

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 350**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2004 PCT/EP2004/010811**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.04.2006 WO06034722**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2004 E 04787024 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 1803011**

54 Título: **Cable óptico para comunicación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.02.2020

73 Titular/es:
PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano , IT

72 Inventor/es:
PAVAN, MASSIMILIANO;
PIZZORNO, M.;
GINOCCHIO, A. y
CESCHIAT, D.

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 744 350 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 óptico para comunicación

5 Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un cable óptico para comunicación que comprende al menos un micromódulo bloqueado con respecto a la propagación de agua.

10 **[0002]** Los elementos de transmisión, en particular las fibras ópticas recubiertas, utilizadas en cables ópticos se alojan típicamente, individualmente o en grupo, en materiales o elementos de amortiguación.

15 **[0003]** Por ejemplo, una o más fibras ópticas, por ejemplo, dispuestas en un grupo, haz o cinta de fibras ópticas, pueden alojarse en un tubo o vaina flexible (en lo sucesivo en el presente documento denominado "elemento de retención"), que puede estar hecho, por ejemplo, de material polimérico. La fibra o fibras ópticas junto con su elemento o elementos de retención se denominan generalmente en la técnica como "unidad óptica", "micromódulo" o "módulo". Usualmente, dicho elemento de retención tiene un espesor delgado y está dotado de propiedades mecánicas específicas (en particular, módulo elástico, resistencia a la tracción final y alargamiento a la rotura) para permitir un fácil acceso a la fibra o fibras ópticas para facilitar tanto la conexión entre la fibra o fibras ópticas y un equipo de usuario, y la interconexión entre cables. Dicho elemento de retención también se denomina generalmente "microvaina" o "minivaina".

20 **[0004]** Además, dicho elemento de retención, usualmente, tiene una rigidez axial relativamente baja para afectar ligeramente a la atenuación de la fibra o fibras debido a tensiones y esfuerzos mecánicos que pueden ocurrir durante los ciclos térmicos a los que dicha fibra o fibras están generalmente sometidas.

25 **[0005]** Un cable óptico puede contener un solo micromódulo o una pluralidad de micromódulos. Dicho micromódulo único o dicha pluralidad de micromódulos se denominan generalmente el núcleo óptico del cable. El núcleo óptico a su vez se inserta típicamente en una vaina protectora, usualmente hecha de material polimérico.

30 **[0006]** Usualmente, cada micromódulo puede comprender un haz de fibras ópticas, típicamente en un número comprendido entre 2 y 12, alojado en un elemento de retención como se ha definido anteriormente. Las fibras ópticas están dispuestas paralelas o según un patrón de hélice abierta (o trenzado S-Z) alrededor del eje del micromódulo, es decir, las fibras ópticas están trenzadas en torno al eje del micromódulo en secciones con una primera dirección de trenzado (en forma de S) alternando con secciones con una dirección de trenzado opuesta (en forma de Z).

35 **[0007]** Dentro de cada micromódulo, las fibras ópticas pueden estar dispuestas con o sin holgura entre su envoltura externa y la superficie interna del elemento de retención del micromódulo. Si no queda espacio libre entre las fibras ópticas y el elemento de retención, el micromódulo se llama apretado, mientras que en el caso opuesto, es decir, si hay un espacio libre entre las fibras ópticas y el elemento de retención, el micromódulo se llama holgado.

40 **[0008]** En la presente descripción y en las siguientes reivindicaciones, un micromódulo se indicará como holgado cuando las fibras ópticas se desacoplan mecánicamente del elemento de retención. En consecuencia, para una longitud adecuada de un micromódulo del tipo holgado (por ejemplo, 1 metro) es posible extraer una sola fibra óptica independientemente de las demás fibras ópticas. Usualmente, es posible operar como se describe anteriormente cuando el diámetro interno del elemento de retención es al menos un 1 % mayor que el diámetro del círculo más pequeño que envuelve las fibras ópticas definidas en el mismo, de lo contrario el micromódulo se indicará como apretado.

45 **[0009]** Como ya se informó anteriormente, el micromódulo permite un fácil acceso a la fibra o fibras ópticas alojadas en el mismo tanto en el extremo libre del micromódulo como en una posición intermedia del micromódulo simplemente rasgando y deslizando el elemento de retención. Al ejercer una presión combinada moderada y resistencia a la tracción con los dedos, de hecho, una longitud predeterminada del elemento de retención se puede quitar fácilmente para que el acceso a la fibra o fibras ópticas permanezca descubierto.

50 **[0010]** En consecuencia, las propiedades mecánicas del material polimérico que constituye el elemento de retención indican que, además de la función de contención de este último, uno de los objetivos principales de proporcionar micromódulos en cables ópticos es agrupar diferentes haces de fibras ópticas para permitir una fácil identificación de los diferentes haces. Dicha identificación puede lograrse, por ejemplo, proporcionando micromódulos con elementos de retención respectivos que tengan diferentes colores.

55 **[0011]** La disposición de las fibras ópticas en micromódulos permite ensamblar una gran cantidad de fibras ópticas en un cable óptico relativamente pequeño (por ejemplo, un cable con hasta 144 fibras ópticas puede tener un diámetro externo inferior o igual a aproximadamente 13 mm o menos; el cable con un menor número de fibras puede tener un diámetro correspondientemente inferior), lo que hace que los cables que incluyen micromódulos sean particularmente adecuados para redes de distribución urbana.

5 **[0012]** En la presente descripción y en las siguientes reivindicaciones, la expresión "bloqueado con respecto a la propagación de agua" significa que la propagación del agua se evita o se limita tanto en el micromódulo como en el cable óptico que contiene el mismo, en el sentido de que tanto el micromódulo como el cable óptico que contiene el mismo pasan la prueba según el procedimiento F5B previsto por la Norma Internacional IEC 60794-1-2: Se darán más detalles sobre la prueba anterior en los siguientes ejemplos. La propagación del agua está destinada principalmente a una propagación a lo largo de la dirección longitudinal del micromódulo que da como resultado un llenado progresivo del mismo.

10 Técnica anterior

[0013] Se conocen cables ópticos para comunicación que comprenden al menos un micromódulo (usualmente una pluralidad de micromódulos) bloqueados con respecto a la propagación del agua.

15 **[0014]** Por ejemplo, la patente de EE.UU. 5.671.312 describe cables ópticos que comprenden micromódulos con bloqueo de agua por medio de un aceite que tiene una viscosidad comprendida entre 100 y 5000 mPa-s, tal como, por ejemplo, un aceite de silicona. Cada fibra óptica está dotada de dicho aceite por medio de un elemento aplicador, tal como una almohadilla de fieltro asociada con un elemento de alimentación de aceite y situada aguas arriba del cabezal de extrusión utilizado para extruir el elemento de retención alrededor de las fibras ópticas.

20 **[0015]** La solicitud de patente de EE.UU. 2003/0168243 describe un cable óptico para telecomunicación que comprende micromódulos con bloqueo de agua por medio de silicona o grasa sintética, aceite o gel. Las fibras ópticas se recubren con dichos compuestos de relleno antes de que las fibras ópticas pasen a través de un troquel para extruir una vaina de retención delgada que une las fibras ópticas. También se prevé el uso de polvo expansivo y/o filamentos expansivos.

25 **[0016]** La patente de EE.UU. 5.751.880 describe una unidad óptica para un cable de telecomunicación de fibra óptica, comprendiendo la unidad un tubo de material plástico en el que al menos una fibra óptica se recibe holgadamente, en el que el espesor de dicho tubo es menor o igual a 0,5 mm, y en el que dicho material tiene un módulo de elasticidad inferior a 1500 MPa a 20 °C y una curva de tensión/alargamiento sin un punto de fluencia. Dicho tubo también podría contener un material que proporciona un sellado en forma de gel que no está mejor definido.

30 **[0017]** También se conocen cables ópticos en los que la fibra o fibras ópticas se insertan en un tubo, a veces llamado "tubo de protección", que generalmente tiene un espesor superior a aproximadamente 0,2 mm, típicamente de aproximadamente 0,3 mm a aproximadamente 0,8 mm.

35 **[0018]** Por ejemplo, la Solicitud de Patente Internacional WO 2004/034115 describe tubos de protección, tubos de núcleo o componentes de cable de fibra óptica de núcleo ranurado, que están hechos de una mezcla extruible de polipropileno altamente cristalino y un polímero modificador de impacto. Como se describe en la solicitud de patente mencionada anteriormente, dichos tubos de protección, que están modelados con un diámetro exterior de 3,3 mm y un espesor de pared de 0,76 mm, se llenan típicamente con una grasa a base de hidrocarburos para cable óptico que incorpora aceites de hidrocarburos que rodean las fibras y eliminan espacio aéreo. Se dice que la grasa mencionada anteriormente (también denominada "gel") proporciona una barrera contra la penetración de agua, lo que es perjudicial para el rendimiento de la transmisión óptica.

40 **[0019]** La patente de EE.UU. 5.911.023 describe componentes de cable óptico tales como tubos de protección, varillas de relleno o camisas, hechos de una poliolefina termoplástica, preferiblemente homopolímero de propileno o etileno, un copolímero de propileno-etileno, o un terpolímero que incluye propileno y etileno, caracterizado por un alto índice de flujo de fusión. El uso de dicho material que tiene un alto índice de flujo de fusión da como resultado una mejora sustancial en la cristalinidad del tubo de protección y las tasas de cristalización, una resistencia mejorada al aplastamiento del tubo de protección, reducción de la contracción posterior a la extrusión, compatibilidad de gel mejorada y control de longitud de fibra en exceso mejorado. Se dice que el gel en el tubo de protección es un gel tixotrópico que puede bloquear el agua, tal como geles minerales o geles de petróleo.

45 **[0020]** La solicitud de patente europea EP 1 426 804 describe un cable de telecomunicaciones de fibra óptica que incluye una vaina que encierra al menos una fibra óptica, estando dispuesta una composición absorbente de hidrógeno entre la vaina y la fibra o fibras ópticas. La composición absorbente de hidrógeno incluye un aceite sintético, un agente tixotrópico, un sistema antioxidante y un componente de nanoestructura de carbono absorbente de hidrógeno. Los valores de viscosidad y módulo de pérdida de la composición absorbente de hidrógeno no se describen en la misma.

