

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 971 727**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44 (2006.01)

G01K 11/32 (2011.01)

G01L 1/24 (2006.01)

G01D 5/353 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2019 E 19383023 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2023 EP 3767356**

54 Título: **Cable de fibra óptica de detección múltiple**

30 Prioridad:

17.07.2019 EP 19382605

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

06.06.2024

73 Titular/es:

**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**MARTIN REGALADO, JOSEP MARIA;
CASTILLO LOPEZ, ESTER;
IGLESIAS RODRIGUEZ, VERONICA y
GARCIA SAN EMETERIO, MARTA**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

Observaciones:

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 971 727 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

Cable de fibra óptica de detección múltiple

5 ANTECEDENTES

[0001] La presente descripción se refiere al campo de cables de fibra óptica de detección múltiple para detección distribuida. En particular, la presente descripción se refiere a un cable de fibra óptica de detección múltiple adecuado para aplicaciones bajo el agua y submarinas.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA

[0002] Como se sabe, la detección distribuida, como la detección de temperatura distribuida (DTS, por sus siglas en inglés), la detección de deformación distribuida (DSS, por sus siglas en inglés) y la detección acústica distribuida (DAS, por sus siglas en inglés), es una tecnología que permite mediciones continuas en tiempo real a lo largo de toda la longitud de un cable de fibra óptica mediante la explotación de los fenómenos físicos que ocurren en las fibras ópticas (por ejemplo, dispersión Raman, dispersión Rayleigh o dispersión Brillouin) para proporcionar una detección distribuida de temperatura, vibración (para la detección acústica) o deformación. Un sistema de detección distribuida comprende generalmente un cable que contiene una o más fibras ópticas adecuadas para la detección distribuida, y uno o más aparatos para leer, registrar y/o procesar los fenómenos físicos mencionados anteriormente.

[0003] La detección distribuida es cada vez más demandada en diferentes aplicaciones, como la supervisión de O y G (oleoductos y gaseoductos) o tuberías de agua u obras civiles (supervisión de puentes, túneles o movimientos de tierra).

25

[0004] Los cables que contienen una o más fibras ópticas adecuadas para la detección distribuida también pueden contener fibras ópticas para comunicaciones ópticas.

[0005] Como se sabe, un cable óptico comprende típicamente un núcleo óptico que incluye una o más fibras ópticas y una o más capas que rodean y protegen el núcleo óptico.

30

[0006] Las fibras ópticas pueden estar dispuestas de diversas maneras dentro del núcleo óptico de un cable. En particular, una o más fibras ópticas (posiblemente agrupadas en diferentes haces) pueden estar holgadamente dispuestas dentro de un tubo holgado semirrígido. Alternativamente, cada fibra óptica puede estar protegida herméticamente en un manguito respectivo de material de protección. Si bien tanto la disposición holgada como la disposición de estructura ajustada pueden ser adecuadas para aplicaciones de comunicación, dependiendo del entorno para el que está destinado el cable óptico (exterior, interior, bajo el agua, etc.), la detección distribuida requiere una disposición específica de las fibras ópticas. En particular, mientras que la detección DTS requiere fibras ópticas con una disposición laxa, para la detección DSS y DAS se pueden preferir fibras ópticas de estructura ajustada, ya que esto permite hacerlas mecánicamente apropiadas con la estructura del cable y proporcionar de este modo una mayor precisión de detección.

35

[0007] Se conocen cables ópticos para una detección distribuida.

[0008] El documento CN 2017 65352 describe un cable óptico para medir la temperatura del agua de mar a lo largo de la dirección de la profundidad. El cable comprende de 2 a 4 fibras de detección de temperatura recubiertas con un manguito de acero inoxidable recubierto; 2 fibras de detección de presión recubiertas con una capa de poliuretano y, a continuación, un tubo de resorte exterior y una malla de acero inoxidable. Las fibras de detección se retuercen y, a continuación, se cubren con una manguera doble de acero inoxidable. El cable tiene un diámetro exterior de 10-12 mm.

50

[0009] El modelo de utilidad CN201765351U se refiere a un cable óptico utilizado para medir la distribución de temperatura del agua de mar a lo largo de la dirección de profundidad, que comprende un tubo de acero inoxidable de doble hebilla, una rejilla de fibra de detección de temperatura y una rejilla de fibra de detección de presión.

55

[0010] El cable sensible a la deformación Trisens de NBG Systems GmbH (Austria) descrito en las páginas 14-15 de "The evolution of fiber optics", NBG (documento recuperado el 12 de julio de 2019 en la URL: http://nba.kubator.at/downloads/NBG_Systems_Folder_WEB.pdf) comprende tres fibras de estructura ajustada para la detección de deformación contenidas por un tubo de acero inoxidable, una funda interna de PA, una capa de trenzado de acero y una funda externa de PA. Dos fibras adicionales para la detección de temperatura están dispuestas holgadamente en la capa de trenzado de acero. El cable tiene un diámetro exterior de 8,9 mm.

