

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 978 541**

51 Int. Cl.:

**G02B 6/44** (2006.01)

**G01D 5/353** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.12.2020** **E 20383182 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2024** **EP 4024106**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.09.2024**

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 y**  
**IGLESIAS RODRIGUEZ, VERONICA**

74 Agente/Representante:

**PONTI & PARTNERS, S.L.P.**

**ES 2 978 541 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 - *Distributed Temperature Sensing*), la detección de deformación distribuida (DSS - *Distributed Strain Sensing*) y la detección acústica distribuida (DAS - *Distributed Acoustic Sensing*), 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.

15

20

**[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.

30

**[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.

**[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 acomodada de forma ajustada 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

40

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

45

**[0008]** El documento CN 201765352 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 documento CN 207424326 describe un cable óptico compuesto de comunicación de sensor con un núcleo que comprende fibras ópticas de comunicación en el centro, y una pluralidad de fibras ópticas de detección con acomodación ajustada entrelazadas uniformemente en la periferia de las fibras ópticas de comunicación. El tubo que contiene las fibras ópticas de comunicación está hecho de acero inoxidable. Las fibras ópticas de acomodación ajustada están recubiertas con una capa reforzada preferentemente hecha de aramida. La cubierta comprende una cinta recubierta por una capa de vidrio, recubierta por una correa de acero recubierta de plástico, recubierta por la cubierta exterior.

60

**[0010]** El documento CN 111648762 describe un cable óptico conocido adicional para detección distribuida,

**RESUMEN**

65

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

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]** Se puede requerir protección contra la filtración de agua, que generalmente se logra al proporcionar tubos metálicos sellados herméticamente alrededor de las fibras ópticas, mientras que en el caso de cables ópticos para aplicaciones bajo el agua y submarinas, se puede proporcionar una armadura metálica hecha de una o más capas de alambres de acero y una funda exterior hecha de material polimérico duro (por ejemplo, polietileno de alta densidad, HDPE) para soportar altas presiones (hasta 300 bar) típicas de entornos bajo el agua y submarinos. La presencia de tales estructuras de cables da como resultado cables con un gran diámetro exterior y un peso elevado, lo que puede ser crítico, especialmente en el contexto de aplicaciones submarinas y subacuáticas.

10 **[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 disposiciones y requisitos operativos, lo que podría aumentar el tamaño del cable.

15 **[0014]** Los cables conocidos para detección distribuida descritos anteriormente presentan algunos inconvenientes a este respecto.

20 **[0015]** En particular, el cable del documento CN 2017 65352 mencionado anteriormente, presenta un gran diámetro exterior (10-12 mm) en comparación con el número limitado de fibras (4+2) que contiene. Esto se debe principalmente al hecho de que cada fibra óptica de acomodación ajustada está protegida individualmente de forma ajustada en una capa de acero respectiva, cuyo diámetro exterior, para garantizar que las fibras ópticas de acomodación ajustada sean mecánicamente congruentes con la estructura del cable, como se requiere para la detección DSS y DAS, debe coincidir con el diámetro exterior del manguito de acero que acomoda las fibras sueltas. El diámetro del manguito de acero se adapta para permitir la acomodación de todas las fibras sueltas, pero claramente da como resultado un espesor de acomodación excesivo para las fibras de acomodación 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.

25 **[0016]** El solicitante se ha enfrentado entonces al problema de proporcionar un cable óptico para detección distribuida que supere los inconvenientes antes mencionados.

35 **[0017]** En particular, el Solicitante ha abordado el problema de proporcionar un cable óptico para un sistema de detección distribuida, especialmente adecuado para aplicaciones subterráneas, bajo el agua y/o submarinas, donde todas las fibras ópticas están adecuadamente protegidas contra la filtración de agua y, cuando sea necesario, las altas presiones (hasta 300 bar) típicas de entornos bajo el agua y submarinos, donde las fibras de acomodación ajustada son mecánicamente congruentes con la estructura del cable (como se requiere para la detección de DAS y/o DSS) y donde el tamaño y el peso del cable se reducen.

