

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 880**

51 Int. Cl.:

**C09D 163/00** (2006.01)  
**C09D 133/08** (2006.01)  
**G02B 1/04** (2006.01)  
**C09D 133/00** (2006.01)  
**C09D 133/10** (2006.01)  
**G02B 1/10** (2015.01)  
**C09D 133/06** (2006.01)  
**C09D 163/02** (2006.01)  
**C09D 4/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2006 PCT/AU2006/001986**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2007 WO07070976**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2006 E 06840397 (1)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 1963448**

54 Título: **Revestimientos para elementos ópticos**

30 Prioridad:

**21.12.2005 AU 2005907161**

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

**29.04.2019**

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION AUSTRALIA HOLDINGS LTD. (100.0%)**  
**Sherriffs Road**  
**Lonsdale, SA 5160, AU**

72 Inventor/es:

**DIGGINS, DAVID ROBERT**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**Observaciones :**

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

ES 2 710 880 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**

Revestimientos para elementos ópticos

5 Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional australiana n.º 2005907161 presentada el 21 de diciembre de 2005.

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a composiciones para su uso en la formación de revestimientos en elementos ópticos, a elementos ópticos revestidos y a procedimientos para revestir elementos ópticos.

Antecedentes de la invención

15 Los elementos ópticos, incluidas lentes oftálmicas, lentes para gafas de sol y otras lentes ópticas, se fabrican comúnmente de materiales de plástico que tienen unas buenas propiedades ópticas. Sin embargo, los elementos ópticos de plástico a menudo carecen de unas propiedades físicas óptimas. Como consecuencia, es una práctica común revestir los elementos ópticos de plástico con revestimientos para mejorar una o varias de las propiedades físicas del elemento óptico.

20 Para revestir un elemento óptico con un revestimiento orgánico, normalmente se aplica una composición de revestimiento polimerizable sobre las superficies externas del elemento óptico y a continuación se cura la composición para formar el revestimiento. Alternativamente, pueden revestirse los elementos ópticos utilizando un proceso de revestimiento en el molde que implica revestir una superficie de molde interior con una composición de revestimiento polimerizable antes de colar o moldear un elemento óptico.

25 Un tipo común de revestimiento es un revestimiento resistente a la abrasión o "duro" que es más resistente a la abrasión que el material de plástico del que está formado el elemento óptico. Previamente se ha desarrollado una composición de revestimiento resistente a la abrasión que es particularmente útil para revestir elementos ópticos termoplásticos.

30 La composición de revestimiento contiene un monómero multifuncional relativamente rígido y un monómero bifuncional relativamente flexible que pueden reaccionar de manera conjunta para formar un revestimiento resistente a la abrasión en el elemento óptico. Una ventaja de este revestimiento sobre la técnica anterior en ese momento era su capacidad para someterse a curado por UV y para tener una excelente resistencia a la abrasión y de revestimiento con revestimientos antirreflectantes (AR). Los materiales termoplásticos comunes que se utilizan en la fabricación de elementos ópticos, tales como el policarbonato de bisfenol A o una poliamida, pueden revestirse con esta composición de revestimiento resistente a la abrasión. Sin embargo, se ha encontrado que la adhesión de esta composición a materiales termoendurecibles, tales como CR-39™, Finalite™ (una marca registrada de Sola International Inc.), Spectralite™ (una marca registrada de Sola International Inc.) y sistemas de poliuretano de alto índice no es óptima.

35 El documento WO-A-01/18128 da a conocer una composición de revestimiento basada en alcoxisilanos epoxifuncionales al menos parcialmente hidrolizados y que tiene utilidad particular en la formación de revestimientos que pueden teñirse, resistentes a la abrasión en lentes. El documento WO-A-98/39390 da a conocer una composición de revestimiento para formar un revestimiento transparente, resistente a la abrasión sobre lentes de gafas u otros sustratos transparentes, comprendiendo la composición un componente aglutinante y un componente de agente de curado y estando sustancialmente libre de sustancias volátiles. El componente aglutinante comprende el producto de hidrólisis de un alcoxisilano epoxifuncional, un éter de poliglicidilo y un monómero acrílico que tiene una funcionalidad acrílica de no más de dos. El componente de agente de curado comprende un fotoiniciador catiónico y un fotoiniciador de radicales libres.

40 La presente invención pretende proporcionar un procedimiento para revestir un elemento óptico y una composición de revestimiento que pueda curarse por UV y pueda utilizarse para formar revestimientos resistentes a la abrasión en elementos ópticos fabricados a partir de materiales tanto termoendurecibles como termoplásticos.

