

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 296**

51 Int. Cl.:

F16L 9/12 (2006.01)

F16L 11/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.09.2008 PCT/GB2008/003098**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.03.2009 WO09034340**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2008 E 08806255 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2191183**

54 Título: **Mejoras relacionadas con un tubo**

30 Prioridad:

14.09.2007 GB 0718018

14.09.2007 GB 0718019

14.09.2007 GB 0718020

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

28.06.2017

73 Titular/es:

**BHP BILLITON PETROLEUM PTY LTD (100.0%)
Level 27, BHP Billiton Centre, 180 Lonsdale
Street
Melbourne, VIC 3000, AU**

72 Inventor/es:

WITZ, JOEL, ARON

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 620 296 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Mejoras relacionadas con un tubo.

5 La presente invención se refiere a un tubo, y más particularmente se refiere a un tubo adecuado para su utilización en aplicaciones criogénicas. La invención está especialmente relacionada con tuberías marinas adecuadas para su utilización sobre el lecho marino o próximas al mismo.

10 Existen muchos sistemas para transportar fluidos desde una estructura marina ("offshore") tal como un barco u otra plataforma a una tubería submarina. Los ejemplos de dichos sistemas incluyen:

15 (1) El sistema de amarre convencional de boyas múltiples (CMBM). En este sistema un tubo vertical ("riser") discurre directamente desde la estructura marina hacia abajo hasta la tubería, con boyas de soporte dispuestas a intervalos a lo largo de la longitud de la manguera.

20 (2) El sistema de monoamarre de torre única (STM). En este sistema se fija al lecho marino una torre de amarre que se extiende hasta la superficie del mar. La torre de amarre sujeta un tubo vertical que se extiende desde la superficie del mar hasta la tubería. Puede extenderse una manguera u otro tipo de tubo desde la estructura marina y conectarse al extremo de la manguera en la parte superior de la torre de amarre.

25 (3) El sistema de amarre de un único poste de anclaje (SALM). En este sistema se sitúa una boya próxima a la estructura marina, fijándose la boya a una unidad de conexión, a la que sujeta, ubicada sobre el lecho marino o próxima al mismo. Un tubo vertical se extiende desde la estructura marina hasta la unidad de conexión, y a continuación desde la unidad de conexión hasta la tubería. Otra sección del tubo discurre desde la unidad de conexión hasta la tubería.

30 (4) El sistema de amarre de poste de anclaje en catenaria (CALM). En este sistema, una boya se sitúa próxima a la estructura marina. Un tubo vertical discurre desde la boya hasta una unidad de conexión subacuática ubicada sobre el lecho marino o próxima al mismo. Otra sección del tubo discurre desde la unidad de conexión hasta la tubería. Puede extenderse una manguera u otro tipo de tubo desde la estructura marina y conectarse al extremo de la manguera en la boya. Existen diversas configuraciones del sistema CALM que incluyen el sistema "Steep S", el sistema "Lazy S" y el sistema "Chinese Lantern".

35 Todos los sistemas descritos anteriormente son bien conocidos en la técnica y existen otros sistemas posibles que no se han descrito anteriormente tales como, por ejemplo, la utilización de una estructura marina intermedia. La característica esencial de todos estos sistemas es que se proporciona un tubo vertical para suministrar fluidos desde una estructura marina, tal como un barco, a una estructura subacuática, tal como una tubería. La configuración exacta del tubo vertical y de la estructura de soporte para el tubo vertical puede variar en función de las condiciones predominantes en la ubicación marina concreta. En función de los detalles particulares del sistema, el tubo vertical comprende secciones sumergidas, flotantes y aéreas.

40 Las tuberías se construyen en general mediante uno de entre dos procedimientos. El primer procedimiento, y en general el más común, para tuberías tanto terrestres como marinas, es la soldadura entre sí de tramos cortos de tubo metálico. Este tubo metálico puede recubrirse para protegerlo contra la corrosión y a menudo en aplicaciones marinas se aplica un recubrimiento de hormigón para proporcionarle peso y protección mecánica. En algunas aplicaciones se aplica un recubrimiento grueso tal como poliuretano sintáctico para proporcionar aislamiento. Habitualmente, se aplica el recubrimiento después de producir la junta. En la construcción marina las juntas se producen o bien en la posición sustancialmente horizontal desde la barca de tendido (el denominado procedimiento de "tendido en S") o bien en la posición casi vertical (el denominado procedimiento de "tendido en J"). Se prefiere habitualmente el procedimiento de tendido en J en la construcción de tuberías en aguas profundas.

50 La alternativa a la unión de tramos cortos de tubo en la barca de tendido marina es el procedimiento de devanado, en el que la tubería está almacenada en continuo con determinada deformación plástica en un carrete grande. Cuando la tubería se devana del carrete, pasa a través de un enderezador para invertir la deformación plástica producida en el almacenamiento.

55 En algunas aplicaciones, los requisitos de aislamiento, tanto en términos de propiedades térmicas como de capacidad de profundidad en agua, son tales que se han desarrollado sistemas de tubo dentro de tubo. En este caso, un tramo relativamente corto de tubería se dispone dentro de otro tubo y se unen entre sí para formar la tubería continua. El espacio anular entre los tubos concéntricos puede rellenarse con aislamiento o puede ser un espacio vacío.

60 Las tuberías terrestres comparativamente cortas para aplicaciones criogénicas son comunes y se construyen normalmente a partir de aceros inoxidables austeníticos, que son adecuados para su utilización a temperaturas asociadas con nitrógeno líquido, de aproximadamente -196°C, y gas natural licuado, de aproximadamente -163°C. Un problema conocido de las aplicaciones de tuberías criogénicas terrestres es la contracción térmica que se

produce cuando la tubería se enfría desde la temperatura ambiente a la temperatura del gas natural licuado transportado. Para aceros inoxidable austeníticos esto es equivalente a una contracción de aproximadamente 2,8 mm/m. Con el fin de controlar las tensiones térmicas resultantes, se disponen en la tubería de forma regular bucles de expansión. Un desarrollo más reciente realizado por Osaka Gas y otros es la utilización de tuberías constituidas por una aleación del 36% de níquel y el 64% de hierro. Esta aleación se conoce también con la denominación comercial INVAR (marca comercial registrada). Esta aleación, descubierta en 1896 por Charles-Edouard Guillaume, tiene la propiedad de sufrir cambios dimensionales mínimos con las variaciones de temperatura. Cuando se enfría desde temperatura ambiente a la temperatura del gas natural licuado la contracción es de 0,3 mm/m, un orden de magnitud inferior a la del acero inoxidable austenítico. Esto es particularmente ventajoso porque reduce sustancialmente la necesidad de un amplio uso de bucles de expansión.

Al ser metales, los aceros inoxidable austeníticos y la aleación INVAR (RTM) no tienen propiedades de aislamiento eficaces y, por lo tanto, o bien se aplica un aislamiento convencional o bien se deja que la tubería se autoaisle mediante la formación de una capa de hielo.

Así, los problemas habituales para tubos criogénicos submarinos son los siguientes

- 1) El material que está en contacto con el fluido criogénico no debe ser quebradizo a temperaturas de LN2
- 2) Debe existir un aislamiento muy eficaz entre el fluido criogénico y la temperatura exterior del agua del mar para minimizar la evaporación resultante de la influencia del calor como consecuencia del diferencial de temperatura de aproximadamente 200 grados C (-163 para GNL hasta la temperatura del agua del mar de aproximadamente 10 grados C = una diferencia de 173 grados C)
- 3) La contracción en la dirección axial/longitudinal de la tubería, es decir, a lo largo de la tubería, debe controlarse de otro modo, ya que debido a que la tubería está eficazmente sujeta en ambos extremos se desarrollan fuerzas elevadas cuando se enfría, debido a que tiende a contraerse pero no puede.

