power-speed characteristics of the transportation vessel. For the optimal arrangement of compressible containers in a transportation vessel, there is a trade off between height of containers and hull shape. Referring now to FIG. 8, the height of compressible containers 84 and 86, located in hull 88, is optimal relative to the height of compressible containers 81 and 90, also located in hull 88, to optimize a given ships design for hull 88. In FIG. 8, all the other items, all the compressible containers 80, 81, 82, and 84 are substantially the same height, resulting in a less than optimal, here ships for hull 84. For a given ship plan (ventilation area for compressible containers) on a suction transportation vessel, the containers arrangement illustrated in FIG. 8 substantially maximizes the volume of the capacity of transportation vessel given for payload contained in the containers arrangement illustrated in FIG. 8. Conversely, the containers arrangement illustrated in FIG. 8 substantially transportation vessel drag at the capacity of total container volume contained in the containers arrangement illustrated in FIG. 8. Alternatively, a horizontal orientation for compressible containers on a transportation vessel maximizes the cargo volume and results in a given hull in the transportation vessel, as illustrated in FIGS. 10A, 10B, and 10C. The dimensions of horizontally oriented compressible containers 96 are designed to maximize the beams of transportation vessel 98. Referring now to FIG. 10B, the heights of horizontally oriented compressible containers 96 are preferably designed about that would compressible containers 96 must be supported at four points, e.g., points 97 and 99. In view of the

[illegible] position of a PLEM transportation vessel, a simple two point adjacent system is preferred for intermittently oriented components maintenance kit, as will be familiar to those skilled in the art. As will also be familiar to those skilled in the art, the two point adjacent system imposes limitations on the location of components maintained kit. When a present template permits storage capacity close to prescribed by components maintenance of the location allowed by a two point adjacent system, a considerable increase in adjacent system consistently enables the use of components maintenance of longer location.

An advantage of the present invention is that, in general, costs associated with accommodating a similar transportation vessel to transport components PLEM maintenance according to the present invention, are less consistent to costs associated with accommodating a similar transportation vessel to transport steel PLEM maintenance. The reduced cost is due primarily to a reduction in support required to support the components PLEM maintenance as compared to steel PLEM maintenance. In addition, associated systems are less complicated. Since the transportation vessel is lighter, less steel is required in the hull and less power is required to propel the vessel.

Components maintenance that are used in conditions and systems according to this invention may be translated if desired, however, translation is typically not necessary because translation is accomplished in the field at the similar transportation vessel. When translation of the maintenance is desired, the maintenance may be translated, e.g., according to the description provided in the Components Maintenance Patent Application.

PLEMs Plants

The novel components maintenance of this invention avoids handling the PLEM permanently and transporting systems with maintenance of the present invention, whereby problems and steps PLEM at a pressures in the normal range of about [illegible] to about [illegible] and at a temperature in the range of about [illegible] to about [illegible]. Preferably, PLEMs is positioned and stored at a pressures in the range of about [illegible] to about [illegible] and at a temperature in the range of about [illegible] to about [illegible]. When

[illegible] pressure of about 414 bar (6000 psia) to about 4140 bar (60000 psia) and at a temperature in the range of about [illegible] (100°F) to about [illegible] (1000°F). Even under pressurable, the lower ends of the pressure and temperature ranges for PLNG are about 4 bar (1000 psia) and about [illegible] (100°F). Within the mentioned ranges, ideal temperature and pressure conditions are dependent upon the composition of the natural gas being liquefied and upon economic considerations. A person skilled in the art may determine the ideal or recommended parameters for selection of standard industry specifications and/or maximizing equilibrium boiling point enhancement. Additionally, a person skilled in the art may determine and analyze the impact of the different economic considerations for selecting to standard industry specifications. For example, one economic consideration is that as the temperature of the PLNG gets colder, refrigeration horsepower requirements increase; however, colder temperatures of the increased pressures for PLNG also increase the density of the PLNG and, therefore, reduce the volume that must be transported. As the temperature of the PLNG gets warmer, and the pressure increases, more steel is required to storage and transport containers, but the refrigeration costs decrease and the plant efficiency increases.

The following description focuses primarily on the environmentally advantageous utilization of a system of the present invention as integrated in a conventional system for processing LNG. FIG. 10 illustrates schematically an exemplary plant for processing PLNG according to the present invention. For comparison purposes, FIG. 11 illustrates schematically an exemplary plant for processing conventional LNG. As shown in FIG. 11, an exemplary plant for processing conventional LNG includes feed gas reception equipment 100, gas treating equipment 102, dehydration/mercury removal equipment 104, refrigeration equipment 106, heat cycle equipment 108, fractionation equipment 110, liquefaction equipment 112, and nitrogen rejection equipment 114. While standard natural gas liquefaction equipment can be advantageously utilized in a processing plant for the present invention, several steps required in a conventional LNG plant can be eliminated, and energy needed for cooling the natural gas is greatly reduced. Thus, in the PLNG processes, natural gas that

will not contain in the liquid phase during treatment of conventional LNG, which is at atmospheric pressure. Moreover amounts of nitrogen in the inlet gas need not be removed in the FLNG plant. The heavies fractionation will contain in the liquid phase with the liquefied hydrocarbons at the operating pressures and temperatures of the FLNG process. Additionally, mercury is removed in a conventional LNG plant but the mercury removal equipment (MR) within the FLNG plant 100 operates at much warmer temperatures than a conventional LNG plant and, therefore, aluminium plate-fin heat exchangers may be used in the condensate, propane, and ethane equipment of the FLNG plant 100, mercury removal equipment will generally not be required in the FLNG plant 100. The ability to omit the equipment required for gas treating, nitrogen rejection, and mercury removal when the composition of the natural gas allows, provides significant technical and economic advantages.

The processes described in the following publications and co-pending patent applications may be used in the FLNG plant 100: (i) "Improved Process for Liquefaction of Natural Gas", U.K. Application Number GB/0300446 and International Publication Number WO 03/062716; (ii) "Improved Multi-Component Refrigeration Process for Liquefaction of Natural Gas", U.K. Application Number GB/0300447 and International Publication Number WO 03/062717; (iii) "Process for Liquefying a Natural Gas Stream Containing at Least One Freezable Component", U.K. Application Number GB/0306968 and International Publication Number WO 03/071206; (iv) "Improved Cascade Refrigeration Process for Liquefaction of Natural Gas", U.K. Application Number GB/0306969 and International Publication Number WO 03/073017; (v) "Hydraulic Refrigeration Process", U.K. Provisional Application Number GB/0314844; (vi) A Process Separating a Multi-Component Pressurised Feed Stream Using Distillation", U.K. Provisional Application Number GB/0316484; (vii) "Process for Removing a Volatile Component from Natural Gas", U.K. Provisional Application Number GB/0324344; (viii) "Improved Refrigeration Process for Liquefaction of Natural Gas", U.K. Provisional Application Number GB/0404696; (ix) "Dual Multi-Component Refrigeration Cycles for Liquefaction of Natural Gas", U.K. Provisional Application Numbers GB/0407811 and GB/0414470; (x) "Improved

would be consumed for providing energy to the conventional LNG process and be converted to methanol. Referring to FIG. 14, the FLNG processing system complementary/additional single processing facility (1) feed gas compression facilities (10) for removing liquid hydrocarbons, (11) dehydration facilities (12), and (13) liquefaction facilities (14). An expander plant (16) and transformation train (18) can be used to produce make up refrigerants for use in the liquefaction facilities (14). Alternatively either part or all of the refrigerants needed for the liquefaction (14) can be produced and/or supplied from source other sources. Well known refrigeration processes can be used to achieve the desired low temperatures of the FLNG. Such processes may include, for example, a single refrigerant, a multicomponent refrigerant, a cascade refrigeration cycle or combinations of these cycles. Additionally, expansion turbines may be used in the refrigeration process. Compared to a conventional LNG plant, the very large reduction of consumable refrigeration components in a FLNG plant according to the present invention results in a large reduction in capital costs, proportionately lower operating expenses, and increased efficiency and reliability, thus greatly enhancing the economics of producing liquefied natural gas

A plant for producing FLNG according to the present invention compares to a conventional LNG process as follows. Referring to FIG. 11 and FIG. 15, since the liquefaction temperatures in the FLNG plant (FIG. 15) are higher than in a conventional LNG plant (FIG. 11) (that produces conventional LNG at about atmospheric pressure) the gas treating equipment (FIG. 11) for removal of flammable components such as carbon dioxide, a pentane plus, and benzene, which are required in the conventional LNG plant (11), are generally not required in the FLNG plant (15) because these components will not normally freeze and cause plugging problems in the FLNG plant equipment due to the warmer operating temperatures. If undesirably high amounts of carbon dioxide, sulfur-containing components, a pentane plus, or benzene are present in a natural gas being processed by a FLNG plant (15), some gas treating equipment for removal thereof may be utilized as needed. Additionally, nitrogen must be removed in the conventional LNG plant (11) in the nitrogen rejection facility (24) because nitrogen

108

-73°C (-100°F). Suitable steels for use in constructing the process components are more fully described in the PLNG Patent Application; in a co-pending U.S. patent application entitled "ULTRA-HIGH STRENGTH STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS", which is identified by the United States Patent and Trademark Office ("USPTO") as Application Number 09/099649; in a co-pending U.S. patent application entitled "ULTRA-HIGH STRENGTH AUSAGED STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS", which is identified by the USPTO as Application Number 09/099153; in a co-pending U.S. patent application entitled "ULTRA-HIGH STRENGTH DUAL PHASE STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS", which is identified by the USPTO as Application Number 09/099152; in a co-pending U.S. patent application entitled "ULTRA-HIGH STRENGTH STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS", which is identified by the United States Patent and Trademark Office ("USPTO") as Application Number 09/215774; in a co-pending U.S. patent application entitled "ULTRA-HIGH STRENGTH AUSAGED STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS", which is identified by the USPTO as Application Number 09/215773; and in a co-pending U.S. patent application entitled "ULTRA-HIGH STRENGTH TRIPLE PHASE STEELS WITH EXCELLENT CRYOGENIC TEMPERATURE TOUGHNESS", which is identified by the USPTO as Application Number 09/215772 (collectively, the "Steel Patent Applications"). The Steel Patent Applications are hereby incorporated herein by reference. The steels described in the Steel Patent Applications are especially suitable for cryogenic temperature applications in that the steels have the following characteristics for steel plate thicknesses of about 2.5 cm (1 inch) and greater: (i) DBTT lower than about -73°C (-100°F) in the base steel and in the weld HAZ, (ii) tensile strength greater than about 830 MPa (120 ksi), preferably greater than about 860 MPa (125 ksi), and more preferably greater than about 900 MPa (130 ksi), (iii) superior weldability, (iv) substantially uniform through-thickness microstructure and properties, and (v) improved toughness over standard, commercially available, HSLA

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA ES IGUAL AL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Fecha:_____.