45 Una referencia en el presente documento a un documento de patente u otra materia que se dé como estado de la técnica no debe ser tomada como una admisión de que ese documento o materia era conocida o que la información que contiene era parte del conocimiento general común.

50 Sumario de la invención

55 En un primer aspecto la presente invención proporciona una composición de revestimiento resistente a la abrasión para un elemento óptico según la reivindicación 1. En las reivindicaciones independientes 2 a 10 se definen características preferidas.

En un segundo aspecto la presente invención también proporciona un elemento óptico que tiene un revestimiento resistente a la abrasión en una superficie del mismo, habiéndose formado el revestimiento resistente a la abrasión mediante polimerización de una composición de revestimiento resistente a la abrasión según el primer aspecto de la presente invención.

5 En un tercer aspecto la presente invención proporciona además un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión en una superficie de un elemento óptico, incluyendo el procedimiento:

- proporcionar un elemento óptico que tiene una superficie que va a revestirse;

10 - revestir una superficie del elemento óptico con una composición de revestimiento según el primer aspecto de la presente invención; y

15 - aplicar una polimerización iónica a la composición de revestimiento para formar el revestimiento resistente a la abrasión en la superficie del elemento óptico.

En un cuarto aspecto la presente invención también proporciona un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión en una superficie de un elemento óptico, incluyendo el procedimiento:

20 - revestir una superficie de una sección de molde utilizado para fabricar el elemento óptico con una composición de revestimiento según el primer aspecto de la presente invención:

- aplicar una polimerización iónica al menos parcialmente a la composición de revestimiento;

25 - ensamblar un molde que contiene la sección de molde;

- rellenar el molde con una composición de colada polimérica reticulable; y

30 - polimerizar la composición de colada para formar el elemento óptico con el revestimiento resistente a la abrasión en una superficie.

Se ha encontrado que el uso de un monómero epoxídico en una composición de revestimiento resistente a la abrasión permite la formación de un revestimiento resistente a la abrasión orgánico en los materiales tanto termoendurecibles como termoplásticos. Antes del desarrollo de la presente invención había dificultades para formar revestimientos resistentes a la abrasión que pueden curarse por UV con un nivel deseado de resistencia a la abrasión en elementos ópticos termoendurecibles. En general, los revestimientos que se habían aplicado a los materiales termoendurecibles en el pasado se habían curado de manera térmica. Se encontró que los pocos revestimientos curados por UV aplicados a los materiales termoendurecibles tenían una resistencia a la abrasión muy reducida.

40 Se ha encontrado que un revestimiento resistente a la abrasión orgánico puede formarse en elementos ópticos termoendurecibles incluyendo un monómero epoxídico polimerizable en la composición de revestimiento. Se ha encontrado que los monómeros epoxídicos pueden ayudar con la adhesión del revestimiento al elemento óptico sin afectar significativamente a la resistencia a la abrasión del revestimiento. Por tanto, es posible formar revestimientos duros con niveles de resistencia a la abrasión comparables a los revestimientos duros tradicionales de poliacrilato.

50 El elemento óptico puede ser una lente tal como una lente oftálmica, una lente de cámara, una lente de instrumento, o cualquier otro material ópticamente transparente tal como una hoja de ventana o ventana doméstica, comercial o residencial, parabrisas o ventana de vehículo a motor, panel de visualización transparente y similar. En una forma de realización de la invención, el elemento óptico es una lente oftálmica.

55 El elemento óptico puede estar formado por uno cualquiera de una diversidad de plásticos. Por ejemplo, el elemento óptico puede estar formado de un material termoendurecible o termoplástico utilizado para lentes ópticas u oftálmicas, tal como CR-39™, (met)acrilatos multifuncionales, poliuretanos, politiuretanos, polioepóxidos, polioésteres, policarbonato, polímeros de episulfuro y poliamida.

60 La composición de revestimiento puede polimerizarse utilizando una etapa de curado por UV. En esta forma de realización, la composición de revestimiento contiene un iniciador catiónico que puede ser un fotoiniciador catiónico activado por UV.

65 La composición de revestimiento también incluye un potenciador de la dureza que es un óxido de metal, tal como sílice coloidal. En una forma de realización de la invención el potenciador de la dureza es sílice coloidal (met)acrilada o epoxilada.