50 **[0021]** La patente de EE.UU. 4.776.910 describe cables ópticos del tipo en el que al menos una cinta de fibra óptica sigue una trayectoria helicoidal en torno al eje longitudinal y se aloja holgadamente en un orificio en el cable y en el que el orificio está sustancialmente lleno en toda su longitud con un medio grasiento impermeable al agua de una consistencia tal que permita el movimiento de la cinta dentro del orificio lleno. En una realización preferida, el medio grasiento impermeable al agua comprende un caucho de silicona líquido que comprende una suspensión de sílice coloidal en un aceite de silicona, estando la proporción de sílice coloidal con respecto al aceite de silicona en el

intervalo de 1:3 a 1:10 partes en peso. Además, la adición de sílice coloidal con respecto al aceite de silicona imparte cualidades tixotrópicas al caucho de silicona líquido.

Resumen de la invención

5 **[0022]** Los cables ópticos descritos por la técnica anterior descrita anteriormente, sin embargo, muestran algunos inconvenientes.

10 **[0023]** De hecho, en los cables ópticos de la técnica anterior que comprenden micromódulos con bloqueo de agua, por ejemplo, por medio de aceite, la acción de bloqueo de agua ejercida por el aceite es insatisfactoria porque es incompleta e ineficaz en el tiempo, particularmente por las siguientes razones. El aceite se escapa de los micromódulos cuando los micromódulos se someten a una columna de agua o debido a un efecto de migración del aceite a través del elemento de retención después de un largo periodo de almacenamiento. El Solicitante ha descubierto que, incluso utilizando aceite que tenga una alta viscosidad (superior a 5000 mPa-s), dicha fuga no se puede evitar sino que se pospone en el tiempo.

15 **[0024]** Además, también un aumento de la temperatura ambiente, que puede corresponder a una disminución de la viscosidad del aceite, puede causar una fuga de aceite de los micromódulos. Esto es particularmente indeseable tanto durante la vida útil del cable como durante un posible periodo de almacenamiento largo de los micromódulos, o del cable que incorpora los mismos, que se han enrollado previamente en una bobina.

20 **[0025]** Como se ha descrito anteriormente, en la solicitud de patente de EE.UU. 2003/0168243 y en la patente de EE.UU. 5.751.880, los espacios intermedios ubicados entre las fibras ópticas dentro de los micromódulos se llenan por medio de un gel.

25 **[0026]** Sin embargo, el Solicitante ha observado que no se hizo ninguna indicación en dichas referencias acerca de las propiedades químicas, físicas o reológicas del gel utilizado, sobre el grado del volumen de micromódulo llenado por el gel, así como sobre la eficacia de tal gel para evitar la propagación del agua a lo largo del micromódulo.

30 **[0027]** Dentro de la presente invención, el Solicitante ha percibido que para evitar o limitar la propagación del agua a través del micromódulo usando un compuesto de relleno, se requiere que dicho compuesto de relleno tenga una combinación de propiedades específicas que tengan valores seleccionados.

35 **[0028]** En particular, el Solicitante ha descubierto que un compuesto de relleno adecuado para su uso dentro de un micromódulo debe ser tixotrópico, para permitir un movimiento radial de la fibra o fibras ópticas en el micromódulo sin disminuir la acción de bloqueo del agua del compuesto de relleno.

40 **[0029]** Un compuesto de relleno tixotrópico, de hecho, tiene una viscosidad aparente que disminuye cuando se somete a una tensión de corte o velocidad de corte constante y que recupera gradualmente el valor original cuando se elimina la tensión de corte o la velocidad de corte. Tal comportamiento tixotrópico depende del tiempo. Se pueden encontrar más detalles sobre dicho comportamiento tixotrópico, por ejemplo, en "An Introduction to Rheology" (1.ª Ed. - 1989), de H.A. Barnes, J.F. Hutton y K. Walters, pág. 24-25.

45 **[0030]** Según dicha definición, un compuesto de relleno tixotrópico aplicado en los espacios intermedios entre y alrededor de la fibra o fibras ópticas alojadas en un elemento de retención solo se fisura localmente de forma temporal por el movimiento o movimientos de fibra o fibras ópticas cuando, en respuesta a una tensión del cable, la fibra o fibras ópticas tienen que encontrar una nueva posición de equilibrio. Después de haber encontrado dicha nueva posición de equilibrio, el compuesto de relleno, gracias a su comportamiento tixotrópico, recupera su propia integridad y llena de nuevo todos los espacios intermedios dentro del elemento de retención del micromódulo.

50 **[0031]** Además, el Solicitante ha percibido que un compuesto de relleno adecuado para su uso dentro de un micromódulo con el fin de prevenir o limitar adecuadamente la propagación del agua a través del mismo, además del comportamiento tixotrópico mencionado anteriormente, debe tener una viscosidad específica. De hecho, dicha viscosidad debe seleccionarse con precisión para evitar o limitar la propagación del agua a través del micromódulo, a fin de evitar cualquier fenómeno de goteo a la temperatura operativa del cable (generalmente comprendida entre aproximadamente -50 °C y aproximadamente 70 °C), así como para mantener la capacidad de transmisión de las fibras ópticas incluso a baja temperatura.

55 **[0032]** Además, el Solicitante también ha descubierto que el compuesto de relleno debe seleccionarse teniendo en cuenta su compatibilidad con el material polimérico del elemento de retención. De hecho, el Solicitante ha apreciado que dependiendo del material particular, típicamente de naturaleza polimérica, de dicho elemento de retención, y particularmente cuando el espesor del mismo es delgado, el uso de los compuestos de relleno utilizados en los cables ópticos de tubos de protección holgados, en particular para rellenar los tubos de protección, puede no dar los resultados esperados. En particular, el Solicitante ha descubierto que puede producirse una reducción notable de las propiedades mecánicas (en particular, la resistencia a la tracción final y el alargamiento a la rotura) de dicho elemento de retención.

- 5 **[0033]** Por lo tanto, el Solicitante ha percibido la necesidad de proporcionar un micromódulo en el que se evita o limita la propagación de agua a través del micromódulo de una manera eficaz, que no está sujeta a fenómenos de goteo dentro del intervalo de temperatura operativa del cable (por ejemplo, aproximadamente 70 °C), y que mantiene una capacidad de transmisión incluso a baja temperatura (por ejemplo, aproximadamente -45 °C). Además, el Solicitante ha percibido la necesidad de evitar la reducción de las propiedades mecánicas del material polimérico del elemento de retención causadas por la interacción del compuesto de relleno y el material polimérico del elemento de retención.
- 10 **[0034]** El Solicitante ha descubierto que es posible satisfacer dichos requisitos diferentes usando un compuesto de relleno que tenga propiedades reológicas predeterminadas, concretamente, un compuesto de relleno tixotrópico que tenga una viscosidad superior a un valor predeterminado a 20 °C, y un módulo de pérdida G" inferior a un valor predeterminado a una temperatura baja seleccionada (por ejemplo, -45 °C).
- 15 **[0035]** Con respecto a la propiedad de bloqueo del agua, en particular, el Solicitante ha observado que existe una fuerte correlación entre la viscosidad de corte cero del compuesto de relleno a la temperatura operativa del micromódulo del cable (siendo la temperatura ambiente, por ejemplo, 20 °C, una temperatura representativa de la vida útil del cable) y la capacidad de dicho compuesto de relleno de prevenir o limitar la propagación del agua a través del micromódulo relleno con dicho compuesto de relleno.
- 20 **[0036]** Con respecto a la capacidad de transmisión, el Solicitante ha observado que existe una correlación directa entre el módulo de pérdida G" del compuesto de relleno a una temperatura baja seleccionada (por ejemplo, a -45 °C), y las propiedades ópticas del micromódulo
- 25 **[0037]** Por lo tanto, la presente invención se refiere a un cable óptico para comunicación como se define en la reivindicación 1 adjunta.
- 30 **[0038]** A los efectos de la presente descripción y de las siguientes reivindicaciones, excepto donde se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades, valores, porcentajes, etc., deben entenderse modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Además, todos los rangos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier rango intermedio en los mismos, que pueden o no enumerarse específicamente en el presente documento.
- 35 **[0039]** En la presente descripción y en las siguientes reivindicaciones, la expresión "compatible con dicho elemento de retención" significa que el compuesto de relleno no causa ningún hinchamiento significativo del elemento de retención capaz de deteriorar sus propiedades mecánicas, en el sentido de que el micromódulo pasa la prueba según la norma CM37, punto 6.2, de France Telecom: se darán más detalles sobre la prueba anterior en los siguientes ejemplos.
- 40 **[0040]** En particular, un valor de viscosidad superior o igual a 700 Pa·s a velocidad de corte cero y a 20 °C permite ventajosamente tanto lograr una propiedad de barrera eficaz con respecto a la propagación de agua en el micromódulo o micromódulos como evitar fenómenos de fuga no deseados del compuesto de relleno del micromódulo o micromódulos durante la vida útil y los posibles periodos de almacenamiento del micromódulo o micromódulos (y el cable correspondiente). Preferiblemente, la viscosidad del compuesto de relleno está comprendida entre 800 y 45 40000 Pa·s, más preferiblemente entre 850 y 20000 Pa·s a velocidad de corte cero y a 20 °C.
- 50 **[0041]** Preferiblemente, el compuesto de relleno tiene un módulo de pérdida G" comprendido entre 300 MPa y 3000 MPa y, más preferiblemente entre 500 MPa y 2500 MPa, a una temperatura de -45 °C y a una frecuencia de 1 Hz.
- 55 **[0042]** Preferiblemente, el compuesto de relleno llena al menos el 85 % del volumen definido dentro del elemento de retención y la fibra o fibras ópticas. Ventajosamente, de esta manera se evita completamente la propagación del agua a través del micromódulo o al menos se limita de manera eficaz. Más preferiblemente, el compuesto de relleno llena al menos el 90 % del volumen definido dentro del elemento de retención y la fibra o fibras ópticas.
- 60 **[0043]** Según la invención, el compuesto de relleno comprende un material hidrófobo estructurado tal como un gel obtenido de al menos un líquido y de al menos un agente espesante.
- [0044]** El líquido se selecciona de aceites de silicona, preferiblemente aceites de polidimetilsiloxano; aceites fluorados, preferiblemente aceites perfluoropoliéter, o mezclas de los mismos.
- [0045]** Según la invención, el agente espesante se selecciona del grupo que comprende: sílice, bentonita, politetrafluoroetileno, o mezclas de los mismos.
- 65 **[0046]** El agente espesante puede incluir un polímero, preferiblemente un polímero elastomérico, más preferiblemente un copolímero de bloque, tal como por ejemplo, estireno-etileno-propileno (SEP), estireno-etileno-

butileno (SEB), estireno-etileno-butileno-estireno (SEBS), o mezclas de los mismos. Se pueden encontrar ejemplos de polímeros adecuados para este propósito en las patentes EE.UU. 6.278.824, EE.UU. 6.160.939, EE.UU. 4.798.853 y en la solicitud de patente WO 93/05113. También se pueden contemplar combinaciones de un agente espesante inorgánico y orgánico, tal como, por ejemplo, una mezcla de sílice y un polímero, preferiblemente un copolímero elastomérico del tipo mencionado anteriormente.