60

RESUMEN

[0011] El solicitante ha percibido la necesidad de proporcionar un cable óptico, en particular, un cable óptico

65

para aplicaciones bajo el agua y submarinas, que pueda combinar todos los tipos posibles de detección distribuida (DTS, DSS y DAS) y capacidades de comunicaciones ópticas con un tamaño de cable reducido y un peso de cable reducido.

5 **[0012]** Con el fin de soportar altas presiones (hasta 300 bar) típicas de entornos bajo el agua y submarinos, los cables ópticos para aplicaciones bajo el agua y submarinas generalmente comprenden una armadura metálica hecha de una o más capas de alambres de acero y una funda externa hecha de material polimérico duro (por ejemplo, polietileno de alta densidad, HDPE). Además, también se requiere protección contra la filtración de agua, lo que se logra típicamente proporcionando tubos metálicos sellados herméticamente alrededor de las fibras ópticas. Esta
10 compleja estructura de cables da como resultado cables con un gran diámetro exterior y un alto peso, lo que puede ser crítico, especialmente en el contexto de aplicaciones bajo el agua y submarinas.

[0013] Adicionalmente, proporcionar diferentes tipos de detección distribuida (DTS, DSS y DAS) y capacidades de comunicaciones ópticas en un mismo cable requiere proporcionar en el mismo cable fibras ópticas con diferentes
15 disposiciones y requisitos operativos, lo que podría aumentar el tamaño del cable.

[0014] Los cables conocidos para detección distribuida descritos anteriormente presentan desventajosamente algunos inconvenientes a este respecto.

20 **[0015]** En cuanto al cable del documento CN 2017 65352 mencionado anteriormente, presenta desventajosamente un gran diámetro exterior (10-12 mm) en comparación con el número limitado de fibras (4+2) que contiene. Esto se debe principalmente a la distribución del cable dentro de tres capas de acero separadas (una para cada fibra de estructura ajustada y otra para todas las fibras sueltas) que tienen diámetros similares. Dicho diámetro se adapta para permitir la acomodación de todas las fibras sueltas dentro de una capa de acero, pero es claramente
25 excesivo para las fibras de estructura ajustada. Además, si se desea aumentar el número de fibras proporcionando, por ejemplo, fibras sueltas adicionales para DTS o comunicaciones ópticas, el diámetro de todas las capas de acero se aumentará constantemente, lo que dará como resultado un aumento adicional sustancial del diámetro exterior del cable.

30 **[0016]** En cuanto al cable sensible a la deformación conocido Trisens descrito anteriormente, también presenta desventajosamente un gran diámetro exterior (8,9 mm) en comparación con su recuento limitado de fibras (3+2). Es más, las fibras de detección adicionales gozan de menos protección que las fibras de detección de deformación, por lo que podrían no estar adecuadamente protegidas contra la tensión mecánica (proveniente, por ejemplo, del impacto) típica de las aplicaciones submarinas. Además, su recuento de fibras no se puede aumentar arbitrariamente, ya que
35 el tamaño del tubo holgado que los aloja debe ajustarse con el de los alambres de acero. En principio, sería posible reemplazar otros alambres de acero con otros tubos holgados para aumentar el número de fibras, pero esto debilitaría la capa de trenzado de acero y, en consecuencia, afectaría la capacidad del cable para soportar la tensión mecánica típica de las aplicaciones submarinas.

40 **[0017]** El Solicitante se ha enfrentado entonces al problema de proporcionar un cable óptico para detección distribuida, en particular adecuado para aplicaciones bajo el agua y submarinas, que supere los inconvenientes mencionados anteriormente.

[0018] En particular, el Solicitante ha abordado el problema de proporcionar un cable óptico para un sistema
45 de detección distribuida, especialmente adecuado para aplicaciones bajo el agua y submarinas, donde todas las fibras ópticas están adecuadamente protegidas contra la filtración de agua y las altas presiones (hasta 300 bar) típicas de entornos bajo el agua y submarinos, y donde las diferentes disposiciones (a saber, holgadas y de estructura ajustada) de las fibras ópticas encajan entre sí para minimizar el tamaño del cable.

50 **[0019]** El problema anterior se resuelve mediante un cable óptico para detección distribuida según la reivindicación 1.

[0020] El uso de un solo tubo de metal para contener colectivamente tanto las fibras sueltas como la(s) fibra(s) de estructura ajustada permite proteger todas las fibras ópticas contra la filtración de agua mientras se mantiene el
55 tamaño del cable más pequeño que, por ejemplo, el de un cable en el que se utilizan múltiples tubos de acero para proteger individualmente las fibras ópticas. Además, dado que todas las fibras están dispuestas en el tubo de metal, también pueden protegerse eficazmente contra las altas presiones (hasta 300 bar) típicas de los entornos bajo el agua y submarinos, por ejemplo, proporcionando una armadura y una funda externa gruesa hecha de material de polímero duro (por ejemplo, HDPE) externamente al tubo de metal.