Tal como se ha discutido anteriormente, la solución convencional a (1) es la utilización de acero inoxidable austenítico, por ejemplo 316L, el 9% de níquel y el 36% de níquel (Invar) para el tubo interior. Todos ellos son compatibles con las condiciones criogénicas pero con coeficientes de contracción térmica decrecientes partiendo del acero inoxidable austenítico hasta el invar. El 316 se contrae demasiado y, por lo tanto, son necesarios bucles de expansión de pata de perro para tratar el tercer problema. El Invar elimina el problema debido a su coeficiente de contracción térmica nominalmente cero y el Ni9% se encuentra en algún punto entre los mismos (véanse los documentos de los antecedentes).

El segundo problema se soluciona disponiendo un tubo interior dentro del tubo exterior y solucionando las propiedades de aislamiento del espacio anular. Esto se denomina solución de tubo dentro de tubo y es la cuestión focal de una serie de patentes. Otra opción es formar un vacío en el espacio anular, que es un medio de aislamiento muy eficaz. La alternativa es utilizar aislantes muy eficaces, de los que existen varios (véase la literatura de patente), y recientemente se ha puesto la atención en un material de aislamiento relativamente nuevo que se denomina aerogel o nanogel. Estos materiales de aislamiento se han combinado también con un vacío parcial para proporcionar los materiales de aislamiento.

Esencialmente, la tecnología conocida es una solución de tubo dentro de tubo con aislamiento del espacio anular.

Hasta la fecha no se ha construido ninguna tubería marina para aplicaciones criogénicas. Una tubería marina para transportar fluidos criogénicos debe solucionar ambos problemas, el de expansión térmica y el de aislamiento. Esto ha conducido al desarrollo de diseños de tubos concéntricos basados en el diseño convencional de tubo dentro de tubo. Estos diseños utilizan INVAR (RTM) para resolver el problema de la expansión térmica y se utilizan materiales de aislamiento de alto rendimiento tales como aerogeles en los espacios anulares resultantes para solucionar el problema del aislamiento. Estos diseños son caros en términos de materiales y de construcción.

La presente invención se refiere en particular a la tubería que se ubica habitualmente sobre el lecho marino o cerca del mismo. Dicha tubería comprende normalmente un tubo exterior, un tubo interior y una capa de aislamiento dispuesta entre los tubos interior y exterior. Como se ha expuesto anteriormente, en la técnica anterior el tubo exterior puede ser de acero inoxidable y el tubo interior puede ser de una aleación de hierro y níquel tal como el material comercializado con la denominación comercial INVAR. El material INVAR (RTM) se selecciona para este fin debido a que tiene un coeficiente de expansión térmica reducido, de tal modo que las tuberías interior y exterior se expanden y se contraen en cantidades similares a pesar de la variación de temperatura entre las tuberías interior y exterior, lo que está provocado principalmente por la presencia de la capa de aislamiento. Aunque las tuberías con un tubo interior de INVAR (RTM) son eficaces en el transporte de fluidos criogénicos, son muy caras debido a su contenido en níquel.

El documento WO 2006044053 divulga un sistema para transportar fluidos criogénicos desde un barco a una ubicación subacuática. Sin embargo, esta patente no contiene ninguna información sobre cómo diseñar la tubería

con la que se suministra el fluido criogénico.

5 El documento GB 2 289 107 A divulga un tubo laminado compuesto para su utilización en sistemas de tubos verticales de producción marina. El tubo tiene un coeficiente de expansión térmica no superior a $10,8 \times 10^{-7} \text{ C}^{-1}$ y una relación de Poisson próxima a 0,5. El tubo compuesto se utiliza en aplicaciones en las que está sometido a una expansión y una contracción periódicas, especialmente en tubos para la producción de aceite caliente en un tubo vertical marino.

10 Un objetivo de la invención es proporcionar un tubo con unas características de robustez y resistencia a la temperatura que sean deseables para transportar eficazmente fluidos a través de una tubería.

15 La presente invención tiene como objeto avanzar hacia una solución de un único tubo basada en la tecnología de los materiales compuestos. Puede ser deseable disponer el tubo en otro conducto para su protección mecánica o para proporcionar un espacio anular para que sea a prueba de fugas, pero esto no es una solución de tubo dentro de tubo como tal.

El documento WO 01/96772 A, que constituye la técnica anterior más cercana, divulga una tubería según el preámbulo de la reivindicación 1.

20 La presente invención proporciona una tubería tal como se reivindica en la reivindicación 1.

25 Así, según un aspecto de la invención, se proporciona una tubería, especialmente una tubería submarina, que comprende un tubo formado por un material compuesto. El material compuesto es ventajosamente tal, que el tubo presente una resistencia mecánica suficiente tanto en la dirección axial/longitudinal como en la dirección radial/anular para soportar las cargas inducidas por la presión interna (20 a 30 barg) y para controlar los coeficientes de contracción térmica equivalentes en la dirección longitudinal y en la dirección anular. El hecho de que la contracción longitudinal sea próxima a cero, es decir, ligeramente negativa o positiva, es deseable para que cualquier fuerza axial inducida por la temperatura sea solo ligeramente extensora o compresiva. La contracción en la dirección radial es menos problemática, dado que se contrarrestará en parte por la presión interna. El espesor de la pared del tubo compuesto se construirá de modo que se proporcione la respuesta mecánica deseada a cargas térmicas y de presión y que, como consecuencia, también se proporcionen propiedades de aislamiento significativas. Esto reduce los requisitos sobre cualquier aislamiento adicional que se prevé que está basado en aislantes poliméricos convencionales tales como poliuretano o polietileno que pueden tener materiales de carga aislantes tales como perlas de vidrio incorporados. El resultado es un tubo aislado "convencional", pero basado en materiales compuestos, que soluciona el problema inherente de servicio criogénico controlando las propiedades de contracción térmicas en la dirección axial y utilizando las mejores propiedades de aislamiento de materiales compuestos con respecto a metales.

40 Esencialmente, este aspecto de la invención se refiere a un tubo realizado en un material compuesto, preferentemente un tubo submarino, y el material compuesto se dispone de modo que la expansión térmica en la dirección longitudinal sea un CTE longitudinal efectivo de cero a $10 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$. El tubo puede tener un tubo exterior o un tubo interior que puede o no puede estar realizado en un material compuesto.

45 Otro aspecto de la invención se refiere a la utilización de materiales compuestos en servicio criogénico en los que se puede eliminar la contracción térmica en una dirección. Esto es un avance en tuberías, especialmente en tuberías submarinas.