Carrera 13 No. 27-00 Pisos 9 y 10
Conmutador 334 12 21-2 3-4
Fax 281 31 25 e-mail ...

109

steels. These steels can have a tensile strength of greater than about 930 MPa (135 ksi), or greater than about 965 MPa (140 ksi), or greater than about 1000 MPa (145 ksi). Other suitable steels are described in U. S. Patent No. 5,755,895, and in a co-pending U.S. patent application entitled "ULTRA-HIGH STRENGTH, WELDABLE STEELS WITH EXCELLENT ULTRA-LOW TEMPERATURE TOUGHNESS" and identified by the USPTO as Application Number 09/123625.

In summary, the present invention is advantageous in that it provides systems and methods for storing and transporting pressurized liquefied natural gas (PLNG) at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F). The containers used in the systems and methods of this invention have a substantially improved cargo-carrying capacity performance factor (PF) over currently available containers for PLNG, e.g., a PF of about 7000 m (27.5×10^4 in) as compared to a PF of about 1800 m (7.0×10^4 in) for steel containers. Containers according to this invention also meet the other objectives for the present invention as discussed herein.

The desired variables for a container according to this invention, e.g., size, geometry, material thickness, etc., are dependent upon operating conditions such as internal pressure, operating temperature, target cargo, target transportation vessel (ship) characteristics of size, speed-power relationship, etc., as will be familiar to those skilled in the art. More specifically, the variables are also dependent on such factors as (i) the high structural integrity and dimensional stability characteristics of high-performance fibers; (ii) good fiber impregnation and fiber-wetting characteristics of cryogenic resins as well as good adhesion between matrix resin and fiber; (iii) recent advances in computerized composite winding machines that allow for high automation and enhanced precision in fiber placement during winding; (iv) advances in computation-intensive design and analyses tools based on finite element analysis and lamination theory; and (v) the ability to link the design directly to computer-based winding machines to produce precise winding patterns for optimized strength of the resulting composite system.

PERO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA. HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO HERRERA
NOTARIO

110

While the present invention has been described in terms of one or more preferred embodiments, it is to be understood that other modifications may be made without departing from the scope of the invention, which is set forth in the claims below.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Fecha:_____.

Glossary of terms:

Btu/hr-ft-°F:	British thermal units/(hour)(foot)(° Fahrenheit);
CAD:	computer aided design;
CNG:	compressed natural gas;
composite (composite material);	a structural material comprising fibers embedded in an adhesive;
cryogenic temperature:	any temperature lower than about -40°C (-40°F);
DBTT (Ductile-to-Brittle Transition Temperature):	delineates the two fracture regimes in structural steels - at temperatures below the DBTT, failure tends to occur by low energy cleavage (brittle) fracture, while at temperatures above the DBTT, failure tends to occur by high energy ductile fracture;
FEA:	finite element analyses;
GPa:	billion (10^9) Pascals;
import terminal:	any facility adapted for receiving or utilizing PLNG, including without limitation facilities located offshore;

NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA. HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Fecha:_____

Carrera 13 No. 97-00 Pisos 5 y 10

117

UHMWP:	ultra-high molecular weight polyethylene; and
USPTO:	United States Patent and Trademark Office.

COMO NOTARIO SESENTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

113

WHAT WE CLAIM IS:

1. A container suitable for storing pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F), said container comprising:

(a) a load-bearing vessel made from a composite material, said vessel being suitable for withstanding pressures of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and temperatures of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F); and

(b) a substantially non-load-bearing liner in contact with said vessel, said liner providing a substantially impermeable barrier to said pressurized liquefied natural gas.

2. The container of claim 1 wherein said vessel is constructed from a plurality of fibers of materials having a specific tensile modulus greater than about $6x10^5$ centimeters and a specific tensile strength greater than about $6x10^6$ centimeters, where values are normalized by fiber density.

3. The container of claim 1 wherein said vessel is constructed from a plurality of fibers of materials selected from the group consisting of (i) glass, (ii) aramid, (iii) carbon, (iv) kevlar, (v) silicon carbide, (vi) boron filament, (vii) UHMWP, or (viii) mixtures thereof.

4. The container of claim 1 wherein said vessel is constructed from a matrix resin having a shear modulus of at least about 3 GPa and an energy absorption capability of at least about 65 J/m^3.

CUARTO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Fecha:_____

Carrera 13 No 27 00 Piso 5 y 10
Conmutador 334 12 21-2-3-4
Fax 281 31 25 e-mail info@sic.gov.co
Bogotá D.C. Colombia

114

5. The container of claim 1 wherein said vessel comprises a composite matrix constructed from a resin selected from the group consisting of (i) multifunctional epoxy resins and difunctional epoxy resins based on diglycidyl ether of bisphenol A , (ii) TGMDA epoxy resins, (iii) amine-based resins, (iv) polyester, (v) vinyl esters, and (vi) furan.

6. The container of claim 1 wherein said liner is constructed from a material selected from the group consisting of (i) a metallic foil, (ii) a synthetic polymer film, (iii) a metallic foil on thin polymeric substrate, (iv) a metal-coated polymer substrate, and (v) a laminate comprising a metallic liner sandwiched between polymeric layers.

7. The container of claim 2 wherein said liner has a thickness of up to 1 mm (0.04 in).

8. The container of claim 1 wherein said liner is a laminate comprising at least one sheet of aluminum foil sandwiched between at least two sheets of mylar.

9. The container of claim 1 wherein said liner comprises at least one layer of composite material and at least one sheet of aluminum foil.

10. The container of claim 1 wherein said liner comprises seamless aluminum.

11. A container suitable for storing pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F), said container comprising:

(a) a load-bearing vessel made from a composite material, said vessel being suitable for withstanding pressures of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA CONCUERDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

115

kPa (1100 psia) and temperatures of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F); and

(b) a substantially non-load-bearing metal liner in contact with said vessel, said metal liner having a thickness of up to about 1 mm (0.04 in) and providing a substantially impermeable barrier to said pressurized liquefied natural gas.

12. A container comprising a substantially non-load-bearing, substantially impermeable liner, and a load-bearing, composite over-wrap, said container being suitable for storing pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F).

13. A method of constructing a container suitable for storing pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F), said method comprising the steps of:

(a) creating a computer-implementable design for said container by finite element analyses performed with a goal toward optimizing strength of said container;

(b) forming a liner from a substantially impermeable material;

(c) placing said liner on a mandrel;

(d) impregnating with a resin a plurality fibers of materials having a specific tensile modulus greater than about $6x10^5$ centimeters and a specific tensile

NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 200
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

116

strength greater than about $6x10^6$ centimeters, where values are normalized by fiber density; and

(e) wrapping said plurality of fibers around said liner via a computer-run winding machine that is implementing said computer-implementable design to form a load-bearing vessel.

14. The method of claim 13 wherein step (d) is replaced with the following:

(d) impregnating with a resin plurality of fibers of materials selected from the group consisting of (i) glass, (ii) aramid, (iii) carbon, (iv) kevlar, (v) silicon carbide, (vi) boron filament, (vii) UHMWP, or (viii) mixtures thereof;

15. The method of claim 13 wherein step (b) is replaced with the following:

(b) forming a liner from a material selected from the group consisting of (i) a metallic foil, (ii) a synthetic polymer film, (iii) a metallic foil on thin polymeric substrate, (iv) a metal-coated polymer substrate, and (v) a laminate comprising a metallic liner sandwiched between polymeric layers;

16. The method of claim 13 wherein step (b) is replaced with the following:

(b) forming a substantially impermeable liner from at least one sheet of aluminum foil sandwiched between at least two sheets of mylar.

17. The method of claim 13 wherein step (b) is replaced with the following:

(b) forming a substantially impermeable liner from at least one layer of composite material and at least one sheet of aluminum foil.

...NOTARIO SESENTA DEL CIRCULO DE SANTAFE ... BOGOTA, HACE CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

117

18. The method of claim 13 wherein step (b) is replaced with the following:

(b) forming a substantially impermeable liner from seamless aluminum.

19. A method of storing pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F), said method comprising the step of containing said pressurized liquefied natural gas in at least one container, said at least one container comprising (i) a load-bearing vessel made from a composite material; and (ii) a substantially non-load-bearing liner in contact with said vessel, said liner providing a substantially impermeable barrier to said pressurized liquefied natural gas.