65 Descripción detallada de la invención

La presente invención se desarrolló como resultado de la necesidad de una composición de revestimiento resistente a la abrasión que pudiera curarse por UV, que pudiera aplicarse directamente sobre un elemento óptico de plástico termoendurecible o termoplástico y proporcionara un grado deseado de resistencia a la abrasión.

5 Los revestimientos que pueden fotopolimerizarse, especialmente los revestimientos que pueden curarse por UV, tienen unas ventajas de proceso significativas sobre los revestimientos convencionales curados de manera térmica. El curado por UV reduce significativamente el tiempo para procesar las lentes y por tanto reduce el tiempo para cumplir con los requisitos del cliente. Los revestimientos curados de manera térmica requieren un tiempo relativamente largo para curarse y por tanto el revestimiento puede contaminarse con partículas en suspensión. El tiempo limitado requerido para el curado por UV reduce la oportunidad para que se contaminen los elementos ópticos con partículas en suspensión. Además, las resinas curadas de manera térmica tienen generalmente una vida útil de almacenamiento y un tiempo útil de empleo limitados.

15 Previamente se desarrolló una composición de revestimiento resistente a la abrasión que podía curarse por UV que contenía un monómero de reticulación multifuncional relativamente rígido y un monómero bifuncional relativamente flexible (véase la solicitud de patente internacional publicada WO2003/052011). Una ventaja de esta composición de revestimiento de la técnica anterior es que puede utilizarse para formar un revestimiento resistente a la abrasión en elementos ópticos de plástico sin la necesidad de una capa intermedia o de base para ayudar con la adhesión del revestimiento resistente a la abrasión al elemento óptico.

20 En la práctica, la composición de revestimiento de la técnica anterior es particularmente útil para revestir elementos ópticos termoplásticos, tales como los formados a partir de policarbonato de bisfenol A o una poliamida. Se cree que la presencia de un disolvente en la composición de revestimiento ayuda a la adhesión de la capa de revestimiento resistente a la abrasión a los sustratos termoplásticos. Sin embargo, esta adhesión ayudada por un disolvente no es eficaz para materiales termoendurecibles.

25 Se ha descubierto que puede utilizarse una composición de revestimiento que contiene un monómero epoxídico y otro monómero de (met)acrilato polimerizable para formar una capa de revestimiento resistente a la abrasión en materiales termoendurecibles. Sin estar limitado por la teoría, se cree que los grupos epoxídicos del monómero epoxídico pueden reaccionar con grupos hidroxilo libres en la superficie del material termoendurecible para formar enlaces covalentes para de este modo ayudar con la adhesión del revestimiento resistente a la abrasión a la superficie.

35 El elemento óptico puede ser cualquier material ópticamente transparente que requiera una capa de revestimiento resistente a la abrasión. En una forma de realización de la invención, el elemento óptico es una lente oftálmica. El elemento óptico puede ser un polímero termoendurecible tal como un polímero de bis(alil carbonato) de dietilenglicol (por ejemplo CR-39™, una marca registrada de PPG Industries, Inc), un copolímero de poliácilato (por ejemplo Spectralite™, una marca registrada de Sola International Inc.), un polímero de tioleno (por ejemplo Finalite™, una marca registrada de Sola International Inc.), un polímero de uretano (por ejemplo Trivex™, una marca registrada de PPG), un polímero de tiouretano (por ejemplo las series de materiales MR de alto índice de Mitsui Chemicals) o un polímero tioepoxídico (por ejemplo una resina de alto índice de Mitsubishi Gas). Aunque la composición de revestimiento de la presente invención puede ser particularmente adecuada para formar un revestimiento resistente a la abrasión en materiales termoendurecibles, se ha encontrado que también puede utilizarse en materiales termoplásticos y, por tanto, el elemento óptico podría ser alternativamente un material termoplástico tal como el polímero de policarbonato de bisfenol A o una poliamida.

45 La resistencia a la abrasión de una capa de revestimiento puede medirse utilizando las pruebas convencionales de la industria oftálmica. Se ha encontrado que los niveles de resistencia a la abrasión de Bayer que pueden conseguirse con el revestimiento de la presente invención son buenos. Además, los niveles de resistencia a la abrasión con lana de acero que pueden conseguirse son excelentes. En este contexto, se utiliza una clasificación por estrellas para clasificar la resistencia a la abrasión. Esta clasificación por estrellas se basa en una proporción de turbidez desarrollada para una lente CR-39™ no revestida con respecto a la desarrollada para una muestra en evaluación cuando se somete a una prueba de abrasión. La clasificación por estrellas basada en proporciones de turbidez es como se especifica más abajo.