40 **[0018]** Según realizaciones de la presente descripción, el problema anterior se resuelve mediante un cable óptico para detección distribuida, que comprende un primer tubo metálico que aloja holgadamente al menos dos fibras ópticas y un segundo tubo metálico que aloja herméticamente al menos dos fibras ópticas de acomodación ajustada. El cable también comprende un tercer tubo metálico que rodea colectivamente y entra en contacto operativo con los tubos metálicos primero y segundo. Al menos uno de los tubos metálicos de acomodación de fibra óptica se fija por medio de un compuesto adhesivo a la superficie interior del tercer tubo metálico.

45 **[0019]** El uso de un solo tubo de metal para encerrar colectivamente todas las fibras de acomodación ajustada permite protegerlas contra la filtración de agua y al mismo tiempo mantener el tamaño del cable más pequeño que, por ejemplo, el de un cable donde se utilizan múltiples tubos de acero para proteger de forma singular cada fibra óptica con protección ajustada. Además, el tercer tubo metálico que rodea colectivamente tanto el primer como el segundo tubo metálico también permite proteger eficazmente todas las fibras ópticas del cable contra las altas presiones (hasta 300 bar) típicas de entornos bajo el agua y submarinos, por ejemplo, proporcionando una armadura y una cubierta gruesa como funda exterior hecha de material de polímero duro (por ejemplo, HDPE) externamente al tercer tubo metálico.

50 **[0020]** Además, la acomodación ajustada de las fibras ópticas de protección ajustada dentro del segundo tubo metálico, en combinación con el compuesto adhesivo que fija al menos uno de los tubos metálicos que acomodan las fibras ópticas a la superficie interior del tercer tubo metálico, garantiza que las fibras de acomodación ajustada sean mecánicamente congruentes con la estructura del cable. Esto proporciona un cable con una alta precisión de detección, en particular en lo que respecta a la detección DAS y DSS.

55 **[0021]** Por lo tanto, según un primer aspecto, la presente descripción proporciona un cable óptico para detección distribuida que comprende:

- un primer tubo metálico con al menos dos fibras ópticas dispuestas holgadamente en el mismo;
- un segundo tubo metálico con al menos dos fibras ópticas de acomodación ajustada dispuestas de forma ajustada dentro de una superficie interior del segundo tubo metálico; y
- 5 - un tercer tubo metálico que tiene una superficie interior, que rodea colectivamente y está en contacto operativo con el primer tubo metálico y el segundo tubo metálico,

donde al menos uno del primer y segundo tubo metálico está fijado a la superficie interior del tercer tubo metálico por medio de un compuesto adhesivo.

10

**[0022]** En una realización, el primer tubo metálico y el segundo tubo metálico están hechos de acero inoxidable.

**[0023]** En una realización, el tercer tubo metálico está hecho de acero inoxidable.

15 **[0024]** En una realización, el compuesto adhesivo llena los intersticios entre el primer y el segundo tubo metálico y la superficie interior del tercer tubo.

**[0025]** En una realización, el compuesto adhesivo se puede seleccionar de un adhesivo de fusión en caliente, un adhesivo epoxi, un adhesivo de silicona y mezclas de los mismos.

20

**[0026]** En una realización, el compuesto adhesivo, una vez endurecido, tiene una resistencia a la tracción que varía de 1 a 10 N/mm<sup>2</sup> medida según la ISO 37 (2017-11) para silicona o según la ISO 527-2 (1996) para adhesivo de fusión en caliente y epoxi.

25 **[0027]** En una realización, un compuesto adhesivo interno llena sustancialmente los vacíos e intersticios entre las fibras ópticas de acomodación ajustada y la superficie interior del segundo tubo.