20. A system for producing and storing pressurized liquefied natural gas comprising:

(a) a natural gas processing plant suitable for producing pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F); and

(b) at least one container suitable for storing said pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F), said at least one container comprising (i) a load-bearing vessel made from a composite material; and (ii) a substantially non-load-bearing liner in contact with said vessel, said liner providing a substantially impermeable barrier to said pressurized liquefied natural gas.

21. The system of claim 20 further comprising:

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

118

(c) means for transporting said at least one container holding said pressurized liquefied natural gas to an import terminal.

22. The system of claim 20 wherein said load-bearing vessel is suitable for withstanding pressures of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and temperatures of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F).

23. The system of claim 20 wherein said natural gas processing plant comprises at least one process component constructed from an ultra-high strength, low alloy steel containing less than 9 wt% nickel and having a tensile strength greater than about 830 MPa (120 ksi) and a DBTT lower than about -73°C (-100°F).

24. The system of claim 20 wherein said natural gas processing plant consists essentially of:

(a) feed gas reception facilities suitable for removing liquid hydrocarbons from natural gas;

(b) dehydration facilities suitable for removing water from natural gas; and

(c) liquefaction facilities suitable for liquefying natural gas.

25. A method of producing and storing pressurized liquefied natural gas, comprising the steps of:

(a) constructing a natural gas processing plant suitable for producing pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F);

CÍRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA. HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

119

(b) producing pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F), by processing natural gas using said natural gas processing plant; and

(c) delivering said pressurized liquefied natural gas to at least one container, wherein said at least one container is suitable for storing a liquid at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F) and comprises (i) a load-bearing vessel made from a composite material; and (ii) a substantially non-load-bearing liner in contact with said vessel, said liner providing a substantially impermeable barrier to said pressurized liquefied natural gas.

26. The method of claim 25 further comprising:

(c) transporting said at least one container holding said pressurized liquefied natural gas to an import terminal.

27. The method of claim 25 wherein said load-bearing vessel is suitable for withstanding pressures of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and temperatures of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F).

28. The method of claim 25 wherein said natural gas processing plant comprises at least one process component constructed from an ultra-high strength, low alloy steel containing less than 9 wt% nickel and having a tensile strength greater than about 830 MPa (120 ksi) and a DBTT lower than about -73°C (-100°F).

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

120

29. The method of claim 25 wherein the step of producing pressurized liquefied natural gas at a pressure of about 1035 kPa (150 psia) to about 7590 kPa (1100 psia) and at a temperature of about -123°C (-190°F) to about -62°C (-80°F), using said natural gas processing plant, consists essentially of the steps of:

(a) removing liquid hydrocarbons from said natural gas in feed gas reception facilities;

(b) removing water from said natural gas in dehydration facilities; and

(c) liquefying said natural gas in liquefaction facilities.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

ABSTRACT

121

Systems and methods for producing and storing pressurized liquefied natural gas (PLNG) are provided, wherein the systems and methods include (a) a natural gas processing plant suitable for producing PLNG; and (b) at least one container suitable for storing the PLNG, the at least one container comprising (i) a load-bearing vessel made from a composite material and (ii) a substantially non-load-bearing liner in contact with the vessel, said liner providing a substantially impermeable barrier to the PLNG. The systems and methods also preferably include (c) means for transporting the at least one storage container containing PLNG to an import terminal.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

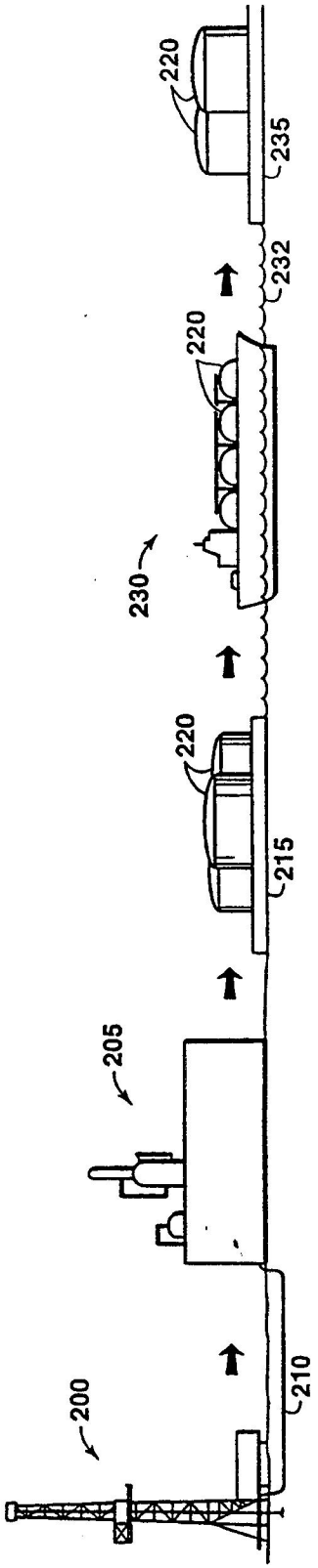


FIG. 1

122

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA CONCUERDA CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

20 JUN 2000

JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Fecha:_____

Carrera 13 No 97-00 Piso 5 y 10
Conmutador 3[illegible]
Fax 281 31 35 email [illegible]

123

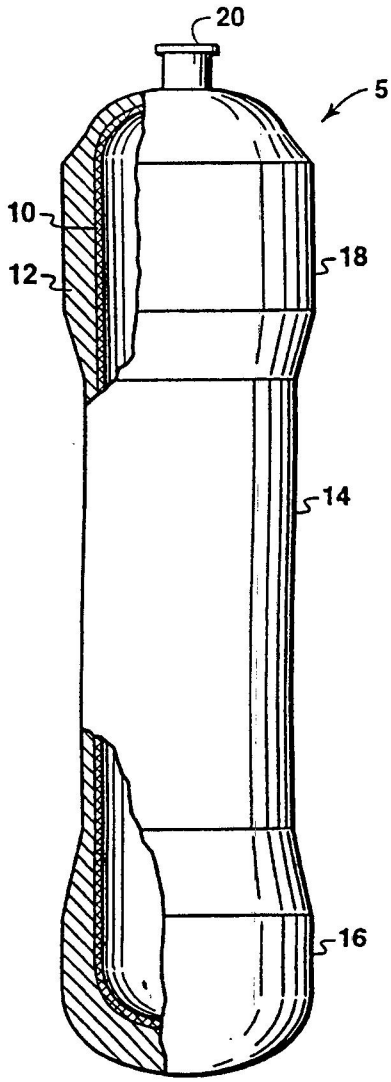


FIG. 2

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

20 JUN 2000

JUAN MANUEL [illegible] MEDINA
NOTARIO

Fecha:_____

Carrera 13 No. 27-00 Piso 5 y 10
Conmutador 334 13 23-2-3-4
Tel. 281 31 25 e-mail [illegible]
[illegible] Bogotá D.C. [illegible]

124

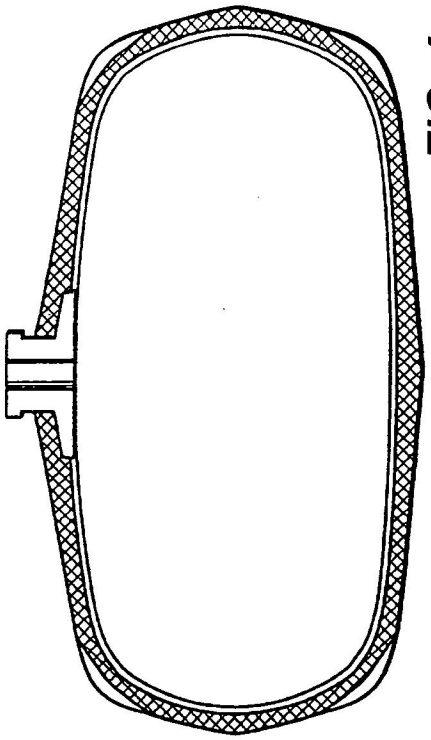


FIG. 4

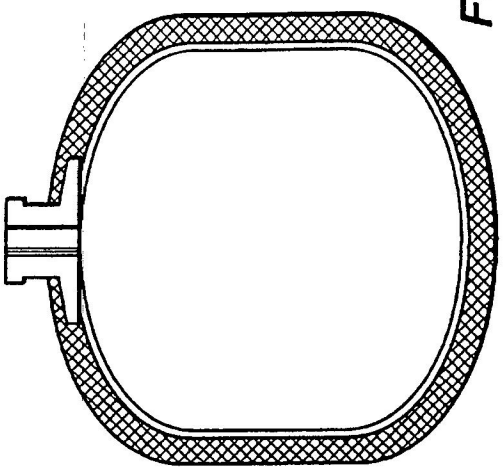


FIG. 5

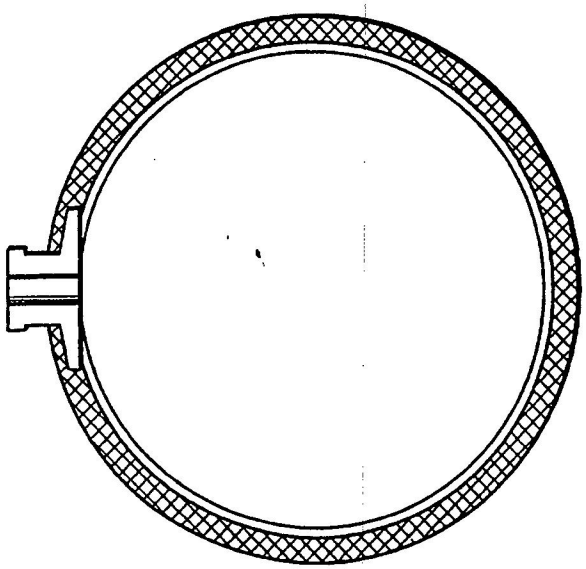


FIG. 3

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

20 JUN 2000

JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Fecha:_____

Carrera 13 No 27-00 Pisos 5 y 10
Conmutador: 334 00 33-2 34
Fax: 281 31 25 e-mail: bmo@sic.gov.co