55 Resistencia a la abrasión con lana de acero

<0,5	ninguna estrella
0,5 ~ 1,0	★
1,0 ~ 1,5	★★
1,5 ~ 2,5	★★★
2,5 ~ 10	★★★★
>10	★★★★★

60 Resistencia a la abrasión de Bayer

<0,5	ninguna estrella
0,5 ~ 1,0	★
1,0 ~ 1,5	★★
1,5 ~ 2,5	★★★
2,5 ~ 5	★★★★
>5	★★★★★

5 Se considera que un revestimiento resistente a la abrasión es bueno si, utilizando las pruebas convencionales de la industria oftálmica, tiene una clasificación de 3 estrellas, muy bueno si tiene una clasificación de 4 estrellas y excelente si tiene una clasificación de 5 estrellas en las pruebas de abrasión con lana de acero o Bayer convencionales. Con fines comparativos, el CR-39™ no revestido tiene una clasificación de resistencia a la abrasión de Bayer y una resistencia a la abrasión con lana de acero de 2 estrellas. El policarbonato no revestido tiene una clasificación de resistencia a la abrasión de Bayer y resistencia a la abrasión con lana de acero de 0 estrellas.

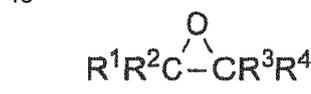
10 La presente invención proporciona un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión en un elemento óptico. El procedimiento incluye una etapa de revestir el elemento óptico con una composición de revestimiento. Esto puede implicar aplicar la composición de revestimiento a un elemento óptico preformado o puede implicar aplicar el revestimiento durante la formación del elemento óptico, tal como en un proceso de revestimiento en el molde.

15 Puede utilizarse cualquiera de las técnicas utilizadas para este fin en la técnica para revestir el elemento óptico, incluyendo revestimiento por inmersión, revestimiento por centrifugado, revestimiento por flujo, revestimiento por pulverización y revestimiento en el molde. El revestimiento por centrifugado es el procedimiento preferido para aplicar el revestimiento a materiales tanto termoendurecibles como termoplásticos. El revestimiento también puede aplicarse a materiales termoendurecibles tales como CR-39™, Spectralite™ o Finalite™ mediante revestimiento en el molde.

25 Dependiendo del uso del elemento óptico, puede revestirse toda o parte de cualquiera de la(s) superficie(s) del elemento. Por ejemplo, las lentes oftálmicas tienen superficies anteriores y posteriores que son susceptibles de sufrir abrasión y por tanto puede preferirse revestir ambas superficies. Alternativamente, con una lente oftálmica semiacabada puede ser necesario revestir la superficie anterior con un revestimiento convencional y la otra superficie puede revestirse con una composición de revestimiento de la presente invención después de que esa superficie se haya generado con la potencia de superficie apropiada. Alternativamente, puede aplicarse una composición de revestimiento de la presente invención a la superficie anterior y la otra superficie puede revestirse con o bien una composición de revestimiento de la presente invención o bien un revestimiento convencional después de que esa superficie se haya generado con la potencia de superficie apropiada. Las lentes ópticas para su uso en un instrumento óptico pueden tener solo una superficie de lente expuesta y por tanto puede ser necesario revestir solo la superficie expuesta.

35 La composición de revestimiento resistente a la abrasión de la presente invención incluye un monómero epoxídico polimerizable que tiene un promedio de al menos dos grupos epoxídicos en la molécula de monómero pudiendo formar la composición un revestimiento resistente a la abrasión en un elemento óptico tras la polimerización. La composición de revestimiento también incluye un monómero de (met)acrilato que tiene un promedio de al menos dos dobles enlaces polimerizables en la molécula. El monómero de (met)acrilato es polimerizable con un fotoiniciador catiónico.

40 Como principio general, con el fin de conseguir un revestimiento resistente a la abrasión, es ideal utilizar monómeros que formen una red altamente reticulada cuando estén polimerizados. Por tanto, el monómero epoxídico es un monómero polimerizable que tiene al menos dos grupos epoxídicos y preferiblemente tres o más grupos epoxídicos. Como se utiliza en el presente documento, el término grupo epoxídico se refiere a un grupo de fórmula



50 Los monómeros epoxídicos que pueden utilizarse incluyen, pero no se limitan a monómeros epoxídicos bifuncionales, trifuncionales y otros multifuncionales. El monómero epoxídico también puede contener otros grupos funcionales. Por ejemplo, el monómero epoxídico puede ser un silano con dos o más grupos epoxídicos por molécula.