[0047] Dichos compuestos de relleno son químicamente compatibles con los materiales normalmente empleados para formar la capa de revestimiento protector aplicada convencionalmente sobre las fibras ópticas (por ejemplo, revestimiento de acrilato curable por UV). Además, dichos compuestos de relleno son químicamente compatibles con los materiales poliméricos empleados para formar el elemento de retención de los micromódulos, tal como, por ejemplo, una composición polimérica termoplástica basada en polímeros olefínicos. Dichas composiciones son preferiblemente del tipo LSOH (bajo contenido de humo y cero halógeno, es decir, sin halógeno y con una baja emisión de humo) y se basan preferiblemente en copolímeros de etileno, incluyendo opcionalmente cargas minerales como se describe con más detalle a continuación.

[0048] En una realización, el líquido mencionado anteriormente destinado a formar el gel mediante la adición de un agente espesante es un aceite de silicona. Preferiblemente, dicho aceite de silicona tiene una viscosidad comprendida entre 100 y 13000 mPa·s a 20 °C, más preferiblemente entre 1000 y 6000 mPa·s a 20 °C.

[0049] Preferiblemente, el agente espesante comprende sílice pirógena, más preferiblemente una mezcla de sílice pirógena y de una sílice al menos parcialmente silanizada. Ventajosamente, la silanización parcial de los grupos hidroxilo hace que la sílice sea hidrófoba, lo que permite obtener una resistencia mejorada a la humedad.

[0050] Preferiblemente, la relación en peso entre la sílice no silanizada y la sílice silanizada está comprendida entre 0,5 y 5, más preferiblemente entre 0,65 y 4,30 para no afectar negativamente al efecto de tixotropía asegurado por la sílice no silanizada.

[0051] Preferiblemente, la relación en peso entre el líquido y el agente espesante está comprendida entre 20/1 y 6/1, más preferiblemente entre 20/1 y 10/1.

[0052] Preferiblemente, el elemento de retención tiene un espesor comprendido entre 0,05 y 0,2 mm, más preferiblemente entre 0,1 y 0,2 mm.

[0053] Preferiblemente, la composición polimérica termoplástica destinada a formar el elemento de retención comprende:

- (a) al menos un primer polímero olefínico, y
- (b) al menos una carga inorgánica.

[0054] Más preferiblemente, dicha composición polimérica termoplástica comprende además (c) al menos un segundo polímero olefínico seleccionado de:

(c₁) terpolímeros de al menos una α -olefina, al menos un éster de ácido acrílico, y al menos un reactivo de ácido dicarboxílico α,β -olefínicamente insaturado o sus derivados tales como, por ejemplo, anhídridos, sales metálicas, imidas, ésteres, o al menos un acrilato de glicidilo;

(c₂) terpolímeros de etileno, al menos un anhídrido de ácido dicarboxílico α,β -olefínicamente insaturado, y al menos un éster vinílico de un ácido carboxílico saturado;

(c₃) polímeros olefínicos injertados con al menos un monómero etilénicamente insaturado.

[0055] Preferiblemente, dicha composición polimérica termoplástica tiene un módulo elástico inferior o igual a 500 MPa, más preferiblemente comprendido entre 50 y 500 MPa, aún más preferiblemente entre 150 y 400 MPa, a una temperatura de 20 °C.

[0056] Preferiblemente, dicha composición polimérica termoplástica tiene una resistencia a la tracción final inferior o igual a 12 MPa, más preferiblemente comprendida entre 5 y 10 MPa.

[0057] Preferiblemente, dicha composición polimérica termoplástica tiene un alargamiento a la rotura inferior o igual al 100 %, más preferiblemente comprendido entre el 30 y el 80 %.

[0058] Preferiblemente, dicho primer polímero olefínico (a) puede seleccionarse de polímeros de α -olefina que incluyen homopolímeros, copolímeros, terpolímeros o mezclas de los mismos, que contienen una o más unidades monoméricas. Se prefieren polímeros de α -olefinas que contienen de 2 a 20 átomos de carbono, preferiblemente de 2 a 8 átomos de carbono.

[0059] Ejemplos específicos de dichas α -olefinas son: etileno, propileno, 1-buteno, 1-penteno, 4-metil-1-penteno, 1-octeno, 1-deceno, 4-etil-1-hexeno, o mezcla de los mismos.

[0060] Según una realización adicional, el primer polímero olefínico (a) puede seleccionarse, por ejemplo, de: polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de ultra baja densidad (ULDPE); polipropileno atáctico; poli-1-buteno de alta y baja densidad; poli-4-metil-1-penteno; polietileno de peso molecular ultra bajo; ionómeros a base de etileno; poli-4-metil-1-penteno; copolímeros de etileno-propileno; copolímeros de etileno-propileno-dieno (EPDM); copolímero de etileno y/o propileno con otros monómeros copolimerizables tales como, por ejemplo, copolímero de etileno-1-butileno, copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVA), copolímero de etileno-acrilato de metilo, copolímero de etileno-acrilato de butilo (EBA), copolímero de etileno-acetato de etilo, copolímero de propileno-4-metil-1-penteno, copolímero de etileno-alcohol vinílico; elastómeros acrílicos de etileno tales como, por ejemplo, terpolímeros de etileno-acrilato de metilo-ácido acrílico; o mezclas de los mismos. También se pueden usar olefinas, polímeros y copolímeros halogenados. Se prefieren copolímero de etileno-acrilato de butilo, copolímero de etileno-acetato de vinilo, o mezclas de los mismos.

[0061] Ejemplos del primer polímero olefínico (a) que pueden usarse y están disponibles comercialmente son los productos conocidos con el nombre de Lotryl® de Atofina o Flexirene® de Polimeri Europa.

[0062] Como alternativa, dicho primer polímero olefínico (a) puede seleccionarse de copolímeros de etileno con al menos una α -olefina alifática seleccionada, por ejemplo, de propileno, 1-buteno, isobutileno, 1-penteno, 4-metil-1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno, 1-dodeceno, o mezclas de los mismos, y opcionalmente un polieno, preferiblemente un dieno.

[0063] El copolímero de etileno anterior con al menos una α -olefina alifática generalmente tiene la siguiente composición: 50 % en moles-98 % en moles, preferiblemente el 60 % en moles-93 % en moles, de etileno; 2 % en moles-50 % en moles, preferiblemente el 7 % en moles-40 % en moles, de una α -olefina alifática; 0 % en moles-5 % en moles, preferiblemente el 0 % en moles-2 % en moles, de un polieno.

[0064] Ejemplos de copolímeros de etileno con al menos una α -olefina alifática que pueden usarse en la presente invención y que están actualmente disponibles comercialmente son los productos Engage® de DuPont-Dow Elastomers, o Exact® de Exxon Chemical.

[0065] Preferiblemente, la carga inorgánica (b) mencionada anteriormente está destinada a controlar parámetros físicos, tales como propiedades mecánicas y resistencia al fuego, del elemento de retención, así como a obtener un elemento de retención fácil de separar. Para este propósito, la carga inorgánica (b) se puede seleccionar, por ejemplo, de: hidróxidos, óxidos hidratados, sales o sales hidratadas de metales, en particular de calcio, magnesio, aluminio o mezclas de los mismos. Dicho relleno inorgánico (b) puede usarse también mezclado con otros rellenos inorgánicos tales como silicatos.

[0066] Según una realización preferida adicional, la carga inorgánica (b) se puede seleccionar, por ejemplo, de: hidróxido de magnesio (incluyendo hidróxido de magnesio natural, por ejemplo, del mineral de brucita molido), hidróxido de aluminio, óxido de aluminio (incluyendo caolín, es decir, un silicato de aluminio hidratado), trihidrato de alúmina, carbonato de magnesio hidrato, carbonato de magnesio, carbonato de calcio y magnesio hidrato, carbonato de calcio y magnesio, o mezclas de los mismos. Se prefieren particularmente hidróxido de magnesio, hidróxido de aluminio, trihidrato de alúmina ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) o mezclas de los mismos. Ventajosamente, pueden añadirse cantidades menores, generalmente menos del 25 % en peso, de uno o más óxidos inorgánicos o sales tales como CoO , TiO_2 , Sb_2O_3 , ZnO , Fe_2O_3 , CaCO_3 o mezclas de los mismos. Los hidróxidos metálicos mencionados anteriormente, en particular los hidróxidos de magnesio y aluminio, se usan preferiblemente en forma de partículas con tamaños que pueden variar de 0,1 μm a 20 μm , preferiblemente de 0,5 μm a 10 μm .

[0067] La carga inorgánica (b) puede usarse ventajosamente en forma de partículas recubiertas. Los materiales de recubrimiento preferidos son ácidos grasos saturados o insaturados que contienen de 8 a 24 átomos de carbono, o sales metálicas de los mismos, tales como, por ejemplo: ácido oleico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido isoesteárico, ácido láurico; estearato u oleato de magnesio o cinc; o mezclas de los mismos.

[0068] La carga inorgánica (b) está presente preferiblemente en la composición polimérica termoplástica en una cantidad de 40 partes en peso a 200 partes en peso, preferiblemente de 75 partes en peso a 150 partes en peso, con respecto a 100 partes en peso del primer polímero olefínico (a).

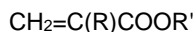
[0069] Ejemplos de cargas inorgánicas (b) que pueden usarse y están disponibles comercialmente son los productos conocidos con el nombre de Hydrofy® de Sima, o Atomfor® de Omya.

[0070] Debe apreciarse que la adición de la carga inorgánica (b), particularmente en cantidades iguales o superiores a 100 partes en peso con respecto a 100 partes en peso del primer polímero olefínico (a), también puede dar propiedades retardantes de llama ventajosas para la composición polimérica termoplástica.

[0071] Preferiblemente, los terpolímeros (c_1) pueden comprender del 50 % en peso al 99 % en peso de al menos una α -olefina, del 0,5 % en peso al 40 % en peso de al menos un éster de ácido acrílico, y del 0,3 % en peso al 10 % en peso de al menos un reactivo de ácido dicarboxílico o sus derivados, o de al menos un acrilato de glicidilo.