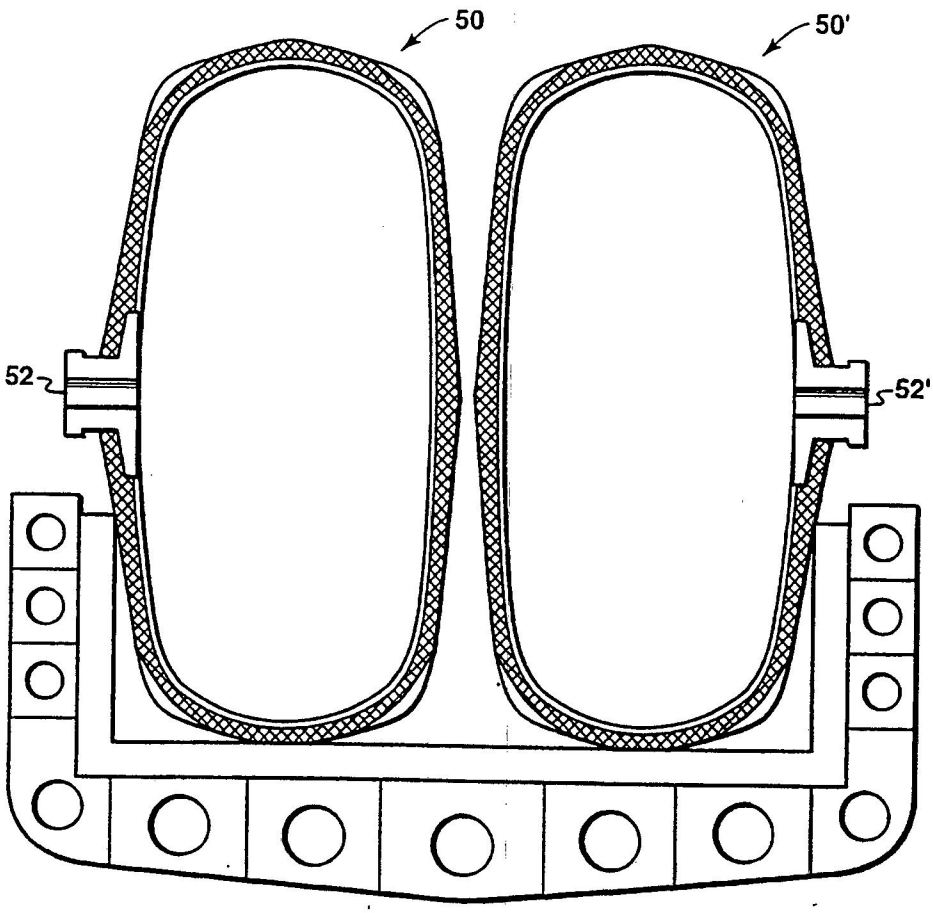


FIG. 6

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL [illegible] MEDINA
NOTARIO

Fecha:_____

Carrera 13 No. 27-00 Piso 5 y 10
Conmutador 334 13 21-2-3-4
Fax: 281 31 25 e-mail [illegible]

FIG. 7A

FIG. 7B

FIG. 7C

COMO NOTARIO SESENTA DEL CIRCULO DE SANTAFE
DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FO
TOSTATICA CONCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE
TENIDO A LA VISTA
20 JUN 200
JUAN MANUEL B
NOTA
CO MEDINA

Fecha:

Carrera 1 No. 7-00 Piso 18
Comunidades 334 12 12-34
Tel. 281 31 25 e-mail

127

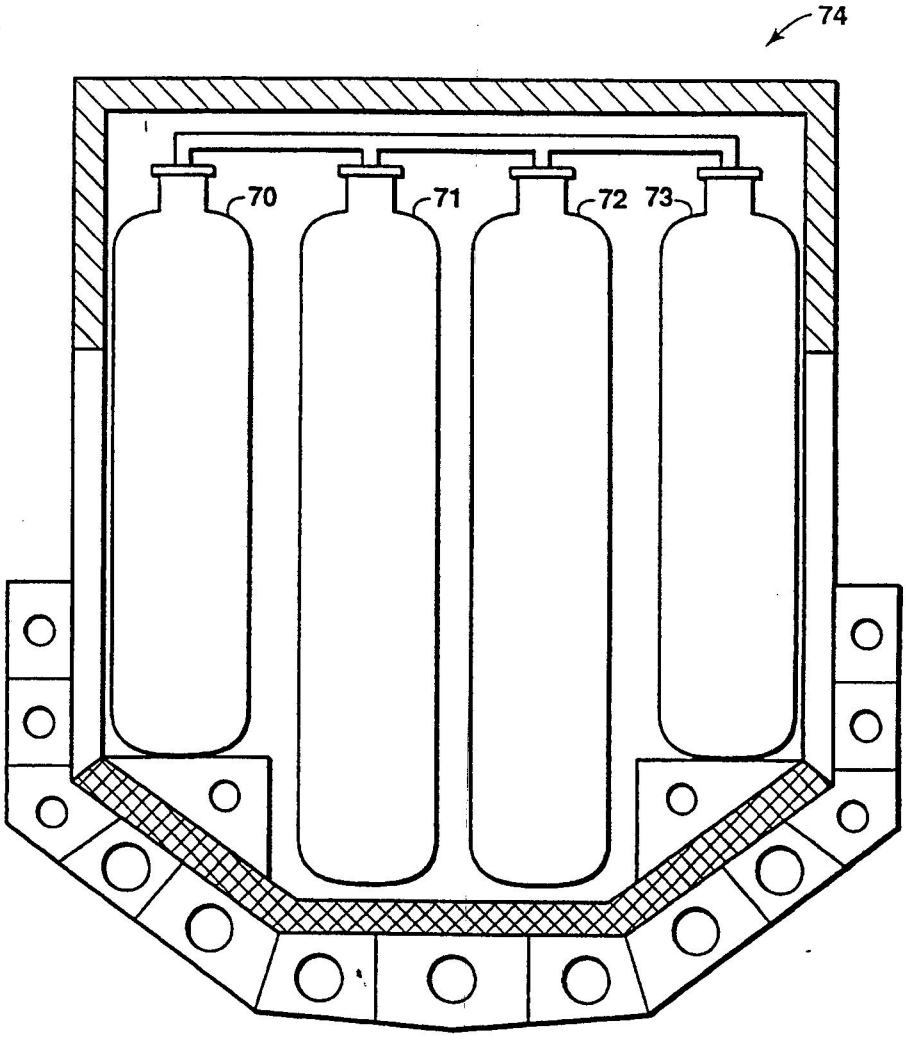


FIG. 8

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

20 JUN 2000

JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Fecha:_____

Carrera 13 No. 27-00 Pisos 5 y 10
Conmutador 334 12 22-23 4
Fax: 281 31 25 e-mail: [illegible]

128

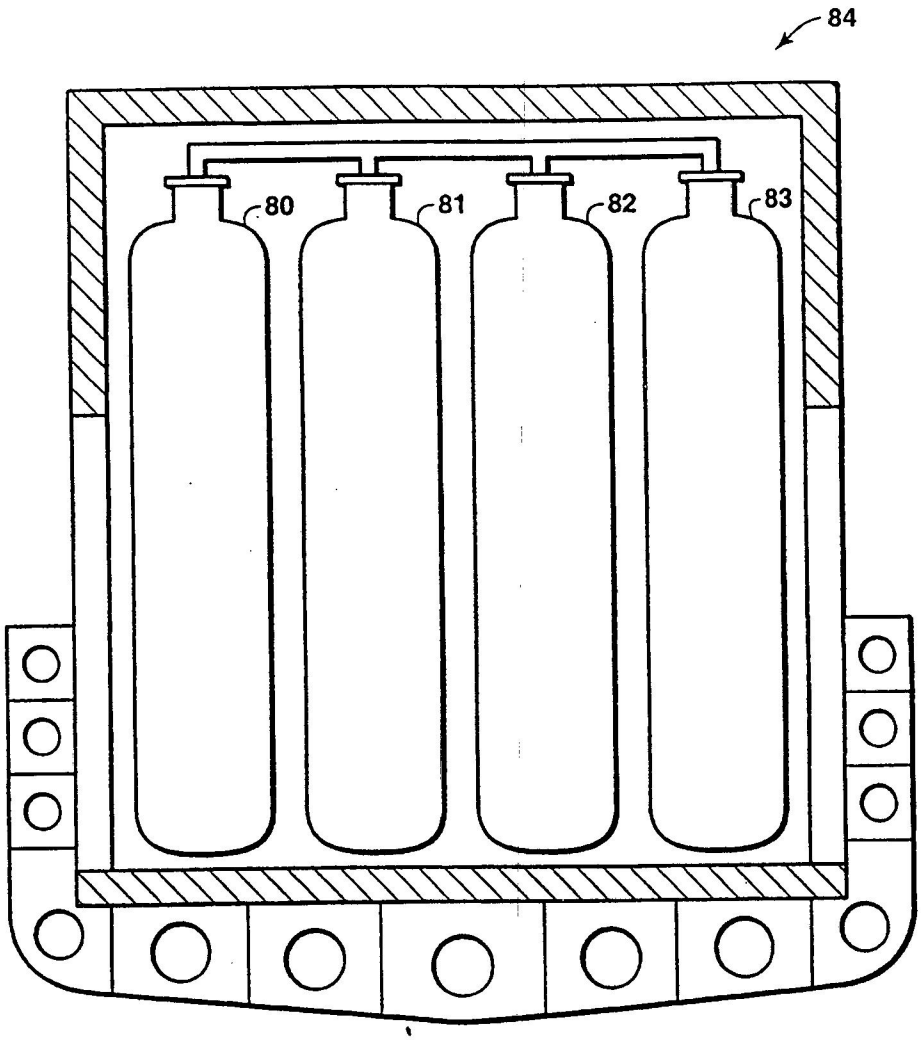


FIG. 9

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOLIVARO MEDINA
NOTARIO

Fecha:_____.