60 **[0021]** La disposición del tubo holgado y las fibras ópticas de estructura ajustada sustancialmente paralelas al eje longitudinal del cable óptico también contribuye a limitar el tamaño del tubo metálico y, por lo tanto, el tamaño total del cable.

65 **[0022]** Además, las diferentes disposiciones (a saber, holgadas y de estructura ajustada) de las fibras ópticas

encajan en el cable para contribuir a minimizar su tamaño. La disposición asimétrica de las fibras ópticas de estructura ajustada) en el espacio en forma de media luna definido entre el tubo de metal y el tubo holgado es, de hecho, particularmente compacta, en particular más compacta que una disposición simétrica en la que, por ejemplo, las fibras de estructura ajustada se distribuyen simétricamente alrededor del tubo holgado.

5

[0023] Por lo tanto, según la invención, la presente descripción proporciona un cable óptico para detección distribuida según la reivindicación 1.

10 **[0024]** En la presente descripción y en las reivindicaciones como "espacio en forma de media luna" se refiere a un espacio con una sección transversal que tiene una forma curva que es ancha en el centro y se estrecha hasta un punto en cada extremo.

15 **[0025]** En virtud de la disposición en el cable de la presente invención, las fibras ópticas dispuestas holgadamente en el tubo holgado son aptas para la detección de temperatura distribuida, DTS, y de la transmisión de datos; mientras que la al menos una fibra óptica de estructura ajustada es apta para la detección de deformación distribuida, DSS, y la detección acústica distribuida, DAS.

20 **[0026]** En una realización, el tubo holgado puede estar hecho de material polimérico, por ejemplo, tereftalato de polibutileno, PBT, o de un metal, por ejemplo, acero inoxidable.

[0027] En una realización, el tubo holgado tiene una pluralidad de fibras ópticas dispuestas holgadamente en el mismo.

25 **[0028]** En una realización, el tubo metálico del presente cable contiene solo material no metálico.

[0029] En una realización, la disposición lado a lado del tubo holgado y la al menos una fibra óptica de estructura ajustada es asimétrica con respecto al eje longitudinal del cable óptico.

30 **[0030]** En una realización, el tubo de metal del presente cable rodea al menos tres fibras ópticas de estructura ajustada.

[0031] En una realización, la al menos una fibra óptica de estructura ajustada tiene una capa de protección que se pone en contacto directamente con el tubo metálico.

35 **[0032]** En una realización, se proporciona un material adhesivo a lo largo de al menos una parte de la superficie interna del tubo de metal para acoplar la al menos una fibra óptica de estructura ajustada al tubo de metal. Por ejemplo, el material adhesivo puede proporcionarse a lo largo de todo el tubo de metal o en forma de una pluralidad de depósitos discretos.

40 **[0033]** En una realización, el cable de la presente descripción comprende una armadura hecha de una o dos capas de alambres. Los alambres de armadura en una capa pueden estar hechos de metal, por ejemplo, acero, o de un material no metálico, por ejemplo, aramida, fibra de vidrio o fibra de carbono, o ambos, ya que los alambres metálicos pueden alternarse con los alambres no metálicos en la misma capa.

45 **[0034]** En una realización, el cable de la presente descripción comprende una funda exterior. La funda exterior rodea y entra en contacto directamente con el tubo de metal y/o la armadura, si corresponde.

50 **[0035]** En una realización, el cable de la presente descripción comprende una capa de lecho que rodea el tubo metálico y está en contacto directo con él.

[0036] Para el propósito de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, excepto donde se indique lo contrario, todos los números que expresan cifras, cantidades, porcentajes, y así sucesivamente, deben entenderse como modificadas, en todos los casos, por el término "aproximadamente". Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio en los mismos, que puede o no enumerarse específicamente en esta invención.

[0037] La presente descripción, en al menos uno de los aspectos descritos, se puede implementar de acuerdo con una o más de las siguientes realizaciones, combinadas opcionalmente entre sí.

60 **[0038]** A los efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, las palabras "un" "uno" o "una" deben leerse en el sentido de que se incluyan uno o al menos uno y el singular también incluye el plural a menos que sea obvio que se quiera decir otra cosa. Esto se hace simplemente por conveniencia y para dar una idea general de la descripción.

65

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0039] La presente descripción resultará más clara a partir de la siguiente descripción detallada, dada a modo de ejemplo y no de limitación, con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

- 5 - La figura 1 muestra esquemáticamente un cable óptico según una primera realización de la presente descripción;
- La figura 2 muestra esquemáticamente un cable óptico según una segunda realización de la presente descripción;
- La figura 3 muestra esquemáticamente un cable óptico según una tercera realización de la presente descripción; y
- La figura 4 muestra esquemáticamente un cable óptico según una cuarta realización de la presente descripción.