5 **[0072]** La α -olefina que puede usarse ventajosamente en la preparación de los terpolímeros (c_1) puede seleccionarse, por ejemplo, de α -olefinas que contienen de 2 a 20 átomos de carbono, preferiblemente de 2 a 8 átomos de carbono. Se prefieren etileno, propileno o una mezcla de etileno y propileno.

10 **[0073]** Los ésteres de ácido acrílico que pueden usarse ventajosamente en la preparación de los terpolímeros (c_1) pueden seleccionarse, por ejemplo, de compuestos que tienen la siguiente fórmula:

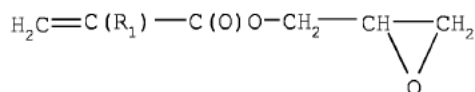


15 en la que R representa hidrógeno, o un grupo alquilo inferior que contiene de 1 a 4 átomos de carbono, tal como metilo o etilo, y R' representa un grupo alquilo inferior que tiene de 1 a 6 átomos de carbono.

[0074] Los ejemplos específicos de los ésteres de ácido acrílico son: acrilato de metilo, acrilato de etilo, acrilato de butilo, metacrilato de metilo, metacrilato de etilo, etacrilato de etilo, o mezclas de los mismos.

20 **[0075]** El reactivo de ácido dicarboxílico α,β -olefínicamente insaturado o sus derivados que pueden usarse ventajosamente en la preparación del primer terpolímero pueden seleccionarse, por ejemplo, de: ácido maleico, anhídrido maleico, ácido fumárico, ácido mesacónico, itacónico ácido, ácido citracónico, anhídrido itacónico, anhídrido citracónico, maleato de monometilo, maleato de monosodio o mezclas de los mismos. Se prefiere anhídrido maleico.

25 **[0076]** El acrilato de glicidilo que puede usarse ventajosamente en la preparación de los terpolímeros (c_1) puede seleccionarse, por ejemplo, de compuestos que tienen la siguiente fórmula:



30 en la que R_1 es hidrógeno o un grupo alquilo inferior que contiene de 1 a 6 átomos de carbono. Preferiblemente, R_1 es hidrógeno, metilo o etilo.

[0077] Ejemplos específicos de acrilatos de glicidilo son: acrilato de glicidilo, metacrilato de glicidilo, etacrilato de glicidilo o mezclas de los mismos.

35 **[0078]** Según una realización preferida, los polímeros (c_1) pueden seleccionarse, por ejemplo, de: etileno-acrilato de metilo-anhídrido maleico, etileno-acrilato de etilo-anhídrido maleico, etileno-acrilato de butilo-anhídrido maleico, propileno-acrilato de metilo-anhídrido maleico, propileno-acrilato de etilo-anhídrido maleico, etileno-acrilato de metilo-metacrilato de glicidilo, etileno-acrilato de metilo-acrilato de glicidilo o mezclas de los mismos.

40 **[0079]** Los terpolímeros (c_1) que pueden usarse pueden prepararse mediante técnicas conocidas tales como, por ejemplo, mediante un proceso de polimerización por radicales libres a alta presión. Se puede encontrar una descripción más detallada de dichos procesos, por ejemplo, en las patentes EE.UU. 4.644.044 y EE.UU. 4.617.36 o en la solicitud de patente GB 2.091.745.

45 **[0080]** Ejemplos de terpolímeros (c_1) que pueden usarse y están disponibles comercialmente son los productos conocidos con el nombre de Lotader® MAH, o Lotader® GMA de Atofina.

50 **[0081]** Los anhídridos de ácido dicarboxílico α,β -olefínicamente insaturado que pueden usarse ventajosamente en la preparación del terpolímero (c_2) pueden seleccionarse de: anhídrido citracónico, anhídrido itacónico, anhídrido tetrahidroftálico, anhídrido maleico o mezclas de los mismos. Se prefiere anhídrido maleico.

55 **[0082]** El éster vinílico de un ácido carboxílico saturado que puede usarse ventajosamente en la preparación de los terpolímeros (c_2) puede seleccionarse, por ejemplo, de éster vinílico de un ácido carboxílico saturado que contiene de 2 a 6 átomos de carbono. Se prefiere acetato de vinilo.

[0083] El terpolímero (c_2) es preferiblemente etileno-acetato de vinilo-anhídrido maleico.

60 **[0084]** Ejemplos de terpolímero (c_2) que pueden usarse según la presente invención y están disponibles comercialmente son los productos conocidos con el nombre de Orevac® 9305 u Orevac® 9307 de Atofina.

[0085] Con respecto a los polímeros olefínicos (c_3), que están injertados con al menos un monómero etilénicamente insaturado, los polímeros olefínicos pueden seleccionarse, por ejemplo, de: homopolímeros de etileno; homopolímeros

de propileno; copolímeros de etileno y propileno, especialmente copolímeros de propileno con pequeñas cantidades de etileno como en el impacto y copolímero aleatorio de propileno; terpolímeros de etileno, propileno y dienos (por ejemplo, el denominado EPDM); copolímeros de etileno con al menos una α -olefina de hidrocarburo C₃-C₁₀; copolímeros de etileno y acetato de vinilo, acrilato de alquilo o metacrilato de alquilo.

5 **[0086]** Ejemplos específicos de la α -olefina de hidrocarburo C₃-C₁₀ son: buteno-1, hexeno-1, octeno-1 o mezclas de los mismos.

10 **[0087]** Ejemplos específicos de los grupos alquilo de los acrilatos o metacrilatos son: metilo, etilo, propilo, butilo o mezclas de los mismos.

[0088] Los copolímeros de etileno pueden incluir tanto polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) como polietileno de muy baja densidad (VLDPE).

15 **[0089]** El monómero etilénicamente insaturado puede seleccionarse, por ejemplo, de ácidos carboxílicos etilénicamente insaturados o derivados de los mismos, anhídridos de ácido carboxílico etilénicamente insaturados, o mezclas de los mismos.

20 **[0090]** Ejemplos específicos de ácidos carboxílicos, que pueden seleccionarse de ácidos mono, di o policarboxílicos, son: ácido acrílico, ácido metacrílico, ácido maleico, ácido fumárico, ácido itacónico, ácido crotónico o mezclas de los mismos.

25 **[0091]** Ejemplos específicos de anhídridos son: anhídrido itacónico, anhídrido maleico, anhídrido maleico sustituido (por ejemplo, anhídrido dimetil maleico), anhídrido metil náxico, anhídrido tetrahidroftálico o mezclas de los mismos. Se prefiere anhídrido maleico.

30 **[0092]** Ejemplos específicos de derivados de ácido carboxílico insaturado son: sales, amidas, imidas o ésteres tales como, por ejemplo, maleato mono y disódico, acrilamida, maleimida, metacrilato de glicidilo, fumarato de dimetilo o mezclas de los mismos.

[0093] Las técnicas para el injerto de dichos monómeros en polímeros olefínicos se conocen en la técnica y se describen, por ejemplo, en la patente EE.UU. 4.612.155, o en la solicitud de patente europea EP-A-0 398 604.

35 **[0094]** Ejemplos de polímeros olefínicos (c₃) injertados con al menos un monómero etilénicamente insaturado que se pueden usar según la presente invención y están disponibles comercialmente son los productos conocidos con el nombre de Fusabond® de DuPont u Orevac® G de Atofina.

40 **[0095]** Preferiblemente, el segundo polímero olefínico (c) está presente preferiblemente en la composición polimérica termoplástica en una cantidad de 3 partes en peso a 10 partes en peso, más preferiblemente de 5 partes en peso a 8 partes en peso, con respecto a 100 partes en peso del primer polímero olefínico (a).

45 **[0096]** La composición polimérica termoplástica destinada a formar el elemento de retención puede comprender ventajosamente aditivos antioxidantes, preferiblemente seleccionados entre trimetildihidroquinolina polimerizada, 4,4'-tiobis(3 metil-6 t-butil)fenol; pentaeritritil-tetraquis[3-(3,5-di-t-butil-4-hidroxifenil)propionato], 2,2'-tiodietilen-bis[3-(3,5-di-t-butil-4-hidroxifenil)propionato], o mezclas de los mismos.

50 **[0097]** Se pueden añadir ventajosamente a la composición polimérica termoplástica otros aditivos convencionales, tales como coadyuvantes de procesamiento, lubricantes, pigmentos, agentes deslizantes, antioxidantes y otros rellenos.

[0098] Los coadyuvantes de procesamiento habitualmente añadidos a la composición polimérica termoplástica son, por ejemplo, estearato de calcio, estearato de cinc, ácido esteárico, cera de parafina, cauchos de silicona o mezclas de los mismos.

55 **[0099]** Según una realización preferida, el cable óptico de la invención comprende al menos un micromódulo que incluye un haz de fibras ópticas.

60 **[0100]** Según una realización preferida adicional, particularmente adecuada para cables que tienen una capacidad de transmisión media-alta, el cable óptico de la invención comprende una pluralidad de micromódulos y al menos una vaina externa dispuesta en una posición radialmente externa con respecto a dicha pluralidad de micromódulos.

65 **[0101]** En caso de que el cable óptico comprenda una pluralidad de micromódulos y al menos una vaina externa dispuesta en una posición radialmente externa con respecto a la misma, el cable óptico preferiblemente comprende además al menos un elemento de refuerzo incrustado longitudinalmente en dicha vaina externa, más preferiblemente incrustado tangencialmente al diámetro interno de la vaina externa.

5 [0102] Según una realización preferida adicional, particularmente adecuada para cables que tienen una capacidad de transmisión alta-muy alta, el cable óptico de la invención comprende además una pluralidad de tubos. Cada uno de dichos tubos está dispuesto en una posición radialmente externa con respecto a una pluralidad de dichos micromódulos y en una posición radialmente interna con respecto a dicha al menos una vaina externa.

10 [0103] En caso de que el cable óptico comprenda una pluralidad de micromódulos dispuestos de esta manera, el cable óptico preferiblemente comprende además un elemento de refuerzo central que se extiende longitudinalmente en una posición central radialmente interna con respecto a dicha vaina externa, trenzándose dicha pluralidad de tubos alrededor de dicho elemento de refuerzo central.