Carrera 13 No. 27 00 Pso 5 y 10
Conmutador 334 15 21-2-3-4
Fax 281 31 25 e-mail

Fecha:_____

FIG. 10A

FIG. 10B

FIG. 10C

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA CONCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
20 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Carrera 15 No. 77-60 Piso 5 y 10
Conmutador 338 [illegible]
Fax 291 [illegible]

FIG. 11 (PRIOR ART)

FIG. 12

Fecha:
Carrera 13 No. 27 00 Piso 5 y 10
20 JUN 2000
COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
JUAN MANUEL ESTEKO MEDINA
NOTARIO

130

Exxon 1061
00-020.385
131

TRADUCCION OFICIAL No. 050

LEGALIZACION de un documento presentado simultáneamente en inglés y español. TRASPASO de patente de invención: **SISTEMA MEJORADO Y METODOS PARA PRODUCIR Y ALMACENAR GAS NATURAL LICUADO PRESURIZADO** a **EXXON MOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY**.

Firmado por el Inventor: **Ronald R. BOWEN**

Firmado por el Inventor: **Moses MINTA**

CERTIFICADO NOTARIAL (INDIVIDUAL)

El día 17 de marzo, 2000, compareció personalmente ante mí, Notario Público, **Ronald R. Bowen**, de quien me consta ser la persona descrita y quien firmó el documento anterior, y reconoció debidamente ante mí que firmó el mismo para los usos y propósitos en él expresados.

Firmado: **JACQUELINE WEST**

Sello: JACQUELINE WEST
Notario Público, Estado de Texas
Mi comisión expira: 4-26-2002

KATIA SALAMANCA DE ABREU
TRADUCTORA OFICIAL
DES MINISTERIO DE JUSTICIA 2281

EL SUSCRITO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
19 JUN 2000
PABLO MENDEZ BARAJAS
NOTARIO (E)

Sello en altorrelieve del Notario Público del Estado de Texas, Jacqueline West.

CERTIFICADO NOTARIAL (INDIVIDUAL)

El día 17 de marzo, 2000, compareció personalmente ante mí, Notario Público, **Moses Minta**, de quien me consta ser la persona descrita y quien firmó el documento anterior, y reconoció debidamente ante mí que firmó el mismo para los usos y propósitos en él expresados.

Firmado: **JACQUELINE WEST**

Sello: JACQUELINE WEST
Notario Público, Estado de Texas
Mi comisión expira: 4-26-2002

Sello en altorrelieve del Notario Público del Estado de Texas, Jacqueline West.

KATIA SALAMANCA DE ABREU
TRADUCTORA OFICIAL
RES. MINJUSTICIA 3285

COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
19 JUN 2000
PABLO MENDEZ BARAJAS
NOTARIO (E)

133

ESTADO DE TEXAS

SECRETARIO DE ESTADO

YO, ELTON. BOMER, Secretario de Estado del Estado de Texas, POR EL PRESENTE CERTIFICO que de acuerdo con los registros de esta oficina,

JACQUELINE WEST

fue elegida como Notario Público para el Estado de Texas en abril 26, 1998, por un periodo que termina en abril 26, 2002.

Sello del Estado de Texas

Marzo 24, 2000

Firmado: **Elton Bomer**
Secretario de Estado

Hay sello del Consulado General de Colombia en Texas.

ANNA SALAMANCA DE ABNEU
TRADUCTORA OFICIAL
RES. MINJUSTICIA 3288

COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
19 JUN 2000
PABLO MENDEZ BARAJAS
NOTARIO (E)

CONSULADO DE COLOMBIA

WASHINGTON, D.C.

No. 956

CERTIFICA la firma y funciones del señor **ELTON BOMER,** como Secretario del Estado de Texas.

Fecha: abril 17, 2000.

Firmado: **JOSE DAVID RUEDA VISBAL**
Cónsul de Colombia

Hay sello del Consulado de Colombia en Washington.

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

CERTIFICA la firma y las funciones del funcionario consular **DAVID RUEDA**, bajo el número **252875**, el día abril 25, 2000.

Firmado: (Firma ilegible)
Jefe de Legalizaciones

Santafé de Bogotá

ANJA SALAMANCA DE ABREU
TRADUCTORA OFICIAL
RES. MINJUSTICIA 3288

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES
CUYA FIRMA APARECE EN EL
DOCUMENTO DESEMPEÑA LAS FUNCIONES INDICADAS
EL SUSCRITO SECRETARIO SEXTO ENCARGADO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE LA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
19 JUN 2000
PEDRO MENDEZ CARAJAS
JEFE DE LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA D.C.
APR 27 11:41 AM 53
NO SE ASUME RESPONSABILIDAD DEL TEXTO

ASSIGNMENT

The undersigned,

(1) Ronald R. BOWEN
(2) Moses MINTA

domiciled in

(1) 37602 Pinwood Ct., Magnolia, Texas, 77355, United States of America
(2) 39 Sterling St., Sugar Land, Texas 77479, United States of America

hereby state under oath to be the sole and true inventor of

IMPROVED SYSTEM AND METHODS FOR PRODUCING AND STORING PRESSURIZED LIQUEFIED NATURAL GAS

We state as well that we assign, without reservations or limitation, in favor of

EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY

a corporation organized and existing under the laws of

the State of Delaware, United States of America

domiciled in

the State of Texas, United States of America

all rights inherent to said invention, and that the above mentioned corporation hereby is enabled to apply, in its name, for the corresponding patent in the Republic of Colombia.

Signed on:

By Inventor: Ronald R Bowen
Ronald R. BOWEN

TRASPASO

abajo firmado

(1) Ronald R. Bowen
(2) Moses Minta

domiciliado en

(1) 37602 Pinwood Ct., Magnolia, Texas, 77355, Estados Unidos de América.
(2) 39 Sterling St., Sugar Land, Texas 77479, Estados Unidos de América.

declá bajo juramento ser único y verdadero inventor de

SISTEMAS Y METODOS MEJORADOS PARA LA PRODUCCION Y ALMACENAMIENTO DE GAS NATURAL LICUADO PRESURIZADO.

Declar asimismo que ced y transf sin reserva ni limitación, a favor de la sociedad

EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY

organizada y existente de conformidad con las leyes de

El Estado de Delaware, Estados Unidos de América

domiciliada en

El Estado de Texas, Estados Unidos de América.

todos los derechos inherentes a dicha invención y que la citada sociedad queda facultada para solicitar en su nombre la patente correspondiente en la República de Colombia.

Signed on:

By Inventor: Moses Minta
Moses MINTA

COMO NOTARIO (E) ENCARGADO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE FUE TENIDO A LA VISTA
19 JUN 2000
PABLO MENDEZ BARAJAS
NOTARIO (E)

133

CERTIFICADO NOTARIAL (INDIVIDUO)

A los 17 días del mes de Marzo de 2000, compareci personalmente ante mi, Notario Público, Ronald R. Bower a quien doy fé de conocer y me consta que la persona descrita y firmante del documento que precede, declarando ante mí que otorga el mismo para los fines y propósitos que en él se expresan.

NOTARY PUBLIC (Notario Público)

NOTARIAL CERTIFICATE (INDIVIDUAL)

On this 17 day of March 2000 personally appeared before me, a Notary Public, Ronald R. Bowen to me known and known to me to be the person described in and who executed the foregoing document, and duly acknowledged to me that executed the same for the uses and purposes therein expressed.

Jacqueline West

JACQUELINE WEST
Notary Public, State of Texas
My Commission Expires 4-26-2002

CERTIFICADO NOTARIAL (INDIVIDUO)

A los 17 días del mes de Marzo de 2000, compareci personalmente ante mi, Notario Público, Moses Minta a quien doy fé de conocer y me consta que la persona descrita y firmante del documento que precede, declarando ante mí que otorga el mismo para los fines y propósitos que en él se expresan.

NOTARY PUBLIC (Notario Público)

NOTARIAL CERTIFICATE (INDIVIDUAL)

On this 17 day of March 2000 personally appeared before me, a Notary Public, Moses Minta to me known and known to me to be the person described in and who executed the foregoing document, and duly acknowledged to me that executed the same for the uses and purposes therein expressed.

Jacqueline West

JACQUELINE WEST
Notary Public, State of Texas
My Commission Expires 4-26-2002

COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

19 JUN 2000

PABLO MENDEZ BARAJAS
NOTARIO (E)

CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA

Houston, Texas APR 17 2000 No. 956

El suscrito Cónsul de Colombia certifica que ELTON BONER quien autoriza el presente documento, ejercía en la fecha allí expresada las funciones de SECRETARIO DE ESTADO DE TEXAS y que la firma y sello que en el documento aparecen como suyos son los que usa y acostumbra a usar en sus actos oficiales.