10 **[0040]** A lo largo de las diversas figuras, los elementos de cable correspondientes se indican con el mismo número de referencia.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

15 **[0041]** La figura 1 muestra un cable óptico 1 según una primera realización de la presente descripción. El cable óptico 1 es adecuado para aplicaciones bajo el agua y submarinas.

[0042] El cable óptico 1, que se extiende a lo largo de un eje longitudinal A, comprende un tubo 2 en el que una pluralidad de fibras ópticas 3 está dispuesta holgadamente. El tubo 2 también se denomina en lo sucesivo "tubo
20 holgado".

[0043] El tubo holgado 2 está hecho de material polimérico, por ejemplo, tereftalato de polibutileno. El tubo holgado 2 puede tener un diámetro exterior comprendido entre 2,0 mm y 4,0 mm, dependiendo del número de fibras de las fibras ópticas 3. El tubo holgado 2 puede tener un espesor comprendido entre 0,3 mm y 0,5 mm.

25 **[0044]** Opcionalmente, el tubo holgado 2 también puede contener un gel lubricante para reducir las fricciones entre las fibras ópticas 3.

[0045] Las fibras ópticas 3 son preferentemente adecuadas para la detección de temperatura distribuida y/o comunicaciones ópticas. Por ejemplo, las fibras ópticas 3 pueden ser fibras ópticas multimodo que cumplan con la Recomendación UIT-T G.651.1 (07/2007) o fibras ópticas monomodo que cumplan con la Recomendación UIT-T G.652 (11/2009) o G.657 (11/2009). El número de fibras de las fibras ópticas 3 dentro del tubo 2 puede variar, por ejemplo, de 12 a 24.

35 **[0046]** El cable óptico 1 también comprende al menos una fibra óptica de estructura ajustada 4. Por ejemplo, como se muestra en la figura 1, el cable óptico 1 puede comprender tres fibras ópticas de estructura ajustada 4.

[0047] La fibra óptica de estructura ajustada 4 puede ser adecuada para la detección de deformación y/o la detección acústica. Por ejemplo, las fibras ópticas 4 pueden ser fibras ópticas multimodo que cumplan con la Recomendación UIT-T G. 651.1 (07/2007) o fibras ópticas monomodo que cumplan con la Recomendación UIT-T G.652 o G.657 (11/2009).

[0048] Cada fibra óptica de estructura ajustada 4 comprende un núcleo, un revestimiento, al menos un recubrimiento polimérico, por ejemplo, un recubrimiento de acrilato (el revestimiento del núcleo y el recubrimiento polimérico se ilustran en conjunto como 4''), y una capa de protección 4' de material polimérico (por ejemplo, poliamida o un copolímero de polietileno, opcionalmente cargado con un relleno retardante de llama sin halógenos) en contacto íntimo con la superficie del recubrimiento polimérico de la fibra. El diámetro exterior de la fibra óptica de protección 4 (que comprende su capa de protección 4') puede estar comprendido entre 600 micrómetros y 900 micrómetros.

50 **[0049]** El cable óptico 1 también comprende un tubo metálico 5. El tubo metálico 5 puede ser un tubo herméticamente sellado. El tubo metálico 5 puede estar hecho de acero inoxidable, por ejemplo, grado SAE 304, 316, 316L o cualquier otro tipo de acero inoxidable. Alternativamente, puede usarse cobre.

[0050] El diámetro interior del tubo de metal 5 es mayor que el diámetro exterior del tubo holgado 2. El diámetro exterior del tubo de metal 5 puede estar comprendido entre 3,0 mm y 5,0 mm, por ejemplo, entre 3,5 y 4,8 mm, dependiendo del diámetro del tubo holgado 2 y del número de fibras y el tamaño de las fibras ópticas de estructura ajustada 4. El espesor del tubo metálico 5 puede estar comprendido entre 0,1 mm y 0,5 mm, por ejemplo, 0,2 mm.

[0051] El tubo holgado 2 con las fibras ópticas 3 dispuestas en el mismo y las fibras ópticas de estructura
60 ajustada 4 están dispuestas una al lado de la otra dentro del tubo metálico 5.

[0052] La disposición lado a lado es asimétrica con respecto al eje longitudinal A del cable óptico porque, en una vista en sección transversal, todas las fibras ópticas de estructura ajustada están agrupadas en el mismo lado de un plano longitudinal que contiene el eje longitudinal A. El tubo holgado 2 está dispuesto dentro del tubo de metal 5 de modo que la pared exterior del tubo holgado 2 y la pared interior del tubo de metal 5 son sustancialmente tangentes
65

internamente. De esta manera, la pared exterior del tubo holgado 2 y la pared interior del tubo metálico 5 definen un espacio en forma de media luna 6 dentro del tubo metálico 5.