15 [0104] También se describe en el presente documento, pero no forma parte de la invención, un micromódulo bloqueado con respecto a la propagación de agua que comprende:

- 20 - al menos una fibra óptica;
- un elemento de retención para alojar dicha al menos una fibra óptica; y
- un compuesto de relleno tixotrópico dispuesto dentro de dicho elemento de retención, teniendo dicho compuesto de relleno una viscosidad superior o igual a 700 Pa·s a velocidad de corte cero y a una primera temperatura de 20 °C, un módulo de pérdida G" inferior o igual a 3000 MPa a una segunda temperatura de -45 °C y a una frecuencia de 1 Hz, siendo dicho compuesto de relleno tixotrópico compatible con dicho elemento de retención.

25 [0105] Los ejemplos preferidos de tal micromódulo corresponden a las realizaciones preferidas del cable óptico de la invención que comprende al menos un micromódulo ya analizado anteriormente.

Breve descripción de las figuras

30 [0106] Las características y ventajas adicionales de la invención se harán más evidentes a partir de la descripción de algunas realizaciones preferidas con referencia a los dibujos adjuntos en los que, con fines ilustrativos y no limitativos, se representan realizaciones preferidas de cables ópticos que incluyen una pluralidad de micromódulos.

35 [0107] En los dibujos:

- la figura 1 es una vista en sección transversal de un micromódulo bloqueado con respecto a la propagación de agua de un cable óptico para comunicación;

40 - la figura 2 es una vista en sección transversal de un primer tipo de un cable óptico para comunicación según la invención que comprende una pluralidad de micromódulos de la figura 1;

- la figura 3 es una vista en sección transversal de un segundo tipo de un cable óptico para comunicación según la invención que comprende una pluralidad de micromódulos de la figura 1.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

45 [0108] Con referencia a la figura 1, un micromódulo bloqueado con respecto a la propagación del agua destinado a emplearse para fabricar un cable óptico para la comunicación según la invención se indica generalmente en 1. El micromódulo 1 comprende una pluralidad de fibras ópticas 2, por ejemplo un haz de fibras ópticas, y un elemento de retención 3 para contener las fibras ópticas 2, cuyo elemento de retención 3 está dispuesto en una posición radialmente externa con respecto a la pluralidad de fibras ópticas 2. Según la realización preferida mostrada en la figura 1, el elemento de retención 3 del micromódulo 1 está hecho de una composición polimérica termoplástica que tiene un módulo elástico inferior a 500 MPa a 20 °C, una resistencia a la tracción final comprendida entre 5 y 10 MPa, y un alargamiento a la rotura comprendido entre el 30 y el 80 %.

50 [0109] El elemento de retención 3 tiene un espesor que está comprendido preferiblemente entre 0,05 y 0,2 mm, más preferiblemente entre 0,1 y 0,2 mm. En el caso de un micromódulo que contiene 12 fibras ópticas, tal como el que se muestra en la figura 2,

55 [0110] el micromódulo 1 tiene un tamaño total que tiene una dimensión transversal máxima comprendida entre 1,25 mm y 1,45 mm.

60 [0111] El micromódulo 1 comprende además un compuesto de relleno tixotrópico 4. Según la invención, el compuesto de relleno 4 tiene una viscosidad superior a 700 Pa·s a velocidad de corte cero y a una primera temperatura de 20 °C. Tal valor de viscosidad a velocidad de corte cero corresponde al valor del primer parámetro C1 del modelo Ellis, que se analizará con más detalle a continuación en el presente documento. El compuesto de relleno 4 tiene un módulo de pérdida G" inferior a 3000 MPa a una segunda temperatura de -45 °C y a una frecuencia de 1 Hz.

65 [0112] El compuesto de relleno 4 comprende, por ejemplo, un aceite de silicona que tiene preferiblemente una viscosidad de 5000 mPa·s y sílice que comprende preferiblemente una combinación de sílice pirógena (por ejemplo, CAB-O-SIL® H-5, disponible de Cabot Corporation, Boston, Massachusetts) y de sílice pirógena hidrófoba tratada con

ES 2 744 350 T3

dimetildiclorosilano (por ejemplo, CAB-O-SIL® TS-610). La sílice no tratada tiene preferiblemente un área superficial B.E.T. de 300 m²/g, y la sílice tratada tiene preferiblemente un área superficial B.E.T. de 120 m²/g.

[0113] Preferiblemente, la relación en peso entre el aceite de silicona y la sílice está comprendida entre 20/1 y 6/1, más preferiblemente entre 20/1 y 10/1.

[0114] En particular, la viscosidad del compuesto de relleno 4 así formado es de 900 Pa·s a velocidad de corte cero y a 20 °C y tiene un módulo de pérdida G" de 1500 MPa medido a una temperatura de -45 °C y a una frecuencia de 1 Hz.

[0115] En particular, según la realización preferida mostrada en la figura 1, la pluralidad de fibras ópticas 2 está alojada dentro del elemento de retención 3 de manera holgada. Más particularmente, el diámetro interno del elemento de retención 3 es un 1,50-21 % más grande que el diámetro del círculo más pequeño que envuelve las fibras ópticas 2 definidas en el mismo.

[0116] Entre el diámetro interno del elemento de retención 3 y el tamaño transversal máximo del haz de fibras ópticas 2, se define un espacio intermedio que tiene un espesor medio de 0,1 mm, espacio intermedio que está convenientemente bloqueado contra el agua por el compuesto de relleno 4. Para rellenar todos los espacios intermedios entre y alrededor de las fibras ópticas 2 alojadas en el elemento de retención 3, las fibras ópticas 2 se recubren preferiblemente con el compuesto de relleno 4 antes de pasar a través de una matriz para extruir el elemento de retención 3.

[0117] Con referencia a las figuras 2 y 3, se describen un cable óptico holgado, en particular un cable 5 de un primer tipo, conocido en la técnica con el término de micromódulos en tubo holgado central (M-CLT), y, respectivamente, un cable óptico holgado 105 de un segundo tipo, conocido en la técnica con el término de micromódulos en tubos trenzados holgados (M-SLT).

[0118] Con referencia a la figura 2, el cable óptico 5 comprende, comenzando desde la posición radialmente más interna hacia la posición radialmente más externa, una pluralidad de micromódulos 1 trenzados según una hélice del tipo "SZ", un tubo protector 6, un cinta 7, una vaina exterior 8 en la que están incrustados dos elementos longitudinales de refuerzo opuestos 9 y dos cordones de corte opuestos 10 para cortar la vaina dispuesta tangencialmente al diámetro interno de la vaina exterior 8. Opcionalmente, entre el tubo 6 y la vaina exterior 8 se puede disponer una armadura de refuerzo textil, tal como, por ejemplo, una armadura hecha de fibras de aramida o de fibras de vidrio. Los micromódulos 1 trenzados según un patrón de hélice del tipo "SZ" están dispuestos en torno al eje longitudinal del cable 5 en porciones de trenzado que tienen una primera dirección de trenzado (en forma de S) que son alternativas a las porciones de trenzado que tienen una segunda dirección de trenzado opuesta (en forma de Z).

[0119] Con referencia a la figura 3, el cable óptico 105 comprende una vaina externa 15 y una pluralidad de tubos 12 dispuestos en una posición radialmente externa con respecto a una pluralidad de los micromódulos 1 mencionados anteriormente y en una posición radialmente interna con respecto a la vaina exterior 15. Por lo tanto, según el ejemplo ilustrativo mostrado en la figura 3, el cable 105 comprende, comenzando desde la posición radialmente más interna hacia la posición radialmente más externa, un elemento central de refuerzo 11, seis tubos 12 trenzados alrededor del elemento central de refuerzo 11, alojando cada tubo 12 cuatro micromódulos 1 trenzados según una hélice del tipo "SZ", una cinta 13, una armadura de refuerzo textil 14 y una vaina externa 15 en la que se incrustan dos cordones de corte opuestos 16 para cortar la vaina 15 dispuestos tangencialmente al diámetro interno de la vaina externa 15.

[0120] El valor de la viscosidad del compuesto de relleno a velocidad de corte cero y el módulo de pérdida G" se determinaron como se describe a continuación en el presente documento.

[0121] El valor de la viscosidad del compuesto de relleno a una velocidad de corte cero se determinó convenientemente mediante la ecuación de Ellis que se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\eta = C_1 / (1 + \gamma / C_2)^{C_3 - 1}$$

donde:

η es la viscosidad;

γ es la velocidad de corte;

C_1 es un primer parámetro que representa la viscosidad del compuesto de relleno a velocidad de corte cero;

C_2 es un segundo parámetro que se refiere al ancho del intervalo de la velocidad de corte a la que el compuesto de relleno se comporta según el modelo newtoniano, es decir, tiene un comportamiento según el cual la viscosidad es independiente de la velocidad de corte;

C₃ es un tercer parámetro que representa el comportamiento pseudoplástico del compuesto de relleno.

[0122] Entonces, para determinar el valor de la viscosidad del compuesto de relleno a una velocidad de corte cero, el compuesto de relleno se sometió a mediciones reológicas por medio de un reómetro de control de tensión Bohlin CVO 120 con un sistema de medición de cono y placa de 2°/40 mm. Más específicamente, las mediciones reológicas consistieron en someter un conjunto de muestras de compuesto de relleno a una prueba de cizallamiento continuo por medio del reómetro de control de tensión rotacional Bohlin CVO 120 mencionado anteriormente. Se aplicó un barrido de tensión partiendo de 1 a 7000 Pa en un tiempo de 600 s a una temperatura de 20 °C. Los resultados de dichas mediciones reológicas permitieron obtener una curva de flujo que se modeló por la ecuación de Ellis para determinar el valor del parámetro C₁ y, por lo tanto, el valor de la viscosidad a una velocidad de corte cero y a 20 °C.

[0123] Como se sabe, el módulo de pérdida G'' mencionado anteriormente se correlaciona con las propiedades viscosas del compuesto de relleno, que se determinan midiendo el desfase entre una tensión de corte aplicada predeterminado y el esfuerzo de corte medido resultante.

[0124] En las pruebas de oscilación, de manera diferente al comportamiento representado por la ley de Hooke según la cual el esfuerzo se correlaciona con la tensión a través de un material constante llamado módulo elástico, la tensión y el esfuerzo cambian constantemente y solo se pueden medir valores instantáneos del llamado módulo viscoelástico o complejo G*. G* se define de la siguiente manera:

$$G^* = G' + iG''$$

en la que

G' es el módulo de almacenamiento (o elástico), es decir, el módulo que representa el comportamiento de un sólido elástico, que proporciona una medida del almacenamiento elástico de energía;

G'' es el módulo de pérdida (o viscoso), es decir, el módulo que representa el comportamiento de un fluido viscoso, que proporciona una medida de la disipación viscosa de energía a través de una deformación permanente en el flujo; i es la unidad imaginaria de números complejos.