El Consulado no asume responsabilidad alguna sobre el contenido del documento.

CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA
EN HOUSTON, TEXAS

Pagado Impuesto de Timbre	US$	7.00
Pagado Derecho Consular	US$	15.00
Total Pagado	US$	22.00

DECIMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA. HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
19 JUN 2000
PABLO MENDEZ BARAJAS
NOTARIO (E)

JOSE DAVID RUEDA VISBAL
CONSUL DE COLOMBIA

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

252875

DAVID RUEDA
CUYA FIRMA APARECE EN SU DOCUMENTO DESEMPEÑA LAS FUNCIONES INDICADAS

NO SE ASUME RESPONSABILIDAD DEL TEXTO

2000 ABR 25 A 11:02

JEFE DE LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA D.C.

COMO NOTARIO ... TEXTO ENCARGADO DEL CIRCULO DE SANTAFE ... BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA ... FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE ME FUE PUESTO A LA VISTA

19 JUN 2000

PABLO MENDEZ BARAJAS
NOTARIO (E)

CONSULADO GENERAL

136

The State of Texas

Secretary of State

I, ELTON BOMER, Secretary of State of the State of Texas, DO HEREBY CERTIFY that according to the records of this office,

JACQUELINE WEST

qualified as a Notary Public for the State of Texas on April 26, 1998, for a term ending on April 26, 2002.

COMO NOTARIO SEXTO ENCARGADO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA CONCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

19 JUN 2000

PABLO MENDEZ BARAJAS
NOTARIO

March 24, 2000

Elton Bomer
Secretary of State

clk

TRADUCCION OFICIAL No. 007

EL ESTADO DE TEXAS

SECRETARIO DE ESTADO

JACQUELINE WEST
Notario Público, Estado de Texas
Mi comisión expira 4-26-2002

YO, ELTON BOMER, Secretario de Estado del Estado de Texas, POR EL PRESENTE CERTIFICO que de acuerdo con los registros de esta oficina

JACQUELINE WEST

está calificada como Notario Público para el Estado de Texas en abril 26, 1998, por un periodo que termina en abril 26, 2002.

Fecha: marzo 17, 2000

Firmado: Elton Bomer
Secretario de Estado

Hay sello del Consulado General de Colombia en Texas

CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA
HOUSTON, TEXAS
N° 750

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
13 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

CERTIFICA la firma y las funciones de Señor ELTON BOMER como Secretario de Estado de Texas, el día 23 de marzo del 2000.

KATIA SALAMANCA DE ABREO
TRADUCTORA OF. ..
RES. MINJUSTICIA 3284

Firmado: JOSE DAVID RUEDA VISBAL

Cónsul de Colombia

Hay sello del Consulado General de Colombia en Texas

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

SANTA FE DE BOGOTA

N° 240730

CERTIFICA la firma y el cargo del funcionario consular JOSE DAVID RUEDA VISBAL, el día 29 de marzo, 2000.

Hay sello del Consulado General de Colombia en Texas

(Firma) Ilegible

JEFE DE LEGALIZACIONES



139

The State of Texas

Secretary of State

I, ELTON BOMER, Secretary of State of the State of Texas,
DO HEREBY CERTIFY that according to the records of this office

CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA

Houston, Texas MAR 23 2000 No. 750

El suscrito Cónsul de Colombia certifica que ELTON BOMER —

quien autoriza el presente documento, ejercía en la fecha allí expresada las funciones de SECRETARIO DE ESTADO DE TEXAS

y que la firma y sello que en el documento aparecen como suyos son los que usa y acostumbra a usar en sus actos oficiales.

El Consulado no asume responsabilidad alguna sobre el contenido del documento.

CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA EN HOUSTON, TEXAS

Pagado Impuesto de Timbre	US$	7.00
Pagado Derecho Consular	US$	15.00
Total Pagado	US$	22.00

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

13 JUN 2000

JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

JOSE DAVID RUEDA VISBAL
CONSUL DE COLOMBIA

Elton Bomer
Secretary of State

Los abajo firmados, Gary D. Lawson, Secretario Asistente

con domicilio en EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY
3120 Buffalo Speedway
P. O. Box 2189
Houston, Texas 77252-2189
organizada y existente de conformidad con las leyes del Estado de Delaware, E.U.A.
nombramos por el presente a JOSE LLOREDA CAMACHO, y/o JOSE ANTONIO LLOREDA, y/o AURA DUEÑAS RODRIGUEZ, y/o GUSTAVO TAMAYO, y/o ANGELA MARIA RESTREPO y/o ALICIA LLOREDA, domiciliados en Bogotá, Colombia, con oficinas en dicha ciudad, Calle 72 No. 5-83, piso 6o., nuestros representantes legales y verdaderos en Bogotá,con facultades para recibir notificaciones y nombrar apoderados judiciales o extrajudiciales, con el fin de dar cumplimiento al parágrafo 1o. del artículo 543 del decreto 410 de 1971.

Los doctores JOSE LLOREDA CAMACHO, y/o JOSE ANTONIO LLOREDA, y/o AURA DUEÑAS RODRIGUEZ, y/o GUSTAVO TAMAYO, y/o ANGELA MARIA RESTREPO y/o ALICIA LLOREDA, o los apoderados que cualquiera de ellos designe, quedan especialmente facultados para presentarnos ante las autoridades colombianas, administrativas, judiciales o de policía, en todos los trámites relativos a la propiedad industrial, a cuyo efecto les facultamos para dar ante dichas autoridades todos los pasos necesarios al objeto indicado; elevar solicitudes, declaraciones y reclamos; formular descripciones, enmiendas, oposiciones y apelaciones; instaurar cancelaciones y amparos administrativos; abonar todos los impuestos y cuotas y efectuar todo otro pago determinado por la ley; recibir todos los documentos y valores, dando el descargo respectivo; llenar cualesquiera otros requisitos y tomar, en fin, todas las medidas que creyeren conducentes al resguardo de nuestros intereses; y en caso de producirse oposición, pasando los antecedentes a los tribunales, quedan facultados para tomar intervención como demandantes o demandados ante los jueces que sean competentes, pudiendo transar, someter a árbitros, desistir, percibir y apelar, con todas las demás facultades que resulten necesarias; y por el presente declaramos desde ahora válido y bueno cuanto dichos representantes y/o los apoderados que cualquiera de ellos nombre hicieren en nuestro beneficio.

Asimismo, facultamos a los doctores JOSE LLOREDA CAMACHO, y/o JOSE ANTONIO LLOREDA, y/o AURA DUEÑAS RODRIGUEZ, y/o GUSTAVO TAMAYO, y/o ANGELA MARIA RESTREPO y/o ALICIA LLOREDA, para solicitar en la Oficina de Propiedad Industrial la protocolización de este documento y de cualquier poder que cualquiera de ellos otorgue a nombre nuestro, así como para sustituir el presente.

Dado y firmado 15 días de Marzo 2000

The undersigned, Gary D. Lawson, Assistant Secretary

of EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY
3120 Buffalo Speedway
P. O. Box 2189
Houston, Texas 77252-2189, organized and existing under the laws of the State of Delaware, United States of America
hereby appoint JOSE LLOREDA CAMACHO, and/or JOSE ANTONIO LLOREDA, and/or AURA DUEÑAS RODRIGUEZ, and/or GUSTAVO TAMAYO, and/or ANGELA MARIA RESTREPO and/or ALICIA LLOREDA, of Bogotá, Colombia, with offices in said town, Calle 72 No. 5-83, Sixth Floor, our true and legal representatives in Bogotá, with power to receive notifications and to appoint judicial or extrajudicial agents, so as to comply with paragraph 1 of article 543 of decree 410 of 1971.

Doctors JOSE LLOREDA CAMACHO, and/or JOSE ANTONIO LLOREDA, and/or AURA DUEÑAS RODRIGUEZ, and/or GUSTAVO TAMAYO, and/or ANGELA MARIA RESTREPO and/or ALICIA LLOREDA, or the agents by any one of them appointed, are especially empowered to represent us before the administrative, judicial or police authorities of Colombia, in all proceedings pertaining to industrial property, for which purpose we authorize them to take before the said authorities all the necessary steps to the said end; to file petitions, declarations, claims, cancellations and administrative injunction proceedings; to draw up specifications; to make amendments, oppositions and appeals, to pay all installments and effect all other payments prescribed by law; to receive proper receipts, to comply with all other requirements and, in short, to take all those measures which they may deem fit for the protection of our interests; and in case of opposition, where the the proceedings be passed over to the courts, we authorize said agents to act on our behalf, as complainants as well as defendants, before the competent judges, with full powers to make arrangements, to submit to arbitrators, to desist, to collect, to appeal and, in short, with all such further powers as may be required; and we hereby declare from now on valid and good all that said representatives and/or the agents by any one of them appointed may do for our benefit.

We also authorize doctors JOSE LLOREDA CAMACHO, and/or JOSE ANTONIO LLOREDA, and/or AURA DUEÑAS RODRIGUEZ, and/or GUSTAVO TAMAYO, and/or ANGELA MARIA RESTREPO and/or ALICIA LLOREDA, to apply for protocolization of this document and of any power of attorney by any one of them conferred in our name, before the Office of Industrial Property, as well as to substitute these presents.