**[0028]** En una realización, el primer tubo metálico y el segundo tubo metálico se pueden colocar dentro del tercer tubo sustancialmente paralelos a un eje longitudinal del cable óptico, o trenzados entre sí.

30

**[0029]** En una realización, el cable óptico comprende una armadura en una posición radialmente exterior con respecto al tercer tubo metálico. La armadura puede estar hecha de al menos una capa de alambres. Alternativamente, la armadura puede estar hecha de una cinta corrugada, opcionalmente entrelazada, enrollada helicoidalmente alrededor del tercer tubo metálico.

35

**[0030]** Cuando el cable óptico de la presente descripción comprende una armadura en una posición radialmente exterior con respecto al tercer tubo metálico, el cable óptico puede comprender además una capa de soporte interpuesta entre el tercer tubo metálico y en contacto directo con el mismo y la armadura.

40 **[0031]** En una realización, el cable óptico comprende una cubierta en una posición radialmente exterior con respecto al tercer tubo metálico y, en su caso, a la armadura. Cuando está presente, la cubierta es la capa más exterior del cable de la descripción.

45 **[0032]** En una realización, las fibras ópticas dispuestas holgadamente en el primer tubo metálico son capaces de detectar la temperatura distribuida (DTS) y de transmitir datos.

**[0033]** En una realización, las al menos dos fibras ópticas de acomodación ajustada son capaces de realizar detección de tensión distribuida (DSS) y detección acústica distribuida (DAS).

50 **[0034]** Según un segundo aspecto, la presente descripción se refiere a un procedimiento para fabricar un cable óptico para detección distribuida, comprendiendo dicho procedimiento la etapa de:

- i. proporcionar un primer tubo metálico con al menos dos fibras ópticas dispuestas holgadamente en el mismo;
- 55 ii. proporcionar un segundo tubo metálico con al menos dos fibras ópticas de acomodación ajustada firmemente dispuestas en el mismo;
- iii. aplicar un compuesto adhesivo en al menos uno de dicho primer tubo metálico y dicho segundo tubo metálico;
- iv. unir el primer tubo metálico y el segundo tubo metálico a una lámina metálica;
- v. conformar la lámina metálica alrededor del primer tubo metálico y el segundo tubo metálico; y
- 60 vi. soldar la lámina metálica para proporcionar un tercer tubo metálico que rodea colectivamente y entra en contacto operativo con el primer tubo metálico y el segundo tubo metálico.

**[0035]** En una realización, en la etapa iii, el compuesto adhesivo se aplica solo sobre uno del primer tubo metálico o el segundo tubo metálico.

65 **[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.

5

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

10 **[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.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

15

**[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:

- La figura 1 muestra esquemáticamente un cable óptico según una primera realización de la presente descripción.

20

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

**[0040]** 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.

25

**[0041]** El cable óptico 1 comprende un primer tubo 2 donde al menos dos fibras ópticas 3 están dispuestas holgadamente. El primer tubo 2 también se denomina en lo sucesivo "tubo holgado".

30 **[0042]** El tubo holgado 2 está hecho de un metal, por ejemplo acero inoxidable o cobre. En una realización, el tubo holgado 2 es un tubo sellado herméticamente, por ejemplo, un tubo soldado. El tubo holgado 2 puede tener un diámetro exterior comprendido entre 0,9 mm y 3,5 mm. El tubo holgado 2 puede tener un espesor comprendido entre 0,1 mm y 0,3 mm.

35 **[0043]** Opcionalmente, el tubo holgado 2 también puede contener un gel lubricante para reducir las fricciones entre las fibras ópticas 3.

40 **[0044]** Las fibras ópticas 3 pueden ser 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 ITU-T G.651.1 (07/2007) o fibras ópticas monomodo que cumplan con la Recomendación ITU-T G.652 (11/2009) o G.657 (11/2009) con un diámetro exterior de 260 micras. El número de fibras de las fibras ópticas 3 dentro del tubo holgado 2 puede variar, por ejemplo, de 2 a 12. A modo de ejemplo no limitativo, el recuento de fibras de las fibras ópticas 3 en el cable 1 representado en la Figura 1 es 4.