[0125] Como se sabe, G' y G'' también están relacionados con el ángulo de fase mediante la siguiente fórmula:

$$\tan\delta = G''/G'$$

en la que G' y G'' se definen como anteriormente y tanδ es proporcional a la disipación de energía debida a la histéresis.

[0126] En particular, el valor del módulo de pérdida G'' del compuesto de relleno a -45 °C y a una frecuencia de 1 Hz se midió por medio de una prueba oscilatoria usando el reómetro de control de tensión rotacional Bohlin CVO 120 mencionado anteriormente, aplicando una prueba de barrido de temperatura en la denominada región de respuesta a la tensión lineal, usando una geometría de placas paralelas de 25 mm con un espacio de 250 μm. Para este propósito, se realizó en primer lugar una prueba de barrido de amplitud a una frecuencia constante de 1 Hz y a diferentes temperaturas, es decir, a 25 °C, a 0 °C y a -20 °C aplicando una tensión creciente en el intervalo de 1-10000 Pa con un tiempo de retraso de 2 s, para definir el límite de tensión inicial. Posteriormente, se realizó una prueba de barrido de temperatura a una frecuencia de 1 Hz utilizando un esfuerzo objetivo de 0,03, operando en un intervalo de temperatura de +25 °C a -60 °C con una velocidad de enfriamiento de 3 °C/min.

[0127] Como ya se ha mencionado, el módulo de pérdida es un parámetro significativo porque está convenientemente correlacionado con los resultados obtenidos de las mediciones de atenuación óptica medidas en la fibra o fibras ópticas. Las propiedades ópticas del compuesto de relleno en términos de atenuación de la señal óptica, de hecho, se encontraron dentro de valores aceptables cuando G'' es igual o inferior a, o igual a 3000 MPa a 1 Hz y -45 °C. En dichas condiciones, un compuesto de relleno presente en los espacios intermedios entre y alrededor de la fibra o fibras ópticas alojadas en un elemento de retención todavía mostró una capacidad residual de absorber la tensión que actúa sobre el micromódulo y sobre la fibra o fibras ópticas alojadas en el mismo.

[0128] Ventajosamente, dichos valores preferidos del módulo de pérdida G'' permiten usar un compuesto de relleno dotado de una capacidad disipativa mejorada, es decir, con una movilidad capaz de absorber y compensar las tensiones externas ejercidas sobre el cable.

[0129] Gracias a las características mencionadas anteriormente, el micromódulo, así como el cable óptico que comprende el mismo según la invención, están ventajosamente bloqueados con respecto a la propagación de agua de una manera eficaz y duradera y aseguran una capacidad de transmisión adecuada en todo el intervalo de temperatura, incluida la baja temperatura, a la que pueden someterse el micromódulo y la óptica que comprende el mismo cable durante su vida útil.

[0130] El comportamiento reológico peculiar del compuesto de relleno seleccionado permite evitar la propagación del agua a lo largo del micromódulo y, además, permite un desplazamiento fácil de las fibras ópticas dentro del micromódulo cuando los cables están expuestos a tensiones termomecánicas.

[0131] La presente invención se describe adicionalmente en los siguientes ejemplos, que son meramente ilustrativos y no deben considerarse de ningún modo como limitantes de la invención.

EJEMPLO 1 (invención)

[0132] Se preparó un compuesto de relleno mezclando aceite de silicona que tenía una viscosidad de 5000 mPa·s a 20 °C (Wacker® AK 5000, disponible en Wacker-Chemie GmbH, Múnich, Alemania) y sílice en una relación de 19/1 en peso. La sílice estaba hecha de una combinación de sílice pirógena (CAB-O-SIL® H-5 que tenía un área superficial B.E.T. de 300 m²/g, disponible en Cabot Corporation, Boston, Massachusetts) y de sílice pirógena hidrófoba tratada con dimetildiclorosilano (por ejemplo, CAB-O-SIL® TS-610) en una relación de 2/3 en peso.

[0133] La viscosidad del compuesto de relleno a velocidad de corte cero a 20 °C se calculó usando el modelo Ellis:

$$\eta = C_1 / (1 + \gamma / C_2)^{C_3 - 1}$$

a partir de un conjunto de mediciones reológicas realizadas a 20 °C por medio del reómetro de control de tensión rotacional Bohlin CVO 120 mencionado anteriormente mediante la aplicación de un barrido de tensión de 1 a 7000 Pa en un tiempo de 600 s a una temperatura de 20 °C. Los resultados de las mediciones reológicas definieron una curva de flujo que se modeló por el modelo Ellis para determinar C₁, es decir, la viscosidad a una velocidad de corte cero a 20 °C.

[0134] La viscosidad a una velocidad de corte cero a 20 °C se informa en la Tabla I. El módulo de pérdida G'' a -45 °C y a 1 Hz se midió realizando una prueba oscilatoria por medio del reómetro de control de tensión rotacional informado anteriormente. Primero, para definir el límite de tensión inicial, se realizó una prueba de barrido de amplitud a una frecuencia constante de 1 Hz y a diferentes temperaturas: 25 °C, 0 °C y -20 °C, aplicando una tensión creciente en el intervalo 1-10000 Pa con un tiempo de retraso de 2 s. Posteriormente, se realizó una prueba de barrido de temperatura a una frecuencia de 1 Hz utilizando un esfuerzo objetivo de 0,03, operando en un intervalo de temperatura de +25 °C a -60 °C con una velocidad de enfriamiento de 3 °C/min.

[0135] El resultado de la medición del módulo de pérdida G'' -45 °C y a 1 Hz se informa en la Tabla II.

EJEMPLO 2 (invención)

[0136] Se preparó un compuesto de relleno mezclando aceite de silicona que tenía una viscosidad de 5000 mPa·s a 20 °C (Wacker AK 5000, disponible en Wacker-Chemie GmbH, Múnich, Alemania) y sílice en una relación de 13/1 en peso. La sílice estaba hecha de una combinación de sílice pirógena (CAB-O-SIL® H-5 que tenía un área superficial B.E.T. de 300 m²/g, disponible en Cabot Corporation, Boston, Massachusetts) y de sílice pirógena hidrófoba tratada con dimetildiclorosilano (por ejemplo, CAB-O-SIL® TS-610) en una relación de 5/2,2 en peso.

[0137] La viscosidad del compuesto de relleno a una velocidad de corte cero a 20 °C se calculó mediante el modelo de Ellis como se describe en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla I. El módulo de pérdida G'' -45 °C y a 1 Hz se midió como en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla II.

EJEMPLO 3 (ejemplo comparativo)

[0138] Se usó como compuesto de relleno un aceite de silicona Wacker® AK 6000 que tenía una viscosidad de 6000 mPa·s a 20 °C (disponible de Wacker®-Chemie GmbH, Múnich, Alemania).

[0139] Dicho compuesto de relleno tiene un comportamiento reológico newtoniano, por lo que su viscosidad es independiente de la velocidad de corte.

[0140] La viscosidad del compuesto de relleno a una velocidad de corte cero a 20 °C se calculó mediante el modelo de Ellis como se describe en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla I. El módulo de pérdida G'' -45 °C y a 1 Hz se midió como en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla II.

EJEMPLO 4 (Invención)

[0141] Se preparó un compuesto de relleno mezclando aceite de silicona que tenía una viscosidad de 5000 mPa·s a 20 °C (Wacker AK 5000, disponible en Wacker-Chemie GmbH, Múnich, Alemania) y sílice en una relación de 9,5/1 en peso. La sílice estaba hecha de una combinación de sílice pirógena (CAB-O-SIL® H-5 que tenía un área superficial

B.E.T. de 300 m²/g, disponible en Cabot Corporation, Boston, Massachusetts) y de sílice pirógena hidrófoba tratada con dimetildiclorosilano (por ejemplo, CAB-O-SIL® TS-610) en una relación de 7,3/2,2 en peso.

5 **[0142]** La viscosidad del compuesto de relleno a una velocidad de corte cero a 20 °C se calculó mediante el modelo de Ellis como se describe en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla I. El módulo de pérdida G" - 45 °C y a 1 Hz se midió como en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla II.

EJEMPLO 5 (Invención)

10 **[0143]** Se preparó un compuesto de relleno mezclando un aceite de silicona que tenía una viscosidad de 4500 mPa·s a 20 °C (Bayer Silopren U 5, disponible en Bayer AG, Leverkusen, Alemania) y sílice en una relación de 6,8/1 en peso. La sílice estaba hecha de una combinación de sílice pirógena (CAB-O-SIL® H-5 que tenía un área superficial B.E.T. de 300 m²/g, disponible en Cabot Corporation, Boston, Massachusetts) y de sílice pirógena hidrófoba tratada con dimetildiclorosilano (por ejemplo, CAB-O-SIL® TS-610) en una relación de 10,3/2,4 en peso. El compuesto de relleno
15 obtenido también contiene el 0,25 % en peso de negro de humo.

[0144] La viscosidad del compuesto de relleno a una velocidad de corte cero a 20 °C se calculó mediante el modelo de Ellis como se describe en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla I. El módulo de pérdida G" - 45 °C y a 1 Hz se midió como en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla II.
20

EJEMPLO 6 (ejemplo comparativo)

[0145] Se usó un aceite a base de polialfaolefina LA444 disponible en Huber-gruppe como compuesto de relleno.

25 **[0146]** La viscosidad del compuesto de relleno a una velocidad de corte cero a 20 °C se calculó mediante el modelo de Ellis como se describe en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla I. El módulo de pérdida G" - 45 °C y a 1 Hz se midió como en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla II.

EJEMPLO 7 (ejemplo comparativo)

30 **[0147]** Se usó un aceite a base de hidrocarburos Unigel 200N disponible en Shennzhen Unigel Telecommunication como compuesto de relleno.

35 **[0148]** La viscosidad del compuesto de relleno a una velocidad de corte cero a 20 °C se calculó mediante el modelo de Ellis como se describe en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla I. El módulo de pérdida G" a -45 °C y a 1 Hz se midió como en el ejemplo 1 y el resultado obtenido se informa en la Tabla II.