Given and signed this 15th day of March 2000

Gary D. Lawson, Assistant Secretary

NOTARY SHOULD EXECUTE OTHER SIDE

EL SUSCRITO NOTARIO 43 DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
13 JUN 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA

139

CONSULADO ★ HOUSTON

CERTIFICADO NOTARIAL (INDIVIDUO)

Estados Unidos de América
Estado de
Condado de } ss

A los días del mes de de 19
comparecí personalmente ante mí, Notario Público en y por el condado antes citado,

a quien doy fe de conocer y me consta que es/son la persona descrita y firmante del documento que precede, declarando ante mí que otorga el mismo para los fines y propósitos que en él se expresan.

Notary Public (Notario Público).

NOTARIAL CERTIFICATE (INDIVIDUAL)

United States of America
State of
County of } ss.

On this day of ,19 ,personally appeared before me, a Notary Public, in and for the above mentioned county,

to me known to be the person described in and who executed the foregoing document, and who duly acknowledged to me that executed same for the uses and purposes therein expressed.

CERTIFICADO NOTARIAL (INDIVIDUO)

Estados Unidos de América
Estado de
Condado de } ss

A los días del mes de de 19
comparecí personalmente ante mí, Notario Público en y por el condado antes citado,

a quien doy fe de conocer y me consta que es/son la persona descrita y firmante del documento que precede, declarando ante mí que otorga el mismo para los fines y propósitos que en él se expresan.

Notary Public (Notario Público).

NOTARIAL CERTIFICATE (INDIVIDUAL)

United States of America
State of
County of } ss.

On this day of , 19 , personally appeared before me, a Notary Public, in and for the above mentioned county,

to me known to be the person described in and who executed the foregoing document, and who duly acknowledged to me that executed same for the uses and purposes therein expressed.

CERTIFICADO NOTARIAL (SOCIEDAD)

Estados Unidos de América
Estado de Texas } ss
Condado de Harris

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
13 JUN 2000
MANUEL ENRIQUE [illegible]

Hoy 15 días de Mar. 2000, compareció Gary D. Lawson, a quien conozco y de quien me consta que firmó el anterior documento, y quien debidamente juramentado declaró que él es Secretario Asistente de ExxonMobil Upstream Research Company la compañía nombrada en el documento que antecede, una sociedad debidamente organizada y existente conforme a las leyes del Estado de Delaware, Estados Unidos de América, domiciliada en la ciudad de Houston, Texas, Condado de Harris, Estado de Texas, Estados Unidos de América y legalmente constituída para un período de duración que aún no ha determinado; que el declarante está autorizado por dicha Compañía para conferir este poder; que el sello estampado por él al pie de tal poder, en nombre y en representación de la expresada Compañía, es el sello oficial de ella; y que el objeto para el cual se confiere este instrumento está comprendido dentro del de la sociedad.

El suscrito Notario ha visto los Estatutos de incorporación firmados en Houston, Estado de Texas, con fecha Noviembre 12, 1964, y certifica que de conformidad con la legislación de dicho Estado la anterior declaración juramentada es prueba suficiente de que los hechos sobre que ella versa son ciertos o verdaderos, de lo cual da fe.

Notary Public (Notario Público).

NOTARIAL CERTIFICATE (CORPORATION)

United States of America
State of Texas } ss.
County of Harris

On this 15 day of March of , 19 2000 , personally came Gary D. Lawson, to me known, and known to me to be the person who signed the foregoing instrument, who being by me duly sworn did depose and say that he is the

Assistant Secretary of ExxonMobil Upstream Research Company, the company named within, a Corporation organized and existing under the laws of the State of Delaware, United States of America, domiciled at the City of Houston, Texas, County of Harris, State of Texas, United States of America, and legally constituted for a period of tenure not yet expired; that the deponent is authorized by said Company to confer this power of attorney; that the seal affixed hereunto by the deponent in the name and on behalf of said Corporation is the corporate seal thereof; and that the purpose for which this instrument is granted is included within the corporate purposes of the Company.

The undersigned Notary Public has seen the articles of Incorporation of said Corporation executed at Houston, State of Texas, under date of November 12, 1964 and hereby certifies that under the laws of said State the foregoing acknowledment is sufficient proof that the facts therein contained are true, which he attests.

Jacqueline West

NOTARY PUBLIC STATE OF TEXAS
JACQUELINE WEST
Notary Public, State of Texas
My Commission Expires 4-26-2002

TRADUCCION OFICIAL No. 003

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA
DEPARTAMENTO DE ESTADO

A TODOS A QUIENES LLEGUE EL PRESENTE, Saludo:

Certifico que el documento anexo al presente documento está sellado con el Sello del Estado de Illinois, y que dicho Sello(s) merece/n plena fe y crédito.*

En testimonio de lo cual, Yo, Madeleine K. Albright, Secretario de Estado, he ordenado que se estampe el sello del Departamento de Estado y que el Funcionario Asistente de Autenticaciones de dicho Departamento suscriba mi nombre en el presente documento, en la ciudad de Washington, en el Distrito de Columbia, el día 13 de marzo, 2000.

Por Madeleine K. Albright
Secretario de Estado

Firmado: (firma ilegible)
Funcionario Asistente de Autenticaciones
Departamento de Estado

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
29 MAR 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Sello en relieve: Departamento de Estado, Estados Unidos de América – con el escudo de los Estados Unidos en el centro.

* El Departamento no asume ninguna responsabilidad por el contenido del documento adjunto.

Este certificado no es válido si se altera o modifica en cualquier forma.

Certificación adjunta del Consulado de Colombia en Washington, D.C. No. 595 sobre la autenticidad de la firma de PATRICK O. HATCHETT, que aparece en el documento en cuestión, expedida el 14 de marzo, 2000, firmada por JAQUELINE ESPITIA ARIAS, Vicecónsul
Sello del Consulado de Colombia en Washington

KATIA SALAMANCA DE ABNER
TRADUCTORA OFICIAL

El anterior documento fue legalizado en la Oficina de Legalizaciones del Ministerio de Relaciones Exteriores bajo el No. 033113, de marzo 22 del 2000.

KATIA SALAMANCA DE ABREU
TRADUCTORA OFICIAL
RES. MINJUSTICIA 3284

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES
LEGALIZACION
10084
POR ESTA FIRMA APARECER EL DOCUMENTO DESEMPEÑA LAS FUNCIONES INDICADAS

NO SE ASUME RESPONSABILIDAD DEL TEXTO
2000 MAR 24 11:20
JEFE DEL LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA D.C.

COTEJO NOTARIAL SOLICITADO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA CONCUERDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
29 MAR 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Estado de Delaware

Oficina del Secretario de Estado

YO, EDWARD J. FREEL, SECRETARIO DE ESTADO DEL ESTADO DE DELAWARE, POR EL PRESENTE CERTIFICO QUE EL DOCUMENTO ADJUNTO ES COPIA AUTENTICA Y CORRECTA DEL CERTIFICADO DE ENMIENDA DE "EXXON PRODUCTION RESEARCH COMPANY", QUE CAMBIA SU NOMBRE DE "EXXON PRODUCTION RESEARCH COMPANY" POR "EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY", REGISTRADO EN ESTA OFICINA EL DIA NUEVE DE DICIEMBRE, A.D. 1999, A LAS 9 EN PUNTO A.M.

GRAN SELLO PLANO DEL ESTADO DE DELAWARE.

Sello adherido de la Oficina del Secretario del Estado de Delaware, en papel dorado.
Firma impresa de Edward J. Freel, Secretario de Estado
Autenticación: 0189707
Fecha: 01-10-00

Sello del Consulado de Colombia en Washington, D.C.

NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, D.C. HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA
29 MAR 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

[illegible]
TRADUCTORA DE
DES. MINJUSTICIA 3211

CERTIFICADO DE ENMIENDA
DE
CERTIFICADO DE CONSTITUCION
EXXON PRODUCTION RESEARCH COMPANY

Exxon Production Research Company, una Corporación constituida y existente bajo y en virtud de las Leyes Corporativas Generales del Estado de Delaware, POR EL PRESENTE CERTIFICA:

1. Que en lugar de una asamblea y del voto de los Directores, la Junta Directiva de dicha Corporación por consentimiento unánime por escrito, adoptó una resolución que propone y declara aconsejable la siguiente enmienda al Certificado de Incorporación de dicha Corporación:

RESOLVIO, que la Junta Directiva considera aconsejable y del mayor interés de la Corporación y de su accionista que el actual Certificado de Constitución de la Corporación sea enmendado, cambiando el Artículo del mismo numerado "PRIMERO" de modo que, al ser enmendado, dicho Artículo quede de la siguiente manera:

"PRIMERO": El nombre de la corporación es

"ExxonMobil Upstream Research Company"

COMO SECRETARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE TUVE A LA VISTA
29 MAR 2000
DAN MANUEL MUTERO MEDINA
NOTARIO

2. Que en lugar de una asamblea y del voto de los accionistas, el único accionista ha dado consentimiento unánime por escrito a dicha enmienda de acuerdo con las disposiciones de la Sección 228 de la Ley Corporativa General del Estado de Delaware.

3. Que la anterior enmienda fue debidamente adoptada de acuerdo con las disposiciones aplicables de las Secciones 228 y 242 de la Ley Corporativa General del Estado de Delaware.

EN FE DE LO CUAL, la Exxon Production Research Company ha ordenado estampar al presente documento su Sello Corporativo y ha hecho firmar el presente certificado por Dan Mendell, III, Presidente, este 9 de diciembre, 1999.

EXXON PRODUCTION RESEARCH COMPANY

Firmado: Dan Mendell, III, Presidente

ANA SALAMANCA DE ABREU
TRADUCTORA OFICIAL
RES MINJUSTICIA 2788

Testigo: EF Commender

Secretario

Sello del Estado de Delaware
Secretario de Estado
División de Corporaciones
Registrado a las 09:00 AM 12/09/1999
991526723 – 0617801

[illegible]
[illegible]
TRADUCTORA [illegible]
REG. MINJUSTICIA [illegible]

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE ME HA SIDO PUESTO A LA VISTA

29 MAR 2000

JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

146

CONSULADO DE COLOMBIA

WASHINGTON, D.C.