5 **[0053]** Según la invención, como se ilustra en la figura 1, las fibras ópticas de estructura ajustada 4 están dispuestas de forma compacta dentro del espacio en forma de media luna 6 sin ningún grado de libertad. Esta disposición asimétrica hace que las fibras ópticas de protección queden firmemente sujetas entre la pared exterior del tubo holgado 2 y la pared interior del tubo metálico 5, y en contacto directo con las mismas.

10 **[0054]** En una realización, se puede proporcionar un material adhesivo a lo largo de la superficie interna del tubo de metal 5 o en forma de una pluralidad de depósitos discretos (por ejemplo, perlas intermitentes) para acoplar las fibras ópticas de estructura ajustada 4 al tubo de metal 5. En este caso, el contacto directo entre las fibras ópticas de estructura ajustada 4 y el tubo de metal 5 se interrumpe de forma continua o intermitente por la presencia del depósito de material adhesivo.

15 **[0055]** Los materiales adhesivos adecuados son adhesivos curables a base de silicona. Por ejemplo, un material adhesivo adecuado tiene una viscosidad inferior a 1000 mPa-s y/o un tiempo de curado inferior a 10 horas a temperatura ambiente.

20 **[0056]** Cantidades relativamente pequeñas de adhesivo pueden ser suficientes para acoplar adecuadamente las fibras ópticas de estructura ajustada 4 al tubo de metal 5. Por consiguiente, los depósitos discretos adyacentes de material adhesivo pueden colocarse a una distancia de aproximadamente 1 metro a 50 metros, por ejemplo, entre aproximadamente 1 metro y 10 metros o entre aproximadamente 1 metro y 5 metros.

25 **[0057]** Si se necesitan menos de tres fibras ópticas de estructura ajustada 4 en el cable óptico 1, una o dos de las tres fibras ópticas 4 pueden reemplazarse por varillas falsas correspondientes que tengan el mismo diámetro exterior que el del recubrimiento de protección 4'. De esta manera, se conserva la disposición ajustada de las fibras ópticas 4 en el espacio en forma de media luna 6. Si, por el contrario, se necesitan más de tres fibras ópticas de estructura ajustada 4 en el cable óptico 1, se puede aumentar su número de fibras. En este caso, el tamaño del tubo de metal 5 puede aumentarse o el diámetro exterior de cada fibra óptica de estructura ajustada 4 puede disminuirse
30 disminuyendo el espesor de la capa de protección 4', para permitir una disposición compacta de todas las fibras ópticas de estructura ajustada 4 en el espacio en forma de media luna 6.

35 **[0058]** La disposición compacta de las fibras ópticas de estructura ajustada dentro del tubo metálico permite su rendimiento como DSS y DAS.

[0059] Los espacios vacíos dentro del tubo de metal 5 se pueden llenar con un compuesto de relleno que absorbe hidrógeno/bloquea el agua, tal como un gel opcionalmente tixotrópico.

40 **[0060]** Según la invención, el tubo holgado 2 con las fibras ópticas 3 sueltas dispuestas en el mismo y las fibras ópticas de estructura ajustada 4 se colocan dentro del tubo metálico 5 sustancialmente paralelo al eje A longitudinal del cable óptico 1.

45 **[0061]** En la realización de la figura 1, se proporciona una armadura 7 alrededor del tubo de metal 5. La armadura 7 comprende una pluralidad de alambres 7' enrollados helicoidalmente en la superficie externa del tubo de metal 5.

50 **[0062]** Los alambres 7' de la armadura 7 pueden ser alambres de acero galvanizado. Alternativamente, se pueden usar otros tipos de alambres, por ejemplo, alambres de fosfato de acero, alambres de acero inoxidable o alambres de acero revestidos de aluminio. En una realización adicional, los alambres 7' pueden estar hechos de fibras de aramida, GRP (plástico reforzado con vidrio) o hilos de vidrio. También se puede prever una armadura 7 hecha de alambres metálicos y no metálicos 7'.

55 **[0063]** Cada alambre puede tener un diámetro comprendido entre 0,5 mm y 4,0 mm. Los alambres pueden tener una resistencia a la tracción baja ($\leq 45 \text{ kg/mm}^2$), una resistencia a la tracción media ($\leq 100 \text{ kg/mm}^2$) o una resistencia a la tracción alta ($\leq 200 \text{ kg/mm}^2$).

[0064] Los alambres 7' de la armadura 7 pueden enrollarse en hélice cerrada en la superficie externa del tubo de metal 5.