50 Los "materiales compuestos" son materiales que están fabricados a partir de una combinación de dos o más materiales para proporcionar un conjunto de propiedades único y específicamente adaptado. La forma más común de materiales compuestos es una matriz de fibras dentro de una resina. Las fibras pueden ser continuas con una orientación en la dirección longitudinal o las fibras pueden ser segmentos de longitud corta con una orientación mixta. Las fibras son habitualmente fibras de alta resistencia tales como vidrio E, vidrio S, aramida (por ejemplo, Kevlar (marca comercial)) o carbono. La resina encapsula las fibras y puede ser una resina termoplástica tal como un polietileno, una poliimida, una poliamida, un fluoropolímero, poli(cloruro de vinilo) (PVC), poliuretano (PU), polieteretercetona (PEEK) o una resina termocurable tal como un epoxi o un poliéster o un éster vinílico. El material compuesto puede ser una construcción laminada con capas de fibras longitudinales en una matriz de resina orientadas en direcciones diferentes con el fin de lograr las propiedades mecánicas deseadas. La utilización de fibras con una resistencia elevada dentro del material compuesto da como resultado, en general, una construcción con una relación resistencia con respecto a peso considerable, y por este motivo los materiales compuestos se han utilizado ampliamente en las industrias aeroespacial y del automóvil, incluidas aplicaciones de recipientes a presión.

60 Muchos de los componentes constituyentes de un material compuesto tales como una resina epoxi no serían adecuados para el servicio criogénico en una forma homogénea en masa, principalmente por su carácter quebradizo a bajas temperaturas. No obstante, cuando los materiales constituyentes se combinan cuidadosamente en forma de fibras o de laminados con otros materiales constituyentes en una matriz, entonces la interacción estructural es tal que pueden superarse las limitaciones del material constituyente homogéneo en masa.

Se ha descubierto que la selección de la fibra es importante y se prefiere la utilización de fibras de carbono, de carbono, de aramida, de vidrio o de polietileno de peso molecular ultra alto de alta resistencia o combinaciones de las mismas. Por ejemplo, las resistencias a la tracción, los módulos de tracción y las densidades representativa de vidrio E, Kevlar-49, fibras de carbono MS-LM (resistencia media-módulo reducido) se encuentran en el orden: 3450, 3790, 4138 MPa para la resistencia a la tracción; 72, 124, 228 GPa para los módulos de tracción y 2,6, 1,4, 1,8 g/c³ para la densidad. Se ha descubierto que pueden utilizarse resinas termocurables y termoplásticas. La densidad del epoxi y de la PEEK (polieteretercetona) es en ambos casos de aproximadamente 1,3 g/cc. Se ha descubierto que utilizando un material compuesto que contiene algunos de estas fibras de alta resistencia, en particular en el primer elemento, se reduce sustancialmente el peso del accesorio de extremo a la vez que conserva la capacidad de retención a alta presión.

Otra ventaja de la utilización de un material compuesto es que presenta una conductividad térmica más reducida que el acero. Normalmente la conductividad térmica es de aproximadamente 0,1 a 1 W/m.°K, que es por lo menos un orden de magnitud inferior a la del acero inoxidable austenítico. Esto es particularmente ventajoso en aplicaciones criogénicas, dado que reduce la cantidad de aislamiento térmico requerida para el accesorio de extremo para minimizar la influencia del calor que provoca la evaporación del fluido criogénico. La evaporación gaseosa proporciona ineficacia a la transferencia de líquidos criogénicos y, por lo tanto, es muy deseable minimizar la tasa de evaporación. Esto es particularmente importante en la transferencia de barco a barco en la que los accesorios de extremo de una manguera flexible criogénica flotante están en contacto con el agua.

Debido a la conductividad térmica inherente de materiales compuestos es posible construir en capas sucesivas de materiales o materiales compuestos aislantes exteriormente la capa de material compuesto interna utilizando el gradiente térmico inherente. Las capas de aislamiento pueden ser, por ejemplo, fibras aislantes huecas en una resina termoplástica, o poliuretano (PU) aireado. La utilización de PU proporciona una capa protectora mecánica exterior potencialmente robusta. Así, los elementos de extremo primero y/o segundo del accesorio de extremo pueden estar constituidos por una pluralidad de capas de material, siendo algunos de los mismos, o todos, un material compuesto que tiene preferentemente una conductividad térmica de 2 W/m.°K o inferior, de forma más preferida de 1 W/m.°K o inferior. Algunas capas de la primera y/o la segunda capa pueden ser de materiales no compuestos, tal como materiales poliméricos no compuestos que tienen preferentemente una conductividad térmica inferior a 2 W/m.°K, de forma más preferida inferior a 1 W/m.°K. Los materiales no compuestos pueden ser una resina termoplástica o PU. Así, es posible según la invención construir los componentes del accesorio de extremo mediante capas de material diseñado para proporcionar las propiedades generales deseadas para el accesorio de extremo.

Se ha descubierto que es particularmente ventajoso utilizar las propiedades bastante inusuales de fibras de carbono y determinadas fibras de aramida, en particular la poli(fenilentereftalamida), conocida como Kevlar (marca comercial) o Twaron (marca comercial), en que muestran un CTE longitudinal negativo y un CTE transversal positivo. Por ejemplo, el CTE longitudinal para Kevlar-49 es de $-2 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$ y en la dirección transversal es $68 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$. En una construcción de material compuesto laminado que contiene estas fibras la chapa se expande en la dirección de la fibra y se contrae transversalmente con la reducción de la temperatura. Cabe mencionar que se desarrollan fuerzas de cizallamiento internas dentro de una disposición simétrica equilibrada de capas y el resultado es una expansión longitudinal de la red al enfriar. Ajustando la dirección de la fibra es posible controlar la magnitud de la expansión al punto en el que se logra un CTE longitudinal efectivo de cero a aproximadamente $-10 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$. Es posible construir el extremo de material compuesto para controlar la magnitud de los cambios dimensionales radiales por debajo del anillo de sellado para efectuar incluso un aumento de las presiones de contacto de sellado con la reducción de la temperatura.

La tubería según la invención incluye una estructura tubular interior, comprendiendo la estructura tubular interior una manguera flexible, en la que la manguera flexible comprende un cuerpo tubular dispuesto entre elementos de sujeción interior y exterior, incluyendo el cuerpo tubular una capa de sellado y estando formado de un material capaz de resistir temperaturas criogénicas, en la que la estructura tubular interior tiene propiedades de aislamiento suficientes para proteger el conducto rígido exterior de la baja temperatura del fluido criogénico que fluye en el interior de la estructura tubular interior.

En una forma de realización particularmente ventajosa, los extremos del conducto rígido y la manguera flexible se sellan para evitar el ingreso de fluidos entre el conducto rígido y la manguera.

En otra forma de realización particularmente ventajosa, por lo menos un extremo del tubo está adaptado para conectarlo a un tubo vertical subacuático.

El tubo según la invención es adecuado para su utilización en ubicaciones subacuáticas. Sin embargo, debe apreciarse que, cuando está en uso, no todo el tubo está dispuesto necesariamente debajo del agua.

La manguera incluye adicionalmente y unos medios de refuerzo axial.

Preferentemente, se proporciona una capa de refuerzo adicional entre el elemento de sujeción exterior y los medios de refuerzo axial.

5 El cuerpo tubular comprende preferentemente por lo menos dos de las capas de refuerzo, estando la capa de sellado intercalada entre las mismas.

10 La resistencia máxima de la(s) capa(s) de refuerzo se encuentra preferentemente entre 100 y 700 kN para un diámetro de manguera de 8" (200 mm). Se prefiere que la deformación de flexión de rotura de la(s) capa(s) de refuerzo se encuentre en el intervalo del 2% al 15%.