45 **[0045]** El cable óptico 1 también comprende un segundo tubo 4 donde al menos dos fibras ópticas de acomodación ajustada 5 están dispuestas de forma ajustada. El segundo tubo 4 también se denomina en esta invención en lo sucesivo "tubo de acomodación ajustada".

50 **[0046]** El tubo de acomodación ajustada 4 está hecho de un metal, por ejemplo, acero inoxidable o cobre. En una realización, el tubo de acomodación ajustada 4 es un tubo sellado herméticamente, por ejemplo, un tubo soldado. En una realización, el tubo de acomodación ajustada 4 tiene un diámetro sustancialmente igual al diámetro del tubo holgado 2. El tubo de acomodación ajustada 4 puede tener un diámetro exterior comprendido entre 0,9 mm y 3,5 mm. El tubo holgado 2 puede tener un espesor comprendido entre 0,1 mm y 0,3 mm.

55 **[0047]** Las fibras ópticas de acomodación ajustada 5 pueden ser adecuada para la detección de deformación y/o la detección acústica. Por ejemplo, las fibras ópticas 5 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). Por ejemplo, el número de fibras de las fibras ópticas 5 dentro del tubo de acomodación ajustada 4 puede ser igual a 3.

60 **[0048]** Cada fibra óptica de la presente descripción comprende un núcleo, un revestimiento y al menos un recubrimiento polimérico, por ejemplo, un recubrimiento de acrilato. En el caso de las fibras ópticas de acomodación ajustada 5, cada fibra óptica comprende además una capa de protección 5' de material polimérico (por ejemplo, poliamida o un copolímero de polietileno, opcionalmente cargado con un relleno retardante de llama sin halógenos) en contacto directo con la superficie del recubrimiento polimérico de la fibra. El diámetro exterior de la fibra óptica de acomodación ajustada 5 (que comprende su capa de protección 5') puede estar comprendido entre 500 micras y 1000

65

micras.

5 **[0049]** En una realización, un compuesto adhesivo interno 5a llena los vacíos entre las fibras de acomodación ajustada 5 y la superficie interior del tubo de acomodación ajustada 4. Esto podría mejorar la congruencia mecánica de las fibras de acomodación ajustada 5 con el tubo de estructura ajustada 4 y, luego, con toda la estructura del cable. El compuesto adhesivo interno 5a puede comprender, por ejemplo, un adhesivo de fusión en caliente (por ejemplo, un polímero de polietileno, por ejemplo, uno de baja densidad), un adhesivo epoxi o un adhesivo de silicona.

10 **[0050]** El cable óptico 1 también comprende un tercer tubo 6 que rodea colectivamente el tubo holgado 2 y el tubo de protección hermético 4, y que está en contacto operativo con ambos. El tercer tubo 6 también se denomina en esta invención en lo sucesivo "tubo exterior".

15 **[0051]** El tubo exterior 6 también está hecho de metal, por ejemplo, acero inoxidable. Ejemplos de acero adecuado para el presente cable son los de grados SAE 304, 316, 316L. Alternativamente, puede usarse cobre. En una realización, el tubo exterior 6 es un tubo sellado herméticamente, por ejemplo, un tubo soldado. El espesor del tubo exterior 6 puede estar comprendido entre 0,1 mm y 0,3 mm.

20 **[0052]** El diámetro interior del tubo exterior 6 puede ser sustancialmente igual a la suma de los diámetros exteriores del tubo holgado 2 y el tubo de acomodación ajustada 4. De esta manera, la superficie interior del tubo exterior 6 entra en contacto tanto con el tubo holgado 2 como con el tubo de acomodación ajustada 4, de modo que los tubos 2, 4 se alojan firmemente dentro del tubo exterior 6. Por lo tanto, teniendo en cuenta el intervalo de espesor descrito anteriormente (0,2 mm - 0,4 mm), el diámetro exterior del tubo exterior 6 puede estar comprendido entre 3,6 mm y 4,0 mm.