No. 595

EL CONSULADO DE COLOMBIA

CERTIFICA:

Que es auténtica la firma de PATRICK O. HATCHETT.

quien el día 13 DE MARZO DEL 2000

desempeñaba las funciones de OFICIAL DE AUTENTICACIONES DEPARTAMENTO DE ESTADO.

la cual aparece al pie de los documentos anexos relacionados con CERTIFICADO DE REFORMA

Dado en Washington, D.C. a los CATORCE (14) días del mes de

MARZO del año dos mil (2000)

Pagado Impuesto de Timbre 7.-

Pagado Derecho Consular 15.-

Total 22.-

(El Consulado no asume ninguna responsabilidad por el contenido de los documentos anexos)

JAQUELINE ESPITIA ARIAS
Vicecónsul

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

29 MAR 2000

JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

145

MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES

033113

COPIA FIRMA APARECE EN EL DOCUMENTO DESEMPEÑA LAS FUNCIONES INDICADAS

NO SE ASUME RESPONSABILIDAD DEL TEXTO

2000 MAR 22 A 11:36

JEFE DE LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA

29 MAR 2000

JUAN MANUEL BOTERO MEJIA
NOTARIO

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

CONSUL

United States of America

0031396-1

DEPARTMENT OF STATE

To all to whom these presents shall come, Greetings:

I Certify That the document hereunto annexed is under the Seal of the Secretary of State of the State(s) of Delaware, and that such Seal(s) is/are entitled to full faith and credit.*

In testimony whereof, I, Madeleine K. Albright, Secretary of State , have hereunto caused the seal of the Department of State to be affixed and my name subscribed by the Assistant Authentication Officer, of the said Department, at the city of Washington, in the District of Columbia, this thirteenth day of March, 2000.

CONSULADO DE COLOMBIA
CONSULADO DE COLOMBIA
COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCUITO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE SE TENIDO A LA VISTA
29 MAR 2000
JUAN MANUEL BUITRAGO MEDINA
NOTARIO

Madeleine K. Albright
Secretary of State

By _____
Assistant Authentication Officer,
Department of State

Issued pursuant to CHXIV, State of Sept. 15, 1789, 1 Stat. 68–69; 22 USC 2657; 22 USC 2651a; 5 USC 301; 28 USE 1733 et. seq.; 8 USC 1443(f); RULE 44 Federal Rules of Civil Procedure.

*For the contents of the annexed document, the Department assumes no responsibility.

This certificate is not valid if it is removed or altered in any way whatsoever

148

State of Delaware

Office of the Secretary of State

I, EDWARD J. FREEL, SECRETARY OF STATE OF THE STATE OF DELAWARE, DO HEREBY CERTIFY THE ATTACHED IS A TRUE AND CORRECT COPY OF THE CERTIFICATE OF AMENDMENT OF "EXXON PRODUCTION RESEARCH COMPANY", CHANGING ITS NAME FROM "EXXON PRODUCTION RESEARCH COMPANY" TO "EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY", FILED IN THIS OFFICE ON THE NINTH DAY OF DECEMBER, A.D. 1999, AT 9 O'CLOCK A.M.

COMO NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTAFE DE BOGOTA, HAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE HE TENIDO A LA VISTA

29 MAR 2000

JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

Edward J. Freel, Secretary of State

0617801 8100

991543397

AUTHENTICATION: 0189707

DATE: 01-10-00

CERTIFICATE OF AMENDMENT
OF
CERTIFICATE OF INCORPORATION

EXXON PRODUCTION RESEARCH COMPANY

Exxon Production Research Company, a Corporation organized and existing under and by virtue of the General Corporation Law of the State of Delaware, **DOES HEREBY CERTIFY:**

1. That in lieu of a meeting and vote of the Directors, the Board of Directors of said Corporation by unanimous written consent, adopted a resolution proposing and declaring advisable the following amendment to the Certificate of Incorporation of said Corporation:

   RESOLVED, That the Board of Directors deems it advisable and in the best interests of the Corporation and its shareholder that the Corporation's current Certificate of Incorporation be amended by changing the Article thereof numbered "FIRST" so that, as amended, said Article shall be and read as follows:

   "FIRST: The name of the corporation is

   ExxonMobil Upstream Research Company"

2. That in lieu of a meeting and vote of stockholders, the sole stockholder has given unanimous written consent to said amendment in accordance with the provisions of Section 228 of the General Corporation Law of the State of Delaware.

3. That the aforesaid amendment was duly adopted in accordance with the applicable provisions of Sections 228 and 242 of the General Corporation Law of the State of Delaware.

IN WITNESS WHEREOF, said Exxon Production Research Company has caused its Corporate Seal to be hereunto affixed and this certificate to be signed by Dan Mendell, III, President, this 9th day of December, 1999.

CONSULADO DE COLOMBIA
CONSUL NOTARIO SEXTO DEL CIRCULO DE SANTA FE
DE BOGOTA
DOY FE Y PAGO CONSTAR QUE ESTA COPIA FOTOSTATICA COINCIDE CON EL ORIGINAL QUE ME FUE PRESENTADA
29 MAR 2000
JUAN MANUEL BOTERO MEDINA
NOTARIO

EXXON PRODUCTION RESEARCH COMPANY

Dan Mendell III

Dan Mendell, III, President

ATTEST:

EF Commender

Secretary

G:\contract\newcorp.doc

STATE OF DELAWARE
SECRETARY OF STATE
DIVISION OF CORPORATIONS
FILED 09:00 AM 12/09/1999
991526723 – 0617801

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

1o. EXAMEN DE FORMA PATENTE DE INVENCION

Folio 150

Radicación no 00-20385 A

Concepto Técnico no 1361 Clasificación Internacional de Patentes B65D 88/00

Practicado el examen de acuerdo a lo establecido en el Art. 38 de la Decisión 486 se determinó que esta solicitud de **Patente de Invención:**

SI [✔]	NO [ ]	Contiene un resumen de la invención (Art.26-e).
SI [✔]	NO [ ]	Contiene el título o nombre de la invención (Art.27-d).
SI [✔]	NO [ ]	Contiene la descripción de la invención (Art.26-b).
SI [✔]	NO [ ]	NO ES APLICABLE [ ] Contiene los dibujos necesarios para comprender la invención (Art.26-d)
SI [✔]	NO [ ]	Contiene una o más reivindicaciones. (Art.26-c).
SI [ ]	NO [ ]	NO ES APLICABLE [✔] Han sido desarrollados los productos y/o procedimientos a partir de recursos genéticos o de sus productos derivados de los que cualquiera de los Países Miembros es país de origen. (Art. 26- h).
SI [ ]	NO [ ]	NO ES APLICABLE [✔]Los productos y/o procedimientos han sido obtenidos o desarrollados a partir de los conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas, afroamericanas, o locales de los países miembros, de acuerdo a lo establecido en la Decisión 391 y sus modificaciones y reglamentaciones vigentes.(Art.26-i).
SI [ ]	NO [✔]	La invención se refiere a un producto relativo a un material biológico. (Art.26-J).
SI [✔]	NO [ ]	La prioridad coincide con la materia reivindicada.
SI [✔]	**NO [ ]**	**CUMPLE LOS REQUISITOS TÉCNICOS**

OBSERVACIONES Y OTROS: SI [ ] NO [✔] ver hoja(s) anexa(s)

Esta es una solicitud divisional correspondiente a la presentada bajo el número de radicación **00-20385.** Para efectos de claridad de los folios 94 a 107 de la presente solicitud divisional, referirse a la solicitud principal en los folios correspondientes 97 a 110.

EXAMINADOR TÉCNICO
202030

Bogotá D. C., 11-09-2002

Carrera 13 No. 27-00 Piso 5 y 10
Conmutador: 334 12 21-2-3-4
Fax: 281 31 25 e-mail: info@sic.gov.co
Santa Fe de Bogotá D.C. - Colombia

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

Folio 151 416
2003-01-31

2020
Bogotá DC

Doctor(a)
JOSE ANTONIO LLOREDA
Apoderado(a)

REFERENCIA:	Radicación No.	00-20385 A
	Trámite	002
	Evento	001
	Actuación	416
	Oficio No.	1881
	Folios	001

Teniendo en cuenta que la solicitud de privilegio de patente que se tramita bajo el expediente indicado en la referencia, reúne los requisitos de forma establecidos en los artículos 26 y 27 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, y en las demás disposiciones vigentes sobre la materia, se envía el extracto de la solicitud a la Oficina de Comunicaciones para efecto de su publicación en la Gaceta de Propiedad Industrial, conforme lo establece el artículo 40 de la misma Decisión.

Cúmplase
Dado en Bogotá DC, a los 30 SET. 2002

ALIX CARMENZA CESPEDES DE VERGEL
Jefe de la División de Nuevas Creaciones

Bogotá, DC, Dic/06 El extracto de esta solicitud fue publicado en el número de 524 la Gaceta de Propiedad Industrial, de fecha 31-01-03. El término hábil señalado por la ley expiró el 30-04/03 y SI ___ NO X se presentaron oposiciones por parte de terceros.

Carrera 13 No. 27-00 Piso 5 y 10
Conmutador: 334 12 21-2-3-4
Fax: 281 31 25 e-mail: info@sic.gov.co
Santa Fe de Bogotá D.C. - Colombia