55 Los ejemplos específicos de monómeros epoxídicos polimerizables incluyen diglicidil éter de etilenglicol, diglicidil éter de dietilenglicol, diglicidil éter de polietilenglicol, diglicidil éter de propilenglicol, diglicidil éter de dipropilenglicol, diglicidil éter de tripropilenglicol, diglicidil éter de polipropilenglicol, diglicidil éter de neopentilglicol, diglicidil éter de 1,6-hexanodiol, diglicidil éter de glicerina, diglicidil éter de pentaeritritol, triglicidil éter de trimetilolpropano, triglicidil éter de pentaeritritol, triglicidil éter de glicerol, triglicidil éter de diglicerol, tetraglicidil éter de diglicerol, tetraglicidil éter

de pentaeritritol, tetraglicidil éter de dipentaeritritol, diglicidil éter de bisfenol A (DGEBA), diglicidil éter de bisfenol F, y sus análogos de cadena extendida, diglicidil éter de 1,4-butanodiol, diglicidil éteres de tetrabromo-bisfenol-A, éteres a base de resina epoxídica de 4,4'-bifenileno, tales como 4, 4'-diglicidiloxibifenilo, etc.

5 Los ejemplos específicos de monómeros epoxídicos polimerizables que tienen un promedio de dos grupos epoxídicos en la molécula incluyen diglicidil éter de polietilenglicol alifático, diglicidil éter de polipropilenglicol, diglicidil éter de tetrametilenglicol, diglicidil éter de 1,6-hexametilenglicol, diglicidil éter de neopentilglicol, diglicidil éter de glicerina; diglicidil éter de pentaeritritol, diglicidil éter de bisfenol A hidrogenado alicíclico, diglicidil éster del ácido isoftálico hidrogenado, 3,4-epoxiciclohexanocarboxilato de 3,4-epoxiciclohexilmetilo, adipato de bis(3,4-epoxiciclohexilo); diglicidil hidantoína, diglicidil oxialquil hidantoína; diglicidil éter de bisfenol A aromático, condensado inicial de diglicidil éter de bisfenol A, diglicidil éter de difenilmetano, diglicidil éster del ácido tereftálico, diglicidil éster del ácido isoftálico y diglicidil anilina.

15 Los ejemplos específicos de monómeros epoxídicos polimerizables que tienen un promedio de tres grupos epoxídicos en la molécula incluyen triglicidil éter de trimetilolpropano alifático, triglicidil éter de pentaeritritol, triglicidil éter de glicerol, triglicidil éter de diglicerol, isocianurato de triglicidilo, cianurato de triglicidilo, triglicidil hidantoína; y triglicidil para- o metaaminofenol aromático.

20 Los ejemplos específicos de monómeros epoxídicos polimerizables que tienen un promedio de cuatro grupos epoxídicos en la molécula incluyen tetraglicidil éter de diglicerol, tetraglicidil éter de pentaeritritol, tetraglicidil éter de dipentaeritritol, tetraglicidil bencil etano, tetraglicidil éter de sorbitol, tetraglicidil diaminofenil metano y tetraglicidil bisaminometil ciclohexano.

25 Los ejemplos específicos de monómeros epoxídicos polimerizables que tienen un promedio de dos a varios grupos epoxídicos incluyen resina epoxídica de fenol-novolaca y resina epoxídica de cresol-novolaca.

30 Los monómeros epoxídicos que tienen las densidades de reticulación más altas cuando se polimerizan pueden ser particularmente adecuados. Como regla general, cuanto más alta es la densidad de reticulación, más alta es la resistencia a la abrasión. Con este criterio, se prefieren los monómeros epoxídicos con bajo peso molecular con alta funcionalidad. Con la lista anterior son adecuados los monómeros epoxídicos trifuncionales y tetrafuncionales. Los ejemplos de tales monómeros incluyen triglicidil éter de trimetilolpropano, triglicidil éter de pentaeritritol, triglicidil éter de glicerol, isocianurato de triglicidilo, cianurato de triglicidilo, triglicidil hidantoína, tetraglicidil éter de pentaeritritol, tetraglicidil éter de dipentaeritritol y tetraglicidil bencil etano.