25 **[0053]** Un compuesto adhesivo 6a fija al menos uno del tubo holgado 2 y el tubo de acomodación ajustada 4 a la superficie interior del tubo exterior 6. En una realización, el compuesto adhesivo 6a llena sustancialmente los intersticios entre los tubos 2 y/o 4 y la superficie interior del tubo exterior 6. Esto podría mejorar aún más la congruencia mecánica de las fibras de acomodación ajustada 5 con toda la estructura del cable. El compuesto adhesivo 6a puede ser igual o diferente del compuesto adhesivo interno y puede comprender, por ejemplo, un adhesivo de fusión en caliente, un adhesivo epoxi o un adhesivo de silicona.

30 **[0054]** En una realización, el compuesto adhesivo es un adhesivo de fusión en caliente, por ejemplo, un polímero de polietileno, por ejemplo, uno de baja densidad. El compuesto adhesivo de polietileno, una vez endurecido, puede tener una resistencia a la tracción que oscila entre 3 y 10 N/mm<sup>2</sup>, medida según la norma ISO 527-2 (1996).

35 **[0055]** En otra realización, el compuesto adhesivo es un adhesivo de silicona. El adhesivo de silicona, una vez endurecido, puede tener una resistencia a la tracción que oscila entre 1 y 4 N/mm<sup>2</sup>, medida según la norma ISO 37 (2017-11). En una realización, el adhesivo de silicona es un adhesivo de vulcanización a temperatura ambiente.

40 **[0056]** En una realización, el tubo holgado 2 con las fibras ópticas sueltas 3 dispuestas en el mismo y el tubo de acomodación ajustada 4 con las fibras ópticas de acomodación ajustada 5 dispuestas en el mismo se colocan dentro del tubo exterior 6 sustancialmente paralelo al eje longitudinal A del cable óptico 1. En otra realización, el tubo holgado 2 con las fibras ópticas 3 sueltas dispuestas en el mismo y el tubo de protección ajustada 4 con las fibras ópticas de acomodación ajustada 5 dispuestas en el mismo se colocan dentro del tubo exterior 6 trenzadas entre sí.

45 **[0057]** En la realización de la Figura 1, se proporciona una armadura 7 alrededor del tubo exterior 6. La armadura 7 comprende una pluralidad de alambres 7' enrollados helicoidalmente en la superficie exterior del tubo exterior 6. Los alambres 7' en particular pueden enrollarse en hélice cerrada en la superficie exterior del tubo exterior 6.

50 **[0058]** Los alambres 7' de la armadura 7 pueden ser de metal, por ejemplo, alambres de acero opcionalmente galvanizados (GS), inoxidables y/o 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 **[0059]** Cada alambre de armadura puede tener un diámetro comprendido entre 0,5 mm y 3,6 mm. Los alambres pueden tener una resistencia a la tracción baja ( $\leq 45$  kg/mm<sup>2</sup>), una resistencia a la tracción media ( $\leq 100$  kg/mm<sup>2</sup>) o una resistencia a la tracción alta ( $\leq 200$  kg/mm<sup>2</sup>).

60 **[0060]** 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 exterior 6. Alternativamente, la armadura 7 puede comprender dos o más capas circunferenciales de alambres 7' sustancialmente concéntricas con el tubo exterior 6.

65 **[0061]** En una realización, un compuesto bituminoso, una gelatina o un adhesivo llena los intersticios entre el

tubo exterior 6 y la armadura 7 y entre los alambres adyacentes 7' de la armadura. Esto brinda protección a los alambres 7' y también evita la corrosión durante la vida útil del cable óptico.