15 Preferentemente, los medios de refuerzo axial comprenden una cubierta generalmente tubular formada por una lámina de material proporcionada en forma tubular, de forma que la cubierta pueda mantener la integridad de su forma tubular cuando está sometida a una tensión axial. La manguera puede estar provista de dos o más cubiertas tubulares con el fin de mejorar adicionalmente las prestaciones de la manguera bajo una tensión axial. Los medios de refuerzo axial están previstos en forma de una trenza generalmente tubular. En la presente memoria, el término "trenza" se refiere a un material que está formado por dos o más fibras o hilos que se han entrelazado para formar una estructura alargada. Una característica de la trenza es que puede alargarse cuando está sometida a una tensión axial. Otra característica de la trenza es que cuando se proporciona en forma tubular, su diámetro se reducirá cuando la trenza está sometida a una tensión axial.

20 Así, proporcionando una trenza tubular alrededor del cuerpo tubular, o dentro de la estructura del cuerpo tubular, la trenza ejercerá una fuerza radial hacia dentro sobre por lo menos parte del cuerpo tubular cuando está sometido a una tensión axial. Se prefiere que la totalidad de la cubierta tubular se proporcione en forma de la trenza. No obstante, es posible que solo una o más partes de la longitud de la cubierta tubular se proporcione en forma de la trenza. También se prefiere que la trenza se extienda todo el recorrido alrededor de la circunferencia de la cubierta tubular. No obstante, es posible que solo parte de la circunferencia de la cubierta tubular se proporcione en forma de la trenza. La trenza puede proporcionarse en forma biaxial (es decir, en la que la trenza está formada por solo dos fibras o hilos entrelazados) o en forma triaxial (es decir, en la que existen también fibras o hilos que se extienden longitudinalmente, para aumentar la resistencia axial).

25 Aunque se prefiere, según la invención, proporcionar los medios de refuerzo axial en forma de una trenza, en otros ejemplos pueden proporcionarse en otras formas que cumplan los requerimientos funcionales especificados anteriormente. Así, los medios de refuerzo axial pueden proporcionarse como una disposición adecuada de cuerdas o cordones enrollados helicoidalmente alrededor del cuerpo tubular.

30 Así, alternativamente, o adicionalmente, en otro ejemplo los medios de refuerzo axial comprenden una pluralidad de tiras de refuerzo axial que se extienden a lo largo de la longitud de la manguera. Las tiras de refuerzo axial se encuentran preferentemente de forma equidistante alrededor de la circunferencia de la manguera. Puede haber dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho o más tiras. De forma más preferida habrá tres, cuatro, cinco o seis tiras, y de la forma más preferida cuatro o seis tiras. Preferentemente cada tira de refuerzo axial está fabricada de una tela que tiene una trama y una urdimbre. De forma más preferida, la urdimbre de cada una de las tiras de refuerzo axial está dispuesta en un ángulo de 0° a 10° con respecto al eje longitudinal de la manguera. De forma aún más preferida, la urdimbre de cada una de las tiras de refuerzo axial está dispuesta en un ángulo de 0° a 5° con respecto al eje longitudinal de la manguera. De la forma más preferida, la urdimbre de cada una de las tiras de refuerzo axial está dispuesta en un ángulo de 0° a 2° con respecto al eje longitudinal de la manguera.

35 Los medios de refuerzo axial pueden disponerse entre el elemento de sujeción exterior y el cuerpo tubular. Alternativamente, los medios de refuerzo axial pueden incorporarse dentro del cuerpo tubular, es decir, entre la capa de refuerzo y la capa de sellado.

40 Los materiales de construcción de la manguera deben seleccionarse de modo que permitan a la manguera actuar en el entorno para que el que está prevista. Así, existe la necesidad de una manguera que permita el transporte de fluidos presurizados a través de la misma sin escapes del fluido a través de las paredes de la manguera. Existe también la necesidad de que la manguera resista flexiones repetidas y que resista las tensiones axiales provocadas por la combinación del peso de la manguera y del fluido. Es decir, si la manguera está prevista para su utilización en el transporte de fluidos criogénicos, los materiales deberán ser capaces de operar a temperaturas extremadamente frías sin que se produzca ninguna reducción en sus prestaciones. El propósito principal de la, o cada, capa de refuerzo es resistir las tensiones circunferenciales a las que está sometida la manguera durante el transporte de fluidos a través de la misma. Así, cualquier capa de refuerzo que tenga el grado de flexibilidad requerido, y que pueda resistir las tensiones necesarias, será adecuada. Es decir, si la manguera está prevista para el transporte de fluidos criogénicos, entonces la, o cada, capa de refuerzo debe ser capaz de resistir temperaturas criogénicas.

45 Se prefiere que la, o cada, capa de refuerzo esté formada por una lámina de material que se ha enrollado en una forma tubular enrollando el material de lámina de una forma helicoidal. Esto significa que la, o cada, capa de refuerzo no presenta mucha resistencia a la tensión axial, dado que la aplicación de una fuerza axial tenderá a separar los enrollamientos. La, o cada, capa de refuerzo puede comprender una única capa continua del material

laminar o puede comprender dos o más capas continuas del material laminar. No obstante, más habitualmente (y en función de la longitud de la manguera), la, o cada, capa de material laminar estará compuesta por una pluralidad de tramos separados de material laminar dispuestos a lo largo de la longitud de la manguera.

5 En una forma de realización preferida, la, o cada, capa de refuerzo comprende una tela, del modo más preferido una tela tejida. La, o cada, capa de refuerzo puede ser un material natural o sintético. La, o cada, capa de refuerzo está constituida convenientemente por un polímero sintético, tal como un poliéster, una poliamida o una poliolefina. El polímero sintético puede proporcionarse en forma de fibras, o de un hilo, a partir del que se fabrica la tela.

10 Cuando la, o cada, capa de refuerzo comprende un poliéster, este es preferentemente poli(tereftalato de etileno). Cuando la, o cada, capa de refuerzo comprende una poliamida, esta puede ser una poliamida alifática, tal como un nailon, o puede ser una poliamida aromática, tal como un compuesto de aramida. Por ejemplo, la, o cada, capa de refuerzo puede ser una poli-(p-fenilentereftalamida) tal como KEVLAR (marca comercial registrada).

15 Cuando la, o cada, capa de refuerzo comprende una poliolefina, esta puede ser un homopolímero de polietileno, polipropileno o polibutileno o un copolímero o terpolímero de los mismos y está orientada preferentemente de forma monoaxial o biaxial. Más preferentemente, la poliolefina es un polietileno, y del modo más preferente el polietileno es un polietileno de alto peso molecular, especialmente UHMWPE. En una forma de realización preferida, los medios de refuerzo axial son también UHMWPE.

20 El UHMWPE utilizado en la presente invención tendrá en general un peso molecular promedio en peso superior a 400.000, normalmente superior a 800.000 y habitualmente superior a 1.000.000. El peso molecular promedio en peso no excederá habitualmente de aproximadamente 15.000.000. El UHMWPE está caracterizado preferentemente por un peso molecular de aproximadamente 1.000.000 a 6.000.000. El UHMWPE más útil de la presente invención está muy orientado y se habrá estirado habitualmente por lo menos 2-5 veces en una dirección y por lo menos 10-15 veces en la otra dirección.

25 El UHMWPE más útil en la presente invención tendrá en general una orientación paralela superior al 80%, más habitualmente superior al 90 % preferentemente superior al 95%. La cristalinidad será en general superior al 50%, más habitualmente superior al 70%. Es posible una cristalinidad de hasta el 85-90%.