TABLA I

| | Viscosidad a velocidad de corte cero a 20 °C (Pa·s) (C ₁) |
|-------------------------|--|
| Ejemplo 1 (invención) | 9,2·10 ² |
| Ejemplo 2 (invención) | 1,2·10 ⁴ |
| Ejemplo 3 (comparativo) | 6,0 |
| Ejemplo 4 (invención) | 1,7·10 ⁴ |
| Ejemplo 5 (invención) | 4,1·10 ⁴ |
| Ejemplo 6 (comparativo) | 3,8·10 ⁴ |

TABLA

ES 2 744 350 T3

(continuación)

| | |
|-------------------------|--|
| Ejemplo 7 (comparativo) | 1,5-10 ⁴ |
| Compuesto de relleno | Módulo de pérdida G'' medido a -45 °C y a 1 Hz (MPa) |

| | |
|-------------------------|--------|
| Ejemplo 1 (invención) | 1600 |
| Ejemplo 2 (invención) | 1450 |
| Ejemplo 3 (comparativo) | - |
| Ejemplo 4 (invención) | 1800 |
| Ejemplo 5 (invención) | 3000 |
| Ejemplo 6 (comparativo) | 830 |
| Ejemplo 7 (comparativo) | 540000 |

EJEMPLO 8 (Prueba de resistencia al paso del agua)

5 **[0149]** Los compuestos de relleno de los ejemplos 1-3, 6 y 7 se probaron para evaluar la resistencia a la propagación del agua de los micromódulos que contienen los mismos. Los micromódulos se fabricaron incrustando en una masa de compuesto de relleno un haz de 12 fibras ópticas trenzadas según la técnica "SZ". Para este propósito, las fibras ópticas se hicieron pasar en una cámara que contenía el compuesto de relleno y se termorregularon a 100 °C. El compuesto de relleno se aplicó en los espacios intermedios y alrededor de las fibras ópticas. Un elemento de retención
10 hecho de una composición polimérica termoplástica informada en la Tabla VI (teniendo dicho elemento de retención un módulo elástico de 260 MPa a 20 °C, resistencia a la tracción final de 7,8 MPa, y alargamiento a la rotura del 75 %) se extruyó alrededor del haz de fibras ópticas incrustadas en el compuesto de relleno a una temperatura de extrusión de 140-180 °C. La velocidad de avance del haz de fibras ópticas recubiertas con el compuesto de relleno fue de 50 m/min. El compuesto de relleno llenó el 90 % del volumen definido dentro del elemento de retención. El micromódulo
15 obtenido de esta manera se enfrió a una temperatura de 20 °C.

[0150] Se realizaron pruebas de resistencia según el procedimiento F5B proporcionado por el Estándar Internacional IEC 60794-1-2. En particular, la resistencia a la propagación de agua del micromódulo se probó aplicando una columna de agua de 1 m durante 24 h en un extremo de una muestra de micromódulos que tenía una longitud de 1 y 3 m.
20

[0151] Las pruebas de resistencia también se realizaron según un procedimiento modificado F5B, según el cual se aplicó una columna de agua de 1 m durante 15 días a la muestra que tenía una longitud de 1 m.

[0152] Los resultados de las pruebas se muestran en la Tabla III. Los resultados de las pruebas se consideraron positivos cuando no se detectó o hubo poca propagación de agua en el micromódulo, en cualquier caso, una propagación con una longitud inferior a la longitud de la muestra.
25

TABLA III

| Compuesto de relleno | Método F5B (estándar IEC60794-1-2) | Método modificado F5B |
|----------------------|---|--|
| | - columna de H ₂ O: 1 m - duración: 24 h | - columna de H ₂ O: 1 m - longitud de muestra: 1 m - duración: 15 días |

ES 2 744 350 T3

(continuación)

| | Longitud de muestra: 1 m | Longitud de muestra: 3 m | |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Ejemplo 1 (invención) | resultado positivo | resultado positivo | resultado positivo |
| Ejemplo 2 (invención) | resultado positivo | resultado positivo | resultado positivo |
| Ejemplo 3 (comparativo) | resultado negativo | resultado negativo | resultado negativo |
| Ejemplo 6 (comparativo) | resultado positivo | resultado positivo | resultado positivo |
| Ejemplo 7 (comparativo) | resultado positivo | resultado positivo | resultado positivo |

EJEMPLO 9 (Prueba de goteo)

5 **[0153]** Los compuestos de relleno de los ejemplos 1-3, 6 y 7 se probaron para evaluar su resistencia al goteo de los micromódulos. Los micromódulos se produjeron como se describe en el ejemplo 8.

10 **[0154]** Las pruebas de goteo vertical se realizaron según el procedimiento E14 previsto por la Norma Internacional IEC 60794-1-2. En particular, las muestras de micromódulos que tenían una longitud de 30 cm se orientaron verticalmente y se sometieron a una temperatura de 70 °C durante 24 h. En una primera prueba, se selló el extremo superior libre de las muestras, mientras que en una segunda prueba, se dejó abierto el extremo superior libre.

15 **[0155]** Los resultados se informan en la Tabla IV.

TABLA IV

| Compuesto de relleno | Prueba de goteo a 70 °C durante 24 h en una muestra de 30 cm (% en peso del compuesto de relleno escurrido) | |
|-------------------------|---|--------------------------------|
| | Extremo libre superior sellado | Extremo libre superior abierto |
| Ejemplo 1 (invención) | 0,0 | 0,0 |
| Ejemplo 2 (invención) | 0,0 | 0,0 |
| Ejemplo 3 (comparativo) | ~10±20 | ~30±45 |
| Ejemplo 6 (comparativo) | 0,0 | 0,0 |
| Ejemplo 7 (comparativo) | ~5 | ~10 |

EJEMPLO 10 (Prueba de ciclo térmico)

20 **[0156]** Los compuestos de relleno de los ejemplos 1-3, 6 y 7 se probaron para evaluar la atenuación de las fibras ópticas en los micromódulos. Los micromódulos se produjeron como se describe en el ejemplo 8.

25 **[0157]** Las pruebas de ciclo térmico se realizaron sometiendo una muestra de los micromódulos que tenían 1000 m de longitud a ciclos térmicos de -40 °C a +60 °C.

30 **[0158]** Durante los ciclos térmicos, a las temperaturas mencionadas anteriormente de -40 °C, +20 °C y +60 °C, las atenuaciones se midieron a 1550 nm y a 1625 nm. Se detectó un comportamiento regular de las fibras ópticas en el cable, tanto en términos de atenuación a +20 °C como en términos de variación de atenuación en el intervalo de temperaturas probadas (-40 °C- +60 °C).

[0159] Los resultados se informan en la Tabla V.

TABLA V

| Mediciones de atenuación óptica (dB/km) | | | |
|---|---|---|------------------------|
| Compuesto de relleno | 1550 nm | 1625 nm | Resultado de la prueba |
| Ejemplo 1 (invención) | $\alpha_{\text{promedio}} (20\text{ °C}) = 0,19$ $\Delta\alpha_{\text{promedio}} (-40\text{ °C} \div +60\text{ °C}) \leq +0,02$ | $\alpha_{\text{medio}} (20\text{ °C}) = 0,20$ $\Delta\alpha_{\text{promedio}} (-40\text{ °C} \div +60\text{ °C}) \leq +0,02$ | Positivo |
| Ejemplo 2 (invención) | $\alpha_{\text{medio}} 20\text{ °C} = 0,19$ $\Delta\alpha_{\text{promedio}} (-40\text{ °C} \div +60\text{ °C}) \leq +0,02$ | $\alpha_{\text{promedio}} (20\text{ °C}) = 0,20$ $\Delta\alpha_{\text{promedio}} (-40\text{ °C} \div +60\text{ °C}) \leq +0,03$ | Positivo |

ES 2 744 350 T3

(continuación)

| | | | |
|-------------------------|---|---|----------|
| Ejemplo 3 (comparativo) | $\alpha_{\text{promedio}} (20\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,20 \Delta\alpha_{\text{promedio}} (-40\text{ }^{\circ}\text{C} \div +60\text{ }^{\circ}\text{C}) \leq +0,02$ | $\alpha_{\text{promedio}} (20\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,22 \Delta\alpha_{\text{promedio}} (-40\text{ }^{\circ}\text{C} \div +60\text{ }^{\circ}\text{C}) \leq +0,02$ | Positivo |
| Ejemplo 6 (comparativo) | $\alpha_{\text{promedio}} (20\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,9 \Delta\alpha_{\text{promedio}} (-40\text{ }^{\circ}\text{C} \div +60\text{ }^{\circ}\text{C}) \leq +0,05$ | $\alpha_{\text{promedio}} (20\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,20 \Delta\alpha_{\text{promedio}} (-40\text{ }^{\circ}\text{C} \div +60\text{ }^{\circ}\text{C}) \leq +0,06$ | Positivo |
| Ejemplo 7 (comparativo) | $\alpha_{\text{promedio}} (20\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,19 \Delta\alpha_{\text{promedio}} (-40\text{ }^{\circ}\text{C} \div +60\text{ }^{\circ}\text{C}) \leq +0,10$ | $\alpha_{\text{promedio}} (20\text{ }^{\circ}\text{C}) = 0,20 \Delta\alpha_{\text{promedio}} (-40\text{ }^{\circ}\text{C} \div +60\text{ }^{\circ}\text{C}) \leq +0,15$ | Negativo |

EJEMPLO 11 (Prueba de compatibilidad)

5 **[0160]** Se ha probado la compatibilidad de los compuestos de relleno del ejemplo 1 y del ejemplo 6 con un elemento de retención hecho de una composición polimérica termoplástica descrita en la Tabla VI. Los micromódulos se produjeron como se describe en el ejemplo 8.

10 **[0161]** Para este fin, los micromódulos obtenidos se sometieron a una prueba según la Norma CM37, punto 6.2, de France Telecom. En particular:

- se sumergió una muestra de un micromódulo relleno con un compuesto de relleno del ejemplo 1 que tenía una longitud de 30 cm, a 70 °C durante 10 días, en el compuesto de relleno del ejemplo 1;

15 - se sumergió una muestra de un micromódulo relleno con un compuesto de relleno del ejemplo 6 que tenía una longitud de 30 cm, a 70 °C durante 10 días, en el compuesto de relleno del ejemplo 6.

[0162] Se determinó la variación porcentual de la resistencia a la tracción final y del alargamiento a la rotura del elemento de retención. Los resultados obtenidos son los siguientes:

20 - resistencia a la tracción final (% de variación): 2,5 % (compuesto de relleno del ejemplo 1), -40 % (compuesto de relleno del ejemplo 6);

- alargamiento a la rotura (% de variación): -1,5 % (compuesto de relleno del ejemplo 1), -22 % (compuesto de relleno del ejemplo 6).