5 **[0062]** En la realización de la Figura 1, el cable 1 también comprende una capa de soporte 9 interpuesta entre el tubo exterior 6 y la armadura 7. La capa de soporte puede estar hecha de material polimérico tal como, por ejemplo, polietileno (PE), opcionalmente halógeno libre de humos, o poliamida (PA). Su espesor puede estar comprendido entre 0,1 mm y 1 mm. La capa de soporte actúa como una protección adicional del tubo exterior 6. Además, al seleccionar un espesor adecuado de la capa de soporte, el tamaño de la armadura se puede adaptar a cualquier aplicación específica.

10 **[0063]** En la realización de la Figura 1, el cable óptico 1 comprende una cubierta 8 como una funda exterior. La cubierta 8 puede estar hecha de un material polimérico, por ejemplo, polietileno de alta densidad (HDPE), PA, polietileno de baja densidad (LDPE) o polietileno de baja densidad lineal (LLDPE). El espesor de la cubierta 8 puede estar comprendido entre 1,0 mm y 3,0 mm.

15 **[0064]** El diámetro exterior de la cubierta 8 (y luego de todo el cable 1) puede variar de 6 mm a 12 mm, dependiendo del número de fibras y de la presencia de armadura y soporte, como se muestra a continuación.

20 **[0065]** En una realización, no ilustrada, el cable según la presente descripción no comprende ninguna armadura ni ninguna cubierta, siendo el tubo exterior 6 la capa más exterior del cable.

25 **[0066]** El uso de un solo tubo metálico (segundo tubo metálico 4) para contener colectivamente todas las fibras de acomodación ajustada 5 permite protegerlas contra la filtración de agua mientras se mantiene el tamaño del cable más pequeño que, por ejemplo, el de un cable donde se utilizan múltiples tubos de acero para proteger individualmente cada fibra óptica de acomodación ajustada. Además, el tubo exterior 6 que rodea colectivamente tanto el tubo holgado 2 como el tubo de protección hermético 4 también puede permitir proteger eficazmente todas las fibras ópticas 3, 5 contra las altas presiones (hasta 300 bar) típicas de los entornos bajo el agua y submarinos.

30 **[0067]** Además, la acomodación ajustada de las fibras ópticas de protección ajustada 5 dentro del tubo de acomodación ajustada 4, en combinación con el compuesto adhesivo 6a que fija el tubo de acomodación ajustada 4 y/o el tubo holgado 2 a la superficie interior del tubo exterior 6, garantiza que las fibras de acomodación ajustada 5 son mecánicamente congruentes con la estructura del cable. Esto proporciona un cable con una alta precisión de detección, en particular en lo que respecta a la detección DAS y DSS.

35 **[0068]** El procedimiento para fabricar un cable de detección distribuido según realizaciones de la presente invención puede comprender las siguientes etapas:

- 40 i. proporcionar un tubo plegado y soldado longitudinalmente alrededor de un haz de fibras ópticas, proporcionando así el tubo holgado con las fibras ópticas dispuestas holgadamente dentro del mismo;
- ii. proporcionar un tubo plegado y soldado longitudinalmente alrededor de un haz de fibras ópticas de acomodación ajustada (por ejemplo, 3 fibras ópticas de acomodación ajustada), proporcionando opcionalmente un adhesivo interno para llenar vacíos e intersticios entre las fibras ópticas de acomodación ajustada y la superficie interior del tubo de acomodación ajustada, y luego estirar el tubo hacia abajo sobre las fibras, proporcionando así el tubo de acomodación ajustada con las fibras de acomodación ajustada dispuestas firmemente dentro de él;
- 45 iii. proporcionar un compuesto adhesivo en el tubo suelto y/o el tubo de protección ajustada;
- iv. unir el tubo de protección ajustada y el tubo holgado a una lámina metálica;
- v. conformar la lámina metálica alrededor del tubo de protección ajustado y el tubo holgado doblando y tirando de la lámina metálica hacia abajo sobre el tubo holgado y el tubo de protección ajustado;
- 50 vi. soldar la lámina metálica proporcionando así un tubo exterior con el tubo holgado y el tubo de protección ajustado firmemente dispuestos dentro de él;
- vii. opcionalmente, extruir una capa de soporte sobre el tubo exterior;
- viii. opcionalmente, enrollar alambres alrededor del tubo exterior (o en la capa de soporte, si está presente) para proporcionar una armadura; y
- 55 ix. opcionalmente, proporcionar una cubierta como capa más exterior.