30 El UHMWPE se describe, por ejemplo, en los documentos US-A-4344908, US-A-4411845, US-A4422993, US-A-4430383, US-A-4436689, EP-A-183285, EP-A-0438831 y EP-A0215507.

35 Es particularmente ventajoso que la, o cada, capa de refuerzo comprenda un UHMWPE muy orientado, tal como el que se encuentra disponible en DSM High Performance Fibres BV (una compañía de los Países Bajos) con la denominación comercial DYNEEMA, o que se encuentra disponible en la US corporation AlliedSignal Inc. con la denominación comercial SPECTRA. En el folleto comercial titulado "DYNEEMA; the top performance in fibers; properties and application" publicado por DSM High Performance Fibres BV, edición 02/98 se dan a conocer detalles adicionales sobre el DYNEEMA. En el folleto comercial titulado "Spectra Performance Materials" publicado por AlliedSignal Inc., edición 5/96 se dan a conocer detalles adicionales sobre SPECTRA. Estos materiales están disponibles desde la década de 1980.

40 En la forma de realización preferida, la, o cada, capa de refuerzo comprende una tela tejida formada por fibras dispuestas en una dirección de trama y urdimbre. Se ha descubierto que es particularmente ventajoso que la, o cada, capa de refuerzo esté dispuesta de forma que la dirección de urdimbre de la tela se encuentre en un ángulo inferior a 20° con respecto a la dirección axial de la manguera; también se prefiere que este ángulo sea superior a 5°. En la forma de realización preferida, la, o cada, capa de refuerzo está dispuesta de modo que la dirección de urdimbre de la tela se encuentre en un ángulo de 10° a 20°, del modo más preferido a aproximadamente 15°, con respecto a la dirección axial de la manguera.

45 El propósito de la capa de sellado es principalmente evitar la fuga de fluidos transportados a través del cuerpo tubular. Así, será adecuada cualquier capa de sellado que tenga el grado requerido de flexibilidad y que pueda proporcionar la función de sellado deseada. Es decir, si la manguera está prevista para el transporte de fluidos criogénicos, entonces la capa de sellado debe ser capaz de resistir temperaturas criogénicas.

50 La capa de sellado puede estar fabricada de los mismos materiales básicos que la, o cada, capa de refuerzo, en particular UHMWPE. Como alternativa, la capa de sellado puede ser un fluoropolímero, tal como: politetrafluoroetileno (PTFE); un copolímero de etileno-propileno fluorados, tal como un copolímero de hexafluoropropileno y tetrafluoroetileno (tetrafluoroetileno-perfluoropropileno) disponible en DuPont Fluoroproducts con la denominación comercial Teflon FEP; o un hidrocarburo fluorado - perfluoroalcoxi - disponible en DuPont Fluoroproducts con la denominación comercial Teflon PFA. Estas películas pueden fabricarse mediante extrusión o mediante soplado.

65 Se prefiere que la, o cada, capa de sellado esté formada por una lámina de material que se ha enrollado en una forma tubular enrollando el material de lámina de una forma helicoidal. Como con las capas de refuerzo, esto

significa que la, o cada, capa de sellado no presentará mucha resistencia a la tensión axial, dado que la aplicación de una fuerza axial tenderá a separar los enrollamientos. La capa de sellado puede comprender una única capa continua del material laminar o puede comprender dos o más capas continuas del material laminar. No obstante, más habitualmente (y en función de la longitud del tubo flexible) la, o cada, capa del material laminar estaría formada por una pluralidad de tramos separados de material laminar dispuestos a lo largo de la longitud de la manguera. Si se desea, la capa de sellado puede comprender una o más mangas (es decir, con forma tubular) de sellado termocontraíbles que están dispuestas sobre la capa de refuerzo interior.

Se prefiere que la capa de sellado comprenda una pluralidad de capas de película superpuestas. Preferentemente serán por lo menos 2 capas, de forma más preferida por lo menos 5 capas y de forma aún más preferida por lo menos 10 capas. En la práctica, la capa de sellado puede comprender 20, 30, 40, 50 o más capas de película. El límite superior del número de capas depende del tamaño total de la manguera, pero es improbable que se requieran más de 100 capas. Habitualmente, será suficiente un máximo de 50 capas. El espesor de cada capa de película se encontrará normalmente en el intervalo de 50 a 100 micrómetros.

Se apreciará, por supuesto, que puede proporcionarse más de una capa de sellado.

La capa de aislamiento puede fijarse al interior del tubo compuesto, es decir, disponerse en el interior del tubo compuesto. Como alternativa, la capa de aislamiento puede disponerse entre la manguera y el tubo compuesto como una capa que está separada de la manguera y el conducto rígido.

No obstante, se prefiere que la capa de aislamiento se incorpore a la manguera. La capa de aislamiento puede fijarse en el exterior de la manguera, es decir, disponerse fuera del elemento de sujeción exterior, o puede disponerse dentro del elemento de sujeción exterior entre el elemento de sujeción exterior y la capa de sellado del cuerpo tubular. La capa de aislamiento puede comprender cualquier material que se utilice convencionalmente para proporcionar aislamiento en equipos criogénicos, tal como un material de espuma sintética.

En una forma de realización preferida, la capa de aislamiento comprende un elemento alargado, fabricado de un material aislante, que tiene bordes longitudinales opuestos, estando el elemento alargado enrollado helicoidalmente alrededor del cuerpo tubular de forma que los bordes longitudinales opuestos de la capa estén en una disposición adyacente o superpuesta, en la que cada borde longitudinal incluye una formación capaz de interengranarse con una formación cooperante del borde longitudinal opuesto. El elemento alargado se dispone preferentemente en el exterior del elemento de sujeción exterior, y por lo tanto forma una cubierta para la capa exterior. Un elemento alargado adecuado se describe en más detalle en el documento WO 2004/044472.

En otra forma de realización preferida, la capa de aislamiento incluye una tela formada por fibras de basalto. Algunas telas de fibra de basalto adecuadas están disponibles en Sudaglass Fiber Company con las denominaciones comerciales 8T-5, BT-8, BT-10, BT-11 y BT-13. El espesor preferido de la tela es de aproximadamente 0,1 mm hasta aproximadamente 0,3 mm. Si se desea, se puede utilizar una pluralidad de capas de tela de basalto.

Se apreciará que puede proporcionarse más de una capa de aislamiento y que la manguera puede incluir dos o más tipos diferentes de capa de aislamiento.

Se proporciona un accesorio de extremo preferentemente en cada extremo de la manguera. El accesorio de extremo es preferentemente del tipo descrito en el documento WO 01/96772 o el documento WO 2004/079248.

Los elementos de sujeción interior y exterior de la manguera son preferentemente elementos de sujeción helicoidales, de forma más preferida alambres helicoidales. Así, los elementos de sujeción forman cada uno preferentemente un enrollamiento que sujeta y retiene el cuerpo tubular y cualesquiera otras capas intermedias. Preferentemente, los enrollamientos interior y exterior se aplican en una configuración helicoidal que tiene el mismo paso, y las posiciones de los enrollamientos del enrollamiento exterior se encuentran de forma desplazada la mitad de la longitud de un paso de la posición de los enrollamientos del enrollamiento interior.

En otra forma de realización, la estructura tubular interior está provista de una capa de aislamiento formada por un material de aislamiento. La capa de aislamiento puede ser una capa especial del cuerpo tubular o puede ser una capa formada alrededor del elemento de sujeción exterior.

En otra forma de realización se proporciona una capa de aislamiento formada por un material de aislamiento entre la estructura tubular interior y el tubo exterior.