60 **[0065]** En el cable óptico 1 según la primera realización representada en la figura 1, los alambres 7' de la armadura 7 están dispuestos en una sola capa circunferencial sustancialmente concéntrica con el tubo metálico 5. En el cable óptico 1' según la segunda realización representada en la figura 2, en cambio, los cables 7' de la armadura 7 están dispuestos en dos capas circunferenciales sustancialmente concéntricas con el tubo metálico 5.

65 **[0066]** Dependiendo del número de capas y del diámetro de los alambres, el diámetro exterior de la armadura

7 puede estar comprendido entre 6 mm y 21 mm.

[0067] En una realización no reivindicada, un compuesto bituminoso o una gelatina llena los intersticios entre el tubo de metal y la armadura y entre los alambres adyacentes de la armadura. Esto brinda protección a los cables y también evita la corrosión durante la vida útil del cable óptico.

[0068] En la realización de la figura 1, el cable óptico 1 comprende una funda exterior 8. La funda exterior 8 puede estar hecha de un material polimérico, por ejemplo, un material polimérico duro, tal como HDPE. Alternativamente, la funda exterior 8 puede estar hecha de PA (poliamida), LDPE (polietileno de baja densidad) o LLDPE (polietileno lineal de baja densidad). El espesor de la funda exterior 8 puede estar comprendido entre 1,0 mm y 9,0 mm, por ejemplo, entre 1,0 mm y 5,0 mm. El diámetro exterior de la funda exterior 8 (y luego de todo el cable 1) varía en consecuencia de 8 mm a 30 mm, por ejemplo, de 8 a 20 mm.

[0069] En una realización, no ilustrada, el cable según la presente descripción no comprende ninguna funda externa, siendo la armadura, en su caso, o el tubo metálico la capa más externa del mismo.

[0070] El cable óptico 1 puede comprender capas adicionales.

[0071] Las figuras 3 y 4 muestran un cable óptico 1" según una tercera realización de la presente descripción y un cable óptico 1" según una cuarta realización de la presente descripción donde, respectivamente, una capa de amortiguación 9 se interpone entre el tubo metálico y la armadura.

[0072] En las figuras 3 y 4, los elementos de cable correspondientes a los de los cables 1 y 1' mostrados en las figuras 1 y 2 se indican con los mismos números de referencia. La descripción anterior de dichos elementos de cable, en particular el tubo holgado 2, las fibras ópticas sueltas 3, las fibras ópticas de estructura ajustada 4, el tubo metálico 5, el espacio en forma de media luna 6, la armadura 7 y la funda exterior 8 todavía se aplican y, en consecuencia, no se repetirán.

[0073] En los cables ópticos 1" y 1", la capa de lecho 9 está hecha de material polimérico tal como, por ejemplo, PE (polietileno), opcionalmente halógeno libre de humos, o PA (poliamida). Su espesor puede estar comprendido entre 0,3 mm y 0,6 mm. Su diámetro exterior puede estar comprendido entre 5 mm y 12 mm. La capa de amortiguación 9 actúa como protección del tubo de acero, de amortiguación para la armadura y/o para aumentar el diámetro de la armadura.

[0074] En los cables 1" y 1", la armadura 7 se proporciona en la superficie externa de la capa de polímero 9. La armadura 7 puede comprender una sola capa de alambres 7' como en la tercera realización representada en la figura 3, o dos capas de alambres 7' como en la cuarta realización representada en la figura 4. Dependiendo del número de capas y del diámetro de los alambres (que puede variar entre 0,5 mm y 4,0 mm, como se ha descrito anteriormente), de acuerdo con la tercera y cuarta realización, el diámetro exterior de la armadura 7 puede estar comprendido entre 7 mm y 24 mm.

[0075] Como funda exterior 8, de acuerdo con la tercera y cuarta realización, su espesor está comprendido preferentemente entre 1,0 mm y 9,0 mm, por ejemplo, entre 1,0 mm y 5,0 mm, lo que da como resultado un diámetro exterior de todo el cable que varía entre 9 mm y 30 mm.

[0076] El uso de un solo tubo de metal para contener en conjunto tanto las fibras ópticas sueltas como las fibras de estructura ajustada permite proteger todas las fibras ópticas contra la filtración de agua mientras se mantiene el tamaño del cable óptico más pequeño que, por ejemplo, el de un cable en el que se utilizan múltiples tubos de acero para proteger individualmente las fibras ópticas. Además, dado que todas las fibras ópticas (las de estructura ajustada y del tubo holgado) están dispuestas en el tubo de metal, están protegidas eficazmente contra las altas presiones (hasta 300 bar) típicas de entornos bajo el agua y submarinos, mientras que la armadura y/o la funda exterior proporcionada alrededor del tubo de metal proporcionan protección adicional, especialmente contra tensiones mecánicas o accidentes.

[0077] La disposición del tubo holgado y de las fibras ópticas de estructura ajustada sustancialmente paralelas al eje longitudinal A del cable óptico también contribuye a limitar el tamaño del propio tubo metálico y, por lo tanto, el tamaño de todo el cable óptico.