**[0069]** En una realización, la etapa iii de proporcionar el compuesto adhesivo se lleva a cabo extruyendo el compuesto adhesivo. En este caso, el compuesto adhesivo puede ser un adhesivo de fusión en caliente.

60 **[0070]** En una realización, la etapa iii de proporcionar el compuesto adhesivo se lleva a cabo extendiendo el compuesto adhesivo alrededor de al menos uno de dicho primer tubo metálico y dicho segundo tubo metálico, por ejemplo, alrededor de solo uno de dicho primer tubo metálico y dicho segundo tubo metálico. En este caso, el compuesto adhesivo puede ser un adhesivo de silicona.

**[0071]** En una realización, el compuesto adhesivo de la etapa iii es un adhesivo de silicona que en la aplicación, antes del endurecimiento, tiene una viscosidad que varía de 10.000 a 30.000 Pa-s a 25 °C.

**[0072]** Cabe señalar que, en la etapa iii, el compuesto adhesivo no se proporciona necesariamente en ambos tubos. De hecho, el Solicitante ha notado que es suficiente proporcionar un compuesto adhesivo solo en uno de estos tubos. Luego, durante la siguiente etapa v, el compuesto adhesivo proporcionado en la etapa iii fluye y llena sustancialmente todos los vacíos e intersticios entre el primer y segundo tubos metálicos y la superficie interior del tercer tubo exterior, proporcionando así una fijación recíproca firme de los tubos y también su fijación a la superficie interior del tubo exterior 6. Por lo tanto, el tubo de protección ajustado 4 se fija a la superficie interior del tubo exterior 6 de una manera particularmente estable. Las fibras de protección ajustada 5 son entonces mecánicamente congruentes con la estructura del cable, según lo requerido por las aplicaciones de detección DAS y DSS.

10

**[0073]** En lo sucesivo, se describen algunos cables ejemplares según la presente descripción obtenidos por el solicitante.

15 A) un primer cable ejemplar compuesto por 4 fibras sueltas y 3 fibras de protección ajustada, una armadura hecha de 13 alambres GS x alambres de 1,00 mm con una resistencia a la tracción de 170 Kg/mm<sup>2</sup> y una funda exterior de HDPE con un espesor de 1,5 mm. El diámetro exterior del cable era de 8 mm, su peso era de 0,13 Kg/m, su tensión operativa máxima era de 5 kN y su resistencia a la tracción máxima era de 15 kN.

20 B) un segundo cable ejemplar compuesto por 8 fibras sueltas y 3 fibras de acomodación ajustada, una armadura hecha de 22 alambres GS x 1,00 mm con resistencia a la tracción de 170 Kg/mm<sup>2</sup> y una funda exterior de HDPE con un espesor de 1,5 mm. El diámetro exterior del cable era de 6,8 mm, su peso era de 0,10 Kg/m, su tensión operativa máxima era de 3 kN y su resistencia a la tracción máxima era de 10 kN.