En otra forma de realización puede proporcionarse el aislamiento mediante un material de aislamiento en partículas (por ejemplo, perlas) dispuesto en el espacio entre la estructura tubular interior y el tubo exterior. Las partículas aislantes pueden estar constituidas, normalmente, por microesferas de vidrio, perlita, partículas de poliestireno. Las partículas pueden disponerse en el espacio simplemente bombeándolas entre la estructura tubular interior y el conducto exterior.

El aislamiento requerido puede proporcionarse mediante cualquier combinación de las técnicas específicas descritas anteriormente.

5 Las dimensiones de la manguera y el tubo compuesto pueden seleccionarse o bien de modo que estos estén en contacto o bien, preferentemente, de modo que exista un hueco entre la manguera y el tubo compuesto. Preferentemente, están previstos uno o más espaciadores entre la estructura tubular interior y el tubo compuesto con el fin de mantener el conducto a una determinada distancia de la estructura tubular interior. El, o cada, espaciador comprende preferentemente un anillo que se extiende alrededor del exterior de la manguera. Pueden estar previstos una pluralidad de dichos anillos a lo largo de la longitud de la manguera. El, o cada, espaciador puede ser, por ejemplo, poliuretano, PTFE, o una madera tal como madera de balsa o corcho. El, o cada, anillo espaciador puede ser de caucho, si existe un aislamiento subyacente suficiente para proteger el espaciador de caucho de la temperatura de los fluidos criogénicos que se van a transportar a través de la estructura tubular interior.

15 En otra forma de realización, el espaciador puede estar en forma de una cuerda o una varilla enrollada de una forma helicoidal entre la estructura tubular interior y el tubo exterior. El enrollamiento puede tener un paso largo y/o un paso corto. La cuerda o la varilla pueden ser, por ejemplo, una cuerda de poliéster, una tira de poliuretano de sección transversal rectangular o un caucho de sección transversal circular.

20 El tubo según la invención es útil en una amplia diversidad de aplicaciones, pero es especialmente útil en el transporte de fluidos criogénicos, especialmente fluidos a una temperatura inferior a -100°C , de forma más preferida a una temperatura igual o inferior a aproximadamente -104°C (el punto de ebullición del etileno) y de la forma más preferida fluidos a una temperatura igual o inferior a aproximadamente -150°C . El tubo puede transportar eficazmente GNL a temperaturas de aproximadamente -162°C , y puede transportar eficazmente oxígeno líquido o nitrógeno líquido a temperaturas de aproximadamente -183°C o -196°C respectivamente. En la práctica, la temperatura práctica más reducida a la que se utilizará el tubo será de aproximadamente 200°C a -220°C .

30 El diámetro interior del conducto rígido es preferentemente por lo menos de 150 mm. De forma más preferida, el diámetro interior de la manguera es preferentemente por lo menos de 150 mm. El diámetro interior de la manguera puede ser de hasta 400 mm o incluso de hasta 600 mm u 800 mm.

El tubo se suministra normalmente en tramos de 5 m a 20 m de longitud, aunque es posible suministrar tramos de tubo que sean más largos o más cortos. Las secciones del tubo pueden unirse entre sí para proporcionar una tubería de la longitud deseada, que puede ser de unas pocas decenas o unos pocos centenares o de hasta unos pocos miles de metros.

35 El tubo según la invención puede fabricarse disponiendo la manguera, o una secuencia que comprende múltiples tramos de la manguera conectados extremo a extremo, dentro del conducto rígido, por ejemplo, tirando del mismo a través del conducto.

40 En general, la presión de operación del tubo se encontrará en el intervalo de aproximadamente 500 kPa manométricos hasta aproximadamente 2000 kPa manométricos, o posiblemente hasta aproximadamente 2500 kPa manométricos. Estas presiones se refieren a la presión de operación de la manguera, no a la presión de rotura (que debe ser varias veces superior). El caudal volumétrico depende del medio fluido, la presión y el diámetro interior. Son típicos caudales de $1000\text{ m}^3/\text{h}$ hasta $12000\text{ m}^3/\text{h}$.

45 Según otra forma de realización de la invención se proporciona una tubería que comprende una pluralidad de tubos tal como se han descrito anteriormente, estando dichos tubos conectados extremo a extremo. La tubería puede tener unos pocos metros de longitud, pero preferentemente la longitud de la tubería es por lo menos de 100 m, de forma más preferida por lo menos de 200 m y de la forma más preferida por lo menos de 500 m. Preferentemente la tubería tiene una longitud no superior a 5000 m, de forma más preferida no superior a 2000 m, y puede tener una longitud inferior a 1000 m. Normalmente la longitud es de aproximadamente 100 m a 2000 m.

50 El tubo según la invención es particularmente útil en aplicaciones que implican el transporte de fluidos, especialmente fluidos criogénicos, a lo largo del lecho marino. El tubo puede requerirse para transportar los fluidos entre dos estructuras marinas de superficie, o entre una estructura marina de superficie y una estructura con base en tierra.

55 La estructura marina de superficie puede ser una estructura permanente o una estructura temporal, y está dispuesta en la superficie del agua; se apreciará que en circunstancias normales parte de la estructura se extenderá por encima de la superficie del agua y parte de la estructura estará sumergida. Una estructura permanente es una que, después de su instalación, permanece fijada permanentemente en una posición por encima del lecho marino. Los ejemplos de estructuras permanentes incluyen una estructura de soporte de armazón de acero y una estructura de soporte de base de gravedad. Una estructura temporal es una que puede moverse de una ubicación a otra. Algunos ejemplos de estructura temporal son una embarcación flotante, que tiene habitualmente un casco de acero u hormigón, tal como un barco o una barcaza o una plataforma semisumergible o de piernas tensadas. Otro ejemplo de una estructura temporal es una unidad flotante de producción, almacenamiento y descarga. La estructura marina

de superficie puede tener medios para extraer petróleo o gas del subsuelo marino. Adicionalmente o en lugar de ello, la estructura marina de superficie puede tener medios para almacenar petróleo o gas, y el gas puede encontrarse en forma líquida.

5 Así, según otro aspecto de la invención, se proporciona un sistema para transportar fluidos entre una primera estructura marina de superficie y una segunda estructura marina de superficie, que comprende un primer tubo vertical conectado operativamente a una primera estructura marina de superficie y a un primer extremo de una tubería dispuesta a lo largo del lecho marino, un segundo tubo vertical conectado operativamente a la segunda estructura marina de superficie y a un segundo extremo de la tubería, por el que pueden fluir fluidos desde la primera estructura marina de superficie a la segunda estructura marina de superficie o viceversa, en el que por lo menos una parte de la tubería está formada por un tubo según la invención tal como se ha descrito anteriormente.

10 Según otra disposición, se proporciona un sistema para transportar fluidos entre una primera estructura marina de superficie y una estructura con base en tierra que comprende un primer tubo vertical conectado operativamente a la primera estructura marina de superficie y a un primer extremo de una tubería dispuesta a lo largo del lecho marino, una tubería conectada operativamente a la estructura con base en tierra y a un segundo extremo de la tubería, por el que pueden fluir fluidos desde la primera estructura marina de superficie a la estructura con base en tierra o viceversa, en el que por lo menos una parte de la tubería está formada por un tubo según la invención tal como se ha descrito anteriormente. La estructura con base en tierra puede ser, por ejemplo, una instalación de almacenamiento con base en tierra.