35 Los monómeros epoxídicos enumerados anteriormente pueden utilizarse solos o combinados para obtener mezclas epoxídicas para su uso en las composiciones descritas en el presente documento.

40 El monómero de (met)acrilato que tiene un promedio de al menos dos dobles enlaces polimerizables en la molécula que se utiliza con el monómero epoxídico puede ser un acrilato y/o metacrilato. El (met)acrilato es copolimerizable con la molécula epoxídica cuando se somete a fotoiniciación y es de alta densidad de reticulación cuando se polimeriza. El monómero de (met)acrilato puede polimerizarse de manera catiónica.

45 El monómero de (met)acrilato que tiene un promedio de al menos dos dobles enlaces polimerizables en la molécula es una molécula orgánica que tiene una estructura principal basada en carbono con dos o más dobles enlaces polimerizables. Debido a la diversidad de monómeros de (met)acrilato de alta reticulación comercialmente disponibles, tales criterios se satisfacen fácilmente con los monómeros de (met)acrilato. Cualquier referencia al término (met)acrilato en esta memoria descriptiva pretende incluir la referencia a acrilato y/o metacrilato. El monómero de (met)acrilato puede contener tres o más dobles enlaces y una estructura principal relativamente rígida. De la manera más adecuada las estructuras principales rígidas incluyen aquéllas que contienen restos de anillo tales como anillos cíclicos o heterocíclicos aromáticos o alifáticos de 5, 6 y 7 miembros. El grupo (met)acrilato puede estar unido a la estructura principal o bien directa o bien indirectamente. Adicionalmente, pueden incorporarse otros grupos funcionales dentro de una única molécula de monómero.

55 A modo de ejemplo, los monómeros de (met)acrilato adecuados pueden seleccionarse de la lista que consiste en tetraacrilato de pentaeritritol, triacrilato de tris(2-hidroxi)etilisocianurato, triacrilato de trimetilolpropilo, hexaacrilato de dipentaeritritol, pentaacrilato de dipentaeritritol, 2,2,4,4,6,6-hexahidro-2,2,4,4,6,6-hexakis(2-((2-metil-1-oxo-2-propenil)oxi)etoxi)-1,3,5,2,4,6-triazatrisfosforina, U6HA (un (met)acrilato de uretano hexafuncional), U4HA (un (met)acrilato de uretano tetrafuncional), diacrilato de triciclodecano dimetanol y diacrilato de tris(2-hidroxi)etilisocianurato. El monómero de (met)acrilato puede seleccionarse de uno o varios del grupo que consiste en: tetraacrilato de pentaeritritol, hexaacrilato de dipentaeritritol y pentaacrilato de dipentaeritritol. El monómero de (met)acrilato también puede ser una mezcla de cualquiera de dos o más de los monómeros enumerados.

65 La proporción de monómero epoxídico con respecto a monómero de (met)acrilato en la composición puede variarse dependiendo del rendimiento deseado del revestimiento duro. La cantidad de monómero epoxídico en la composición afectará al grado de adhesión del revestimiento resistente a la abrasión a un sustrato termoendurecible. Adicionalmente, puede ajustarse la proporción de monómero epoxídico con respecto a monómero de (met)acrilato

de modo que la composición, y finalmente el revestimiento resistente a la abrasión formado, incluya aditivos tales como potenciadores de la dureza. Las proporciones de monómero epoxídico con respecto a monómero de (met)acrilato que pueden utilizarse dependerán de los monómeros específicos utilizados y pueden determinarse de manera empírica. A modo de ejemplo no limitativo, se ha encontrado que una proporción de monómero epoxídico y monómero de (met)acrilato de aproximadamente 2:3 (p/p) proporciona un revestimiento resistente a la abrasión cuando el monómero epoxídico es triglicidil éter de trimetilolpropano y el monómero de (met)acrilato es tetraacrilato de pentaeritritol. La cantidad mínima de monómero epoxídico requerida para conseguir una adhesión satisfactoria es del 10% p/p de monómero. Sin embargo, a estos niveles bajos de monómero epoxídico, la capacidad de curado, y por tanto la resistencia a la abrasión, se ve comprometida. Alternativamente, desde una perspectiva teórica, podrían formularse resinas satisfactorias a concentraciones de monómero epoxídico del 100% p/p. Sin embargo, en la práctica, los monómeros epoxídicos de densidad de reticulación suficiente no están fácilmente disponibles y por tanto las formulaciones de resinas viables comercialmente requieren una cantidad de un monómero de (met)acrilato polimerizable de alta reticulación.