[0078] Además, la disposición holgada de las fibras y la disposición de estructura ajustada de las fibras encajan entre sí para minimizar el tamaño del cable óptico. La disposición asimétrica de las fibras ópticas de estructura ajustada en el espacio en forma de media luna definido entre la pared exterior del tubo holgado y la pared interior del tubo de metal es más compacta que una disposición simétrica en la que, por ejemplo, las fibras de estructura ajustada están distribuidas simétricamente alrededor del tubo holgado.

[0079] Por ejemplo, el Solicitante ha estimado que si un cable óptico según la presente descripción comprende

ES 2 971 727 T3

16 fibras ópticas dispuestas de forma holgada en un tubo holgado de PBT y 3 fibras ópticas de estructura ajustada con un diámetro exterior de 900 micrómetros, el tubo metálico (por ejemplo, hecho de acero inoxidable) puede tener un diámetro de 3,8 mm. Si el cable óptico también comprende una armadura de hilos galvanizados con un diámetro de 1,0/1,8 mm y está acabado con una funda exterior de HDPE o PA con un espesor comprendido entre 1,2 mm y 2,0 mm, el cable óptico tiene un diámetro exterior comprendido entre 11 mm y 15 mm y un peso comprendido entre 230 kg/km y 400 kg/km.

[0080] En otro ejemplo, el cable óptico de acuerdo con la presente descripción comprende un tubo de metal que tiene un diámetro exterior de 3,8 mm, una armadura de alambres galvanizados con un diámetro de 3,0 mm y una funda exterior que tiene un espesor de 3,1 mm, en este caso, el cable óptico tiene un diámetro exterior de 18 mm.

REIVINDICACIONES

1. Un cable óptico (1, 1', 1", 1''') para la detección distribuida, extendiéndose dicho cable óptico (1, 1', 1", 1''') a lo largo de un eje longitudinal (A) y que comprende:
- 5
- un tubo holgado (2) con al menos una fibra óptica (3) dispuesta holgadamente en el mismo;
 - al menos una fibra óptica de estructura ajustada (4); y
 - un tubo metálico (5) que rodea la al menos una fibra óptica de estructura ajustada (4) y el tubo holgado (2),
- 10 donde el tubo holgado (2) y la al menos una fibra óptica de estructura ajustada (4) están colocados dentro del tubo de metal (5) sustancialmente de forma paralela al eje longitudinal (A) del cable óptico (1, 1', 1", 1'''), y donde el tubo holgado (2) está dispuesto dentro del tubo de metal (5) para definir un espacio en forma de media luna (6) dentro del tubo de metal (5),
- caracterizado por que**
- 15 la al menos una fibra óptica de estructura ajustada (4) está dispuesta de manera compacta dentro de dicho espacio en forma de media luna (6) sin ningún grado de libertad, y donde el tubo holgado (2) y la al menos una fibra óptica de estructura ajustada (4) están en contacto directo entre sí y están en contacto directo con una pared interna del tubo de metal (5).
- 20 2. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, donde el tubo holgado (2) está hecho de material polimérico.
3. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, donde el tubo holgado (2) tiene una pluralidad de fibras ópticas dispuestas holgadamente en el mismo.
- 25 4. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, donde el tubo de metal (5) contiene solo material no metálico.
5. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, donde el tubo de metal (5) tiene una superficie
- 30 interna y se proporciona un material adhesivo entre la al menos una fibra óptica de estructura ajustada (4) y la superficie interna del tubo de metal (5).
6. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 5, donde el material adhesivo se proporciona como una pluralidad de depósitos discretos.
- 35 7. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, donde la disposición del tubo holgado (2) y la al menos una fibra óptica de estructura ajustada (4) es asimétrica con respecto al eje longitudinal (A) del cable óptico (1, 1', 1", 1''').
- 40 8. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, donde el tubo de metal (5) rodea al menos tres fibras ópticas de estructura ajustada.
9. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, donde la al menos una fibra óptica de estructura ajustada (4) tiene una capa de protección (4') que se pone en contacto directamente con el tubo de metal (5).
- 45 10. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, que comprende además una armadura (7) hecha de una o dos capas de alambres (7').
11. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, que comprende además una funda exterior (8).
- 50 12. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, que comprende además una capa de amortiguación (9) que rodea el tubo de metal (5) y está en contacto directo con el mismo.
13. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, donde las fibras ópticas (3) dispuestas holgadamente
- 55 en el tubo holgado (2) son aptas para la Detección de Temperatura Distribuida, DTS, y de la transmisión de datos.
14. Cable óptico (1, 1', 1", 1''') según la reivindicación 1, donde la al menos una fibra óptica de estructura ajustada (4) es apta para la Detección de Deformación Distribuida, DSS, y la Detección Acústica Distribuida, DAS.
- 60