REIVINDICACIONES

1. Un cable óptico (1) para detección distribuida que comprende:
- 5 - un primer tubo metálico (2) con al menos dos fibras ópticas (3) dispuestas de forma holgada en su interior;  
- un segundo tubo metálico (4) con al menos dos fibras ópticas de acomodación ajustada (5) dispuestas estrechamente dentro de una superficie interior del segundo tubo metálico (4); y  
- un tercer tubo metálico (6) que tiene una superficie interior y que rodea colectivamente y está en contacto operativo con dicho primer tubo metálico (2) y dicho segundo tubo metálico (4), siendo el tercer tubo metálico una  
10 lámina metálica conformada y soldada alrededor del primer tubo metálico (3) y el segundo tubo metálico (4),  
donde al menos uno del primer tubo metálico (2) y el segundo tubo metálico (4) está fijado por medio de un compuesto adhesivo (6a) a la superficie interior del tercer tubo metálico (6).
- 15 2. El cable óptico (1) según la reivindicación 1, donde el primer tubo metálico (2) y el segundo tubo metálico (4) están fabricados de acero inoxidable.
3. El cable óptico (1) según la reivindicación 1, donde el tercer tubo metálico (6) está hecho de acero inoxidable.  
20
4. El cable óptico (1) según la reivindicación 1, donde dicho compuesto adhesivo (6a) llena los intersticios entre los tubos metálicos primero y segundo (2, 4) y la superficie interior del tercer tubo (3).
5. El cable óptico (1) según la reivindicación 1, donde dicho compuesto adhesivo (6a) se selecciona de un  
25 adhesivo fundido, un adhesivo epoxi, un adhesivo de silicona y mezclas de los mismos.
6. El cable óptico (1) según la reivindicación 5, donde el compuesto adhesivo (6a), una vez endurecido, tiene una resistencia a la tracción que varía de 1 a 10 N/mm<sup>2</sup> según lo medido según ISO 37 (2017-11) para silicona o según ISO 527-2 (1996) para adhesivo de fusión en caliente y epoxi.  
30
7. El cable óptico (1) según la reivindicación 1, donde un compuesto adhesivo interno (5a) llena vacíos e intersticios entre las fibras ópticas de acomodación ajustada (5) y la superficie interior del segundo tubo (4).
8. El cable óptico (1) según la reivindicación 1, que comprende además una armadura (7) en una posición  
35 radialmente exterior con respecto al tercer tubo metálico (3).
9. El cable óptico (1) según la reivindicación 1, que comprende además una funda exterior (8).
10. El cable óptico (1) según la reivindicación 8, que comprende además una capa de soporte (9) interpuesta  
40 entre el tubo exterior (6) y en contacto directo con el mismo, y la armadura (7).
11. Cable óptico (1) según la reivindicación 1, donde al menos dos fibras ópticas (3) dispuestas de forma suelta en el primer tubo metálico (2) son capaces de detectar la temperatura distribuida (DTS) y transmitir datos.
- 45 12. Cable óptico (1) según la reivindicación 1, donde al menos dos fibras ópticas (5) con acomodación ajustada son capaces de realizar detección de tensión distribuida (DSS) y detección acústica distribuida (DAS).
13. Un procedimiento para la fabricación de un cable óptico (1) para detección distribuida, comprendiendo dicho procedimiento la etapa de:  
50
- i. proporcionar un primer tubo metálico (2) con al menos dos fibras ópticas (3) dispuestas holgadamente en el mismo;  
ii. proporcionar un segundo tubo metálico (4) con al menos dos fibras ópticas de acomodación ajustada (5) dispuestas de forma ajustada en el mismo;  
55 iii. aplicar un compuesto adhesivo (6a) sobre al menos uno de dicho primer tubo metálico (2) y dicho segundo tubo metálico (4);  
iv. unir el primer tubo metálico (2) y el segundo tubo metálico (4) a una lámina metálica;  
v. conformar la lámina metálica alrededor del primer tubo metálico (2) y el segundo tubo metálico (4); y  
60 vi. soldar la lámina metálica para proporcionar un tercer tubo metálico (6) que rodea colectivamente y está en contacto operativo con dicho primer tubo metálico (2) y dicho segundo tubo metálico (3).
14. Procedimiento según la reivindicación 13, donde en la etapa iii el compuesto adhesivo (6a) se aplica solo sobre uno del primer tubo metálico (2) o el segundo tubo metálico (4).