La composición también puede incluir un disolvente. Si va a revestirse un material termoplástico, la composición contiene preferiblemente un disolvente suficientemente agresivo para disolver parcialmente el termoplástico pero no tan agresivo como para producir una turbidez. Este equilibrio en la agresividad se consigue de la manera más sencilla utilizando una mezcla de un disolvente agresivo, tal como un disolvente de cetona (por ejemplo metil-isobutil-cetona), un disolvente de éster (por ejemplo acetato de etilo) o un disolvente de éter, y un disolvente no agresivo, tal como un alcohol inferior (por ejemplo alcohol isopropílico). El término 'disolvente agresivo' pretende hacer referencia a un disolvente que afecta a la red de polímeros de un sustrato o capa de polímeros adyacente, mientras que el término 'disolvente no agresivo' pretende hacer referencia a un disolvente al que un sustrato o capa de polímeros adyacente es sustancialmente inerte. El uso de uno o varios disolventes agresivos en la composición de revestimiento ayuda en la adhesión de la capa de revestimiento resistente a la abrasión al sustrato termoplástico, tal como el policarbonato de bisfenol A o una poliamida, puesto que el disolvente altera la red de polímeros termoplásticos en la interfaz de revestimiento resistente a la abrasión-sustrato para permitir el entrelazado de las cadenas de polímeros de la capa de revestimiento resistente a la abrasión y el sustrato de policarbonato. En general, algo del disolvente se evapora antes de la polimerización pero también es necesario retirar sustancialmente todo el disolvente de la composición antes de la polimerización. La retirada del disolvente puede facilitarse mediante calentamiento o con el tiempo.

En el caso de un material termoendurecible, la elección del disolvente no es crítica. Como se mencionó anteriormente, se cree que la adhesión se consigue mediante grupos epoxídicos del revestimiento que reaccionan con los grupos hidroxilo u otros grupos funcionales reactivos en la superficie del sustrato.

La composición también incluye un potenciador de la dureza que es un óxido de metal. Más específicamente, la incorporación de soles de óxido de metal en la composición de revestimiento es beneficiosa para la resistencia a la abrasión. El sol de óxido de metal incorporado generalmente es sílice coloidal. Si se requieren sistemas de alto índice pueden utilizarse otros óxidos de metal de alto índice de refracción tales como dióxido de titanio, dióxido de zirconio, óxido de antimonio, etc. Con el fin de dispersar y copolimerizar estos óxidos de metal en una matriz orgánica puede ser necesario funcionalizar los soles de óxido de metal con un grupo funcional polimerizable. La funcionalidad facilita la dispersión de la sílice coloidal y la posterior copolimerización de la sílice con los monómeros presentes en la resina. Los ejemplos no limitativos de sílice adecuada incluyen sílice coloidal (met)acrilada y epoxilada. Un medio específico para funcionalizar la sílice coloidal es injertar metacriloxi-propil-trimetoxisilano o glicidoxi-propil-trimetoxisilano en la superficie de la sílice.

Las sílices coloidales (met)acriladas o epoxiladas se dispersan generalmente en monómeros polimerizables. Un monómero dispersante común para preparaciones de sílice coloidal acriladas comerciales es diacrilato de hexanodiol. Con el fin de minimizar la presencia de un monómero de baja reticulación en la composición de revestimiento es preferible utilizar un monómero dispersante que es el monómero de alta reticulación que se utiliza en la formulación. La cantidad de sílice coloidal (met)acrilada o epoxilada que está presente en la composición puede variar entre el 0% y aproximadamente el 50% (p/p de sólidos); sin embargo, la cantidad utilizada dependerá de la cantidad de monómero de alta reticulación que está presente en la composición.

La sílice coloidal puede obtenerse según los procedimientos descritos en las patentes estadounidenses 4.348.462 y 5.614.321, incorporándose ambas al presente documento únicamente con el fin de proporcionar procedimientos para preparar sílice coloidal. Alternativamente, con el nombre de producto FSD 100 (disponible de General Electric) o como la serie de producto Highlink (disponible de Clariant) están disponibles sílices (met)acriladas comerciales.