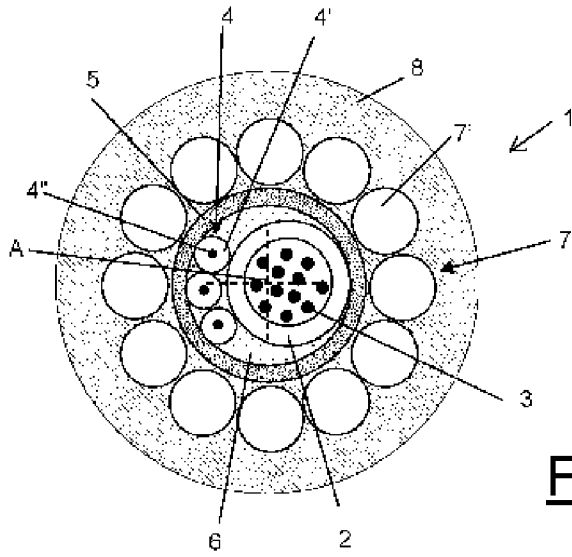


Fig. 1

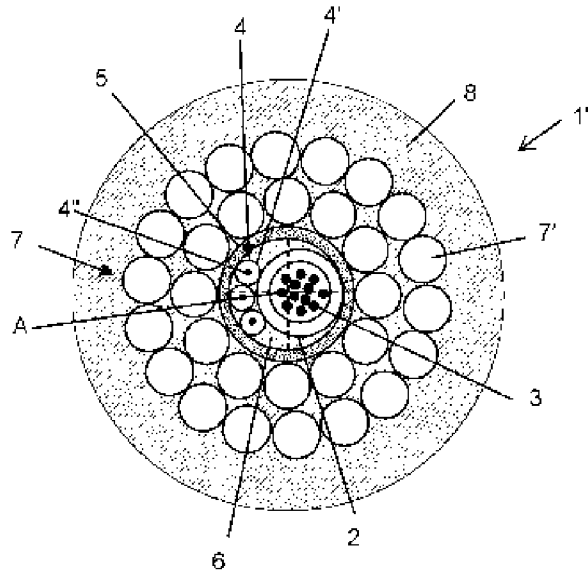


Fig. 2

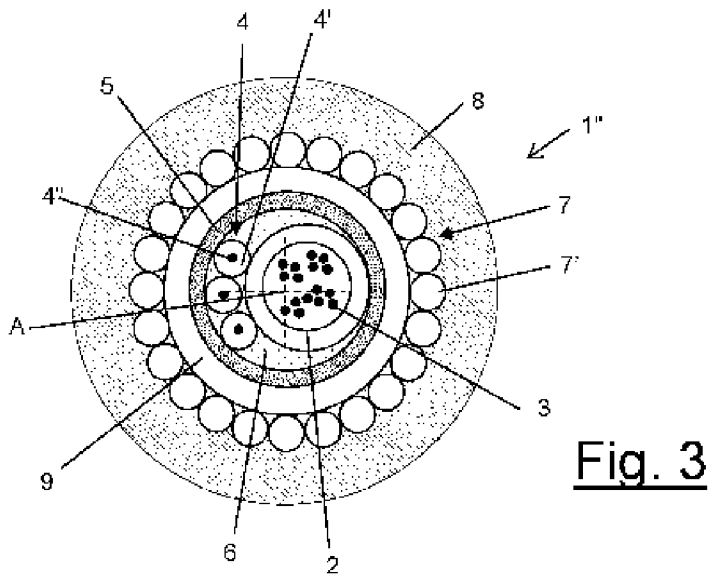


Fig. 3

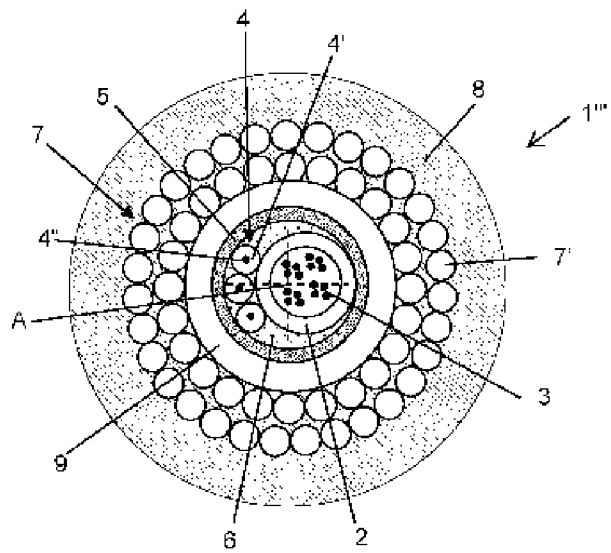


Fig. 4