25 **[0163]** Los resultados indicados anteriormente muestran claramente que solo el compuesto de relleno del ejemplo 1 es compatible con la composición polimérica del elemento de retención.

TABLA VI

| Compuesto | Cantidades* |
|--------------------|-------------|
| Lotryl® 17BA07 | 60 |
| Lotryl® 30BA02 | 14 |
| Flexirene® CL10 | 20 |
| Lotader® 3410 | 6 |
| Hydrofy® GS1.5 | 94 |
| Rhodorsil® GUM 901 | 5 |
| Anox® 20 | 1 |

*: las cantidades se expresan en phr, es decir, partes en peso por 100 partes del polímero olefínico (a).
 Lotryl® 17BA07 (Atofina): copolímero de etileno-acrilato de butilo que contiene del 16 % al 19 % en peso de éster acrílico; Lotryl® 30BA02 (Atofina): copolímero de etileno-acrilato de butilo que contiene del 28 % al 32 % en peso de éster acrílico; Flexirene® CL10 (Polimeri Europa): polietileno lineal de baja densidad;
 Lotader® 3410 (Atofina): terpolímero de etileno-acrilato de n-butilo-anhídrido maleico;
 Hydrofy® GS1.5 (Sima): hidróxido de magnesio recubierto con ácido esteárico;
 Rhodorsil® GUM 901 (Rhodia): dimetilsiloxano, goma terminada en metilvinilo;
 Dynasytan® AMEO (Sivento-Chemie): 3-aminopropil-trietoxisilano;
 Anox® 20 (Great Lakes Chemical): pentaeritritil-traquis-[3-(3,5-di-t-butil-4-hidroxifenil)-propionato] (antioxidante).

REIVINDICACIONES

1. Cable óptico (5, 105) para comunicación, que comprende al menos un micromódulo (1) a través del cual se evita o se limita la propagación del agua, en el que dicho micromódulo (1) comprende:
- 5 - al menos una fibra óptica (2);
 - un elemento de retención (3) hecho de una composición polimérica termoplástica basada en polímeros olefínicos, para alojar dicha al menos una fibra óptica (2); y
 - un compuesto de relleno tixotrópico con bloqueo de agua (4), dispuesto dentro de dicho elemento de retención (3),
 10 que comprende un gel obtenido de al menos un líquido seleccionado de aceites de silicona, aceites fluorados, o mezclas de los mismos y de al menos un agente espesante;
- caracterizado porque** dicho al menos un agente espesante se selecciona del grupo que comprende: sílice, bentonita, politetrafluoroetileno o mezclas de los mismos, y **porque** el compuesto de relleno tixotrópico (4) tiene una viscosidad superior o igual a 700 Pa·s con velocidad de corte cero y a una primera temperatura de 20 °C y un módulo de pérdida G'' inferior o igual a 3000 MPa a una segunda temperatura de -45 °C y a una frecuencia de 1 Hz, y **porque** dicho compuesto de relleno tixotrópico (4) es compatible con dicho elemento de retención (3).
- 15
2. Cable óptico (5, 105) según la reivindicación 1, en el que la viscosidad del compuesto de relleno (4) está comprendida entre 800 y 40000 Pa·s a velocidad de corte cero y a 20 °C.
- 20
3. Cable óptico (5, 105) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho compuesto de relleno (4) tiene un módulo de pérdida G'' comprendido entre 300 MPa y 3000 MPa a una temperatura de -45 °C y a una frecuencia de 1 Hz.
- 25
4. Cable óptico (5, 105) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho compuesto de relleno (4) llena al menos el 85 % del volumen definido dentro de dicho elemento de retención (3).
5. Cable óptico (5, 105) según la reivindicación 1, en el que dicho aceite de silicona tiene una viscosidad comprendida entre 100 y 13000 mPa·s a 20 °C.
- 30
6. Cable óptico (5, 105) según la reivindicación 1, en el que dicho agente espesante es una mezcla de sílice pirógena y al menos una sílice parcialmente silanizada.
- 35
7. Cable óptico (5, 105) según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 5 a 6, en el que la relación en peso entre el líquido y el agente espesante está comprendida entre 20/1 y 6/1.
8. Cable óptico (5, 105) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho elemento de retención (3) tiene un espesor comprendido entre 0,05 y 0,2 mm.
- 40
9. Cable óptico (5, 105) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha composición polimérica termoplástica comprende:
- 45 (a) al menos un primer polímero olefínico, y
 (b) al menos una carga inorgánica.
10. Cable óptico (5, 105) según la reivindicación 9, en el que dicha composición polimérica termoplástica comprende además al menos un segundo polímero olefínico (c) seleccionado de:
- 50 (c₁) terpolímeros de al menos una α -olefina, al menos un éster de ácido acrílico, y al menos un reactivo de ácido dicarboxílico α,β -olefínicamente insaturado o sus derivados tales como, por ejemplo, anhídridos, sales metálicas, imidas, ésteres, o al menos un acrilato de glicidilo;
 (c₂) terpolímeros de etileno, al menos un anhídrido de ácido dicarboxílico α,β -olefínicamente insaturado, y al menos un éster vinílico de un ácido carboxílico saturado;
 55 (c₃) polímeros olefínicos injertados con al menos un monómero etilénicamente insaturado.
11. Cable óptico (5, 105) según la reivindicación 10, en el que dicho segundo polímero olefínico (c) está presente en la composición polimérica termoplástica en una cantidad de 3 partes en peso a 10 partes en peso con respecto a 100 partes en peso del primer polímero olefínico (a).
- 60
12. Cable óptico (5, 105) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que dicho primer polímero olefínico (a) se selecciona de: polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de ultra baja densidad (ULDPE); polipropileno atáctico; poli-1-buteno de alta y baja densidad; poli-4-metil-1-penteno; polietileno de peso molecular ultra bajo; ionómeros a base de etileno; poli-4-metil-1-penteno; copolímeros de etileno-propileno; copolímeros de etileno-propileno-dieno (EPDM); copolímero de etileno y/o propileno con otros monómeros copolimerizables tales como copolímero de etileno-1-butileno, copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVA),
 65

ES 2 744 350 T3

copolímero de etileno-acrilato de metilo, copolímero de etileno-acrilato de butilo (EBA), copolímero de etileno-acetato de etilo, copolímero de propilen-4-metil-1-penteno, copolímero de etileno-alcohol vinílico; elastómeros acrílicos de etileno tales como terpolímeros de etileno-acrilato de metilo-ácido acrílico; o mezclas de los mismos.

- 5 13. Cable óptico (5, 105) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que dicha carga inorgánica (b) se selecciona de: hidróxidos, óxidos hidratados, sales o sales hidratadas de metales tales como calcio, magnesio, aluminio o mezclas de los mismos.
- 10 14. Cable óptico (5, 105) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que dicha composición polimérica termoplástica tiene un módulo elástico inferior o igual a 500 MPa a una temperatura de 20 °C.
- 15 15. Cable óptico (5, 105) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, en el que dicha composición polimérica termoplástica tiene una resistencia a la tracción final inferior o igual a 12 MPa.
- 15 16. Cable óptico (5, 105) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, en el que dicha composición polimérica termoplástica tiene un alargamiento a la rotura inferior o igual al 100 %.

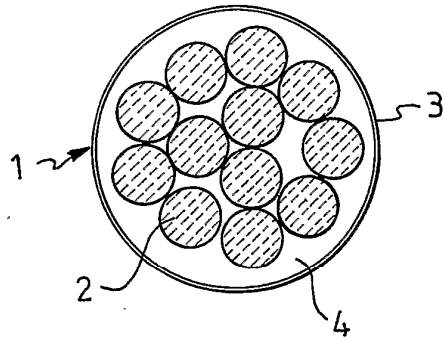


FIG. 1

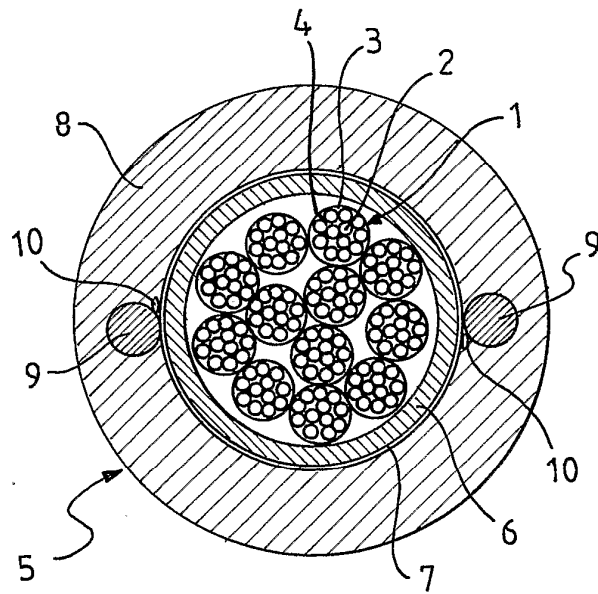


FIG. 2

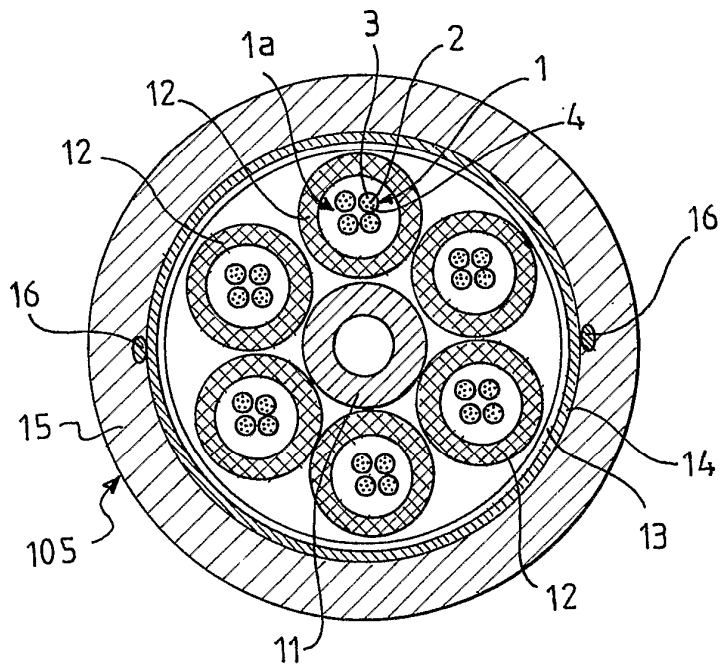


FIG. 3