La composición también contiene un fotoiniciador catiónico. Es necesaria una iniciación iónica para la polimerización de monómeros epoxídicos. Puede utilizarse cualquiera de los muchos compuestos conocidos para iniciar la polimerización mediante un mecanismo catiónico. Los compuestos conocidos para iniciar la polimerización mediante un mecanismo catiónico incluyen, por ejemplo, sales de diaryliodonio, sales de triarilsulfonio, sales de diaryliodosonio, sales de dialquilfenilsulfonio, sales de dialquil(hidroxidialquilfenil)sulfonio y sales de ferrocenio. Dichas sales pueden modificarse mediante la unión de grupos alquilo, alcoxilo, siloxilo y similares. Los iniciadores particularmente útiles incluyen hexafluoroantimonato de (4-n-deciloifenil) fenilyodonio (IOC10),

5 hexafluoroantimonato de (4-n-deciloifenil)difenilsulfonio (SOC10) y hexafluoroantimonato de S-metil-S-n-dodecilfenacilsulfonio (DPS-C<sub>1</sub> C<sub>12</sub>). La cantidad de iniciador de polimerización utilizada y las condiciones de polimerización se determinarán fácilmente por los expertos en la técnica o pueden determinarse fácilmente de manera empírica. Normalmente, el iniciador de polimerización se emplea en concentraciones que oscilan entre el 0,01 y el 10% p/p de sólidos.

10 La composición de revestimiento también puede contener agentes de flujo. Los agentes de flujo se basan normalmente en una estructura principal de polidimetilsiloxano o fluoropolímero. Los agentes de flujo adecuados basados en una estructura principal de polidimetilsiloxano pueden obtenerse de empresas tales como Tego Chemie Service o Byk-Chemie. Los agentes de flujo adecuados específicos con una estructura principal de polidimetilsiloxano incluyen Byk 371 y Byk 300 de Byk-Chemie. Los agentes de flujo adecuados basados en una estructura principal de fluoropolímero pueden obtenerse de Daikin o 3M. Los agentes de flujo adecuados específicos con una estructura principal de fluoropolímero incluyen FC- 431 de 3M y NS-1606 de Daikin.

15 El grosor del revestimiento puede controlarse ajustando la cantidad de sólidos en la composición y los parámetros del proceso de revestimiento particular que se utiliza. Por ejemplo, si el revestimiento se aplica mediante revestimiento por centrifugado, el grosor del revestimiento dependerá de la velocidad de centrifugado. De manera similar, si el revestimiento se aplica mediante revestimiento por inmersión, el grosor dependerá de la velocidad de extracción. Preferiblemente, el nivel de sólidos en la composición es aproximadamente del 50% en peso.

20 La composición de revestimiento también puede contener otros aditivos tales como estabilizantes, antioxidantes, flexibilizantes, cargas de refuerzo, tensioactivos, agentes de flujo, agentes igualadores, modificadores del índice de refracción (por ejemplo dióxido de titanio, dióxido de zirconio, dióxido de antimonio) y agentes antiestáticos.

25 El procedimiento de la presente invención también incluye una etapa de polimerizar la composición de revestimiento para formar el revestimiento resistente a la abrasión. La composición puede curarse utilizando una etapa de curado por UV. En una forma de realización de la invención, la composición se cura mediante polimerización catiónica iniciada por UV. La polimerización catiónica permite que los grupos epoxídicos del monómero epoxídico reaccionen con grupos hidroxilo libres u otros grupos funcionales en la superficie del material termoendurecible. El uso de fotoiniciadores catiónicos también permite la polimerización del monómero de (met)acrilato polimerizable de manera fotocatiónica sin inhibición de oxígeno. La composición de la presente invención también puede utilizarse en un proceso de revestimiento en el molde. Los procesos de revestimiento en el molde son conocidos en la técnica, por ejemplo véase la solicitud de patente internacional publicada WO 01/21375, que se incorpora al presente documento como referencia solo para ejemplificar los procesos de revestimiento en el molde.

35 Un proceso de revestimiento en el molde implica aplicar la composición de revestimiento a una superficie de una sección de molde que forma parte de un molde utilizado para colar el elemento óptico. A continuación la composición se cura parcialmente mediante fotopolimerización catiónica iniciada por UV. Con el fin de evitar que los grupos epoxídicos reaccionen con la superficie del molde, es necesario evitar que los grupos silanol de una superficie del molde de vidrio reaccionen con el epóxido. Esto se consigue tapando los grupos silanol con un material inerte.

40 Tras la polimerización parcial de la composición de revestimiento resistente a la abrasión se encajan las piezas del molde para formar una cavidad de molde que se reviste con la composición de revestimiento resistente a la abrasión de una forma parcialmente polimerizada. A continuación se vierte el