15 En una forma de realización el sistema incluye una boya ubicada en la superficie, y el primer y/o el segundo tubo vertical se extiende desde la boya hasta la estructura submarina, y la manguera se sujeta por medio de la boya. El sistema CALM descrito anteriormente es un ejemplo de dicho sistema.

20 No obstante, el sistema según la invención puede ser un sistema CMBM, en el que la manguera según la invención se extiende directamente desde la estructura marina de superficie a la estructura submarina.

25 El sistema según la invención puede ser, en cambio, un sistema SALM, en el que una boya de superficie está unida a un conector submarino ubicado en el lecho marino y la manguera se extiende directamente desde la estructura marina de superficie hasta el conector submarino.

30 En los sistemas descritos anteriormente, se proporciona preferentemente además un conector de fluidos sujetado por la boya. El conector de fluidos está adaptado para conectarlo en comunicación fluida con el extremo superior del tubo vertical que se extiende desde la estructura submarina y para conectarlo en comunicación fluida con la tubería que se extiende desde la estructura submarina. De este modo el fluido puede fluir desde la tubería hasta el tubo vertical a través del conector. El conector es preferentemente giratorio, de forma que la superficie de la estructura marina pueda girar alrededor de la boya. Esta forma de conector se conoce habitualmente como "conector giratorio". Un ejemplo de un conector giratorio adecuado para transportar fluidos criogénicos se divulga en el documento EP 0 833 769.

35 El sistema según la invención también puede utilizarse en el tipo de sistema descrito en el documento WO2006/044053, en el que se proporciona una boya sumergible. Así, según otro aspecto de la invención se proporciona un sistema para transportar un fluido criogénico entre una estructura marina de superficie y una tubería, que comprende: a) un primer tubo vertical criogénico que tiene un primer extremo y un segundo extremo, siendo ajustable la posición vertical de dicho primer tubo vertical, en el que dicho segundo extremo de dicho primer tubo vertical está ubicado en un cuerpo de agua y en comunicación fluida con dicha tubería; y b) un primer conector de torreta sumergible conectado a dicho primer extremo de dicho primer tubo vertical, estando dicho primer conector adaptado para conectarse de forma liberable a la estructura marina de superficie de modo que puede comunicarse un fluido criogénico entre dicha estructura marina de superficie y dicho primer extremo de dicho primer tubo vertical, estando dicho primer conector amarrado a la parte inferior de dicho cuerpo de agua de modo que la posición vertical de dicho primer conector pueda modificarse, en el que el primer conector está adaptado para permitir que dicha estructura marina de superficie gire alrededor de dicho conector sobre la superficie de dicho cuerpo de agua mientras dicha primera embarcación está conectada a dicho primer conector, en el que por lo menos parte de la tubería está formada por tubos según la invención, tal como se ha descrito anteriormente.

40 Se apreciará que las estructuras marinas de superficie y submarinas están dispuestas en el agua, es decir, en el mar, el océano, un lago, un puerto u otro cuerpo de agua. No obstante, no existe una limitación particular sobre la distancia de la estructura a la orilla, que puede ser, por ejemplo, de unos pocos metros, unos pocos centenares de metros, unos pocos kilómetros o varios centenares de kilómetros.

45 Según otro aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de transporte submarino de un fluido (que es preferentemente un fluido criogénico), que comprende hacer fluir el fluido a través del tubo según la invención tal como se ha descrito anteriormente. Preferentemente, el tubo está dispuesto en una ubicación submarina. Preferentemente el tubo está ubicado sobre el lecho marino.

Se hace referencia a continuación a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista transversal de una porción de un tubo según la invención;

5 la figura 2 es una vista transversal de una manguera de un tubo según la figura 1; y

la figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema para transportar un fluido criogénico desde un barco al tubo según la invención.

10 Haciendo referencia en primer lugar a las figuras 1 y 2, una tubería según la invención se designa generalmente con el número 100. La manguera comprende una manguera 10 y un tubo compuesto 30.

15 La manguera 10 comprende un cuerpo tubular 12 que comprende una capa de refuerzo interior 14, una capa de refuerzo exterior 16 y una capa de sellado 18 intercalada entre las capas 14 y 16. Una cubierta 20 generalmente tubular, en forma de una trenza, que proporciona refuerzo axial, se dispone alrededor de la superficie exterior de la capa de refuerzo exterior 16.

20 El cuerpo tubular 12 y la cubierta tubular 20 se disponen entre un alambre enrollado helicoidalmente interior 22 y un alambre enrollado helicoidalmente exterior 24. Los alambres interior y exterior 22 y 24 se disponen de modo que estén desplazados entre sí una distancia que corresponde a la longitud de medio paso de la hélice de los enrollamientos.

25 Está dispuesta una capa de aislamiento 26 alrededor del alambre exterior 24. La capa de aislamiento 26 puede ser, por ejemplo, un material de aislamiento convencional, tal como una espuma de plástico.

Las capas de refuerzo 14 y 16 comprenden telas tejidas de material sintético, tales como UHMWPE o fibras de aramida.

30 La capa de sellado 18 comprende una pluralidad de capas de película de plástico que están enrolladas alrededor de la superficie exterior de la capa de refuerzo interior 14 para proporcionar un sellado hermético a fluidos entre las capas de refuerzo interior y exterior 14 y 16.

35 Está previsto un accesorio de extremo en cada extremo del tubo interior 10, que sirve para terminar el tubo 10. El accesorio de extremo puede ser, por ejemplo, el tipo de accesorio de extremo descrito en el documento WO01/96772 o el documento WO 2004/079248.

40 La manguera 10 puede formarse: enrollando el alambre interior 22 alrededor de un mandril; enrollando la capa de refuerzo interior 14 alrededor del alambre interior 22; enrollando la capa de sellado 18 alrededor de la capa de refuerzo interior 14; enrollando la capa de refuerzo exterior 16 alrededor de la capa de sellado 16, tirando de la cubierta tubular sobre la capa de refuerzo exterior 16, enrollando el alambre exterior 24 alrededor de la cubierta 20, y aplicando la capa de aislamiento 26 sobre el alambre exterior 24 y la cubierta 20.

45 En un ejemplo no comprendido dentro del alcance de la invención, el tubo compuesto 30 comprende un tubo metálico 32 que porta un recubrimiento exterior impermeable al agua 34.

50 Existe un espacio anular 36 formado entre el tubo metálico 30 y la manguera 10. El espacio anular 36 puede dejarse como espacio libre o puede llenarse parcialmente o completamente con un material aislante 38 (como se muestra en la figura 1). Cuando el espacio anular se deja como espacio libre, entonces pueden proporcionarse espaciadores (no mostrados) para mantener la manguera 10 en posición con respecto al conducto rígido 30. Los espaciadores pueden tener forma de disco, con una abertura circular interior que recibe la manguera 10.

El fluido que se va a transportar puede hacerse fluir a través del espacio sustancialmente cilíndrico 40 del interior de la manguera 10.

55 La figura 3 es una ilustración de un sistema de ejemplo que utiliza la tubería 100 según la invención. El sistema mostrado en la figura 3 es un sistema CALM, pero la tubería 100 podría aplicarse igualmente en otros sistemas, tales como el sistema SALM, el sistema CMBM y el sistema STM.

60 En la figura 3, un barco 300 que contiene una unidad de almacenamiento GNL (no representada) flota sobre la superficie del mar 302. Una tubería submarina 304 discurre a lo largo del lecho marino 306. Una boya de amarre de superficie 308 flota sobre la superficie del agua, a alguna distancia del barco 300. La boya 308 incluye un plato giratorio 310 en la parte superior de la misma, que puede girar con respecto a la parte submarina de la boya 308. Una cuerda de amarre 312 se extiende desde el barco 300 hasta el plato giratorio 310, y se extienden cadenas de anclaje 314 desde la base de la boya 308 hasta el lecho marino 306.

65 Una manguera 318 se extiende desde el barco 300 a la boya 308. La manguera 318 tiene una flotación elevada, de

modo que puede flotar sobre la superficie del agua.

5 Una manguera 316 se extiende desde la boya 308 hasta la tubería 304. La manguera 316 está conectada a la manguera 318, por la que pueden fluir fluidos desde la unidad de almacenamiento del barco 300 a la tubería 304 (o viceversa). La tubería 304 está realizada a partir de tramos del tubo 100 representado en la figura 1.

Se apreciará que la invención descrita anteriormente puede modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Tubería para su utilización en aplicaciones criogénicas, que comprende una estructura tubular interior, comprendiendo la estructura tubular interior una manguera flexible (10), en la que la manguera flexible comprende:
- 5 (i) un cuerpo tubular (12) dispuesto entre unos elementos de sujeción interior y exterior (22, 24), incluyendo el cuerpo tubular una capa de sellado (18), y estando formado por un material que puede resistir las temperaturas criogénicas; y
- 10 (ii) una cubierta de refuerzo axial tubular (20) en forma de una trenza generalmente tubular dispuesta alrededor del cuerpo tubular y configurada para su alargamiento y reducción en diámetro cuando se somete a una tensión axial,
- 15 en la que la estructura tubular interior presenta unas propiedades de aislamiento suficientes para proteger el tubo compuesto de la temperatura baja del fluido criogénico que fluye dentro de la estructura tubular interior, caracterizada por que la tubería comprende además:
- 20 un tubo compuesto (30) que rodea la estructura tubular interior y adecuado para transportar fluidos criogénicos, estando formado el tubo por un material compuesto, estando el material compuesto dispuesto de manera que el tubo presente un coeficiente longitudinal eficaz de expansión térmica ("CTE") de $-10 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$ a cero, en la que el material compuesto es una fibra de aramida que presenta un CTE longitudinal negativo y un CTE transversal positivo.
- 25 2. Tubería según la reivindicación 1, en la que el intervalo de CTE longitudinal es de $-4 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$ a cero.
3. Tubería según la reivindicación 1, en la que el intervalo de CTE longitudinal es de $-2 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$ a cero.
- 30 4. Tubería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el cuerpo tubular comprende una capa de refuerzo interior y una capa de refuerzo exterior, y la capa de sellado está dispuesta entre la capa de refuerzo interior y la capa de refuerzo exterior.
5. Tubería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una capa de aislamiento dispuesta entre el tubo compuesto y la manguera.
- 35 6. Tubería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que puede resistir unas presiones internas superiores a 10 barg.
7. Tubería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que está adaptada para ser conectada a una fuente de fluido gaseoso.
- 40 8. Tubería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que es una tubería submarina.
9. Sistema para transportar fluidos criogénicos entre una primera estructura marina de superficie y una segunda estructura marina de superficie, que comprende un primer tubo vertical, un segundo tubo vertical y una tubería según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer tubo vertical está conectado funcionalmente a la primera estructura marina de superficie y a un primer extremo de la tubería, que se dispone a lo largo de un lecho marino, y el segundo tubo vertical está conectado funcionalmente a la segunda estructura marina de superficie y a un segundo extremo de la tubería, pudiendo así fluir el fluido criogénico desde la primera estructura marina de superficie a la segunda estructura marina de superficie o viceversa.
- 50 10. Procedimiento de transporte de un fluido criogénico subacuático, que comprende el flujo del fluido criogénico a través de una tubería según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
- 55 11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la tubería se dispone en una ubicación subacuática.
12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11, en el que por lo menos parte de la tubería se ubica sobre el lecho marino.

Fig. 1.

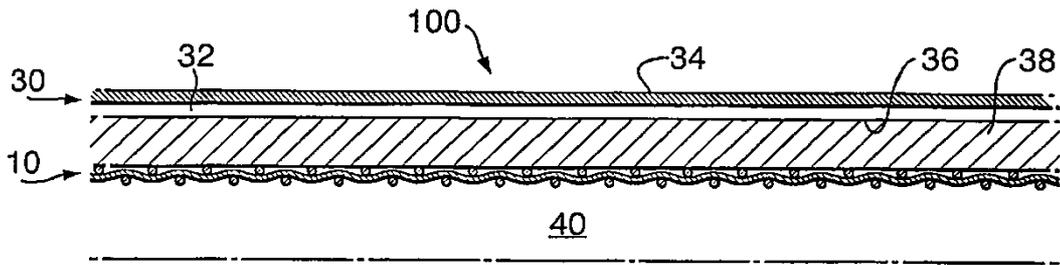


Fig. 2.

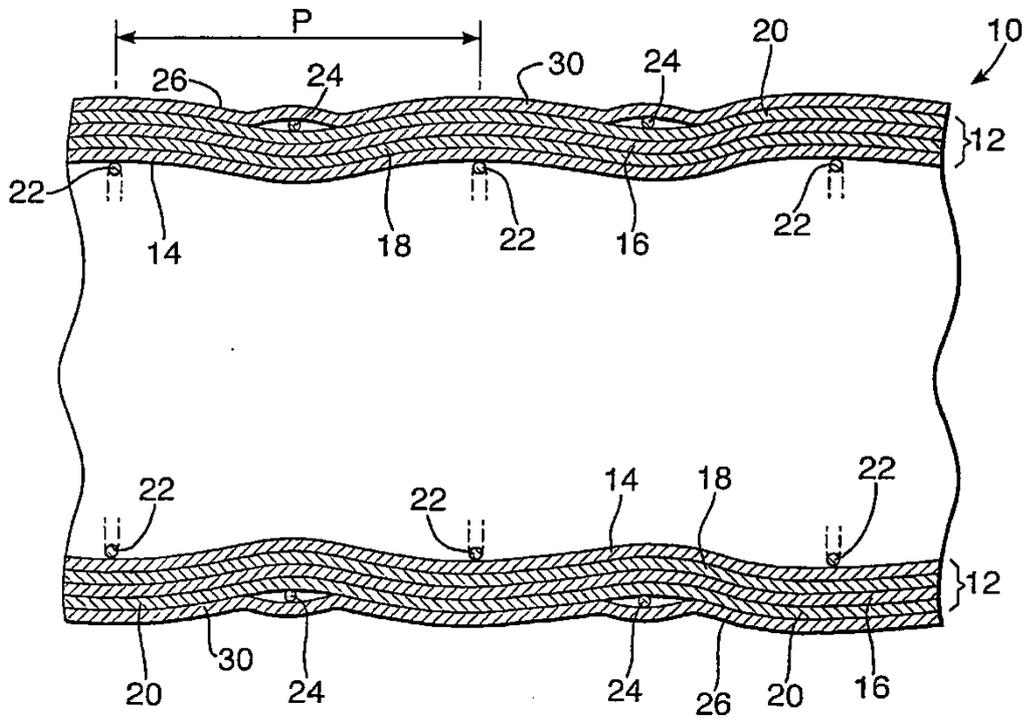


Fig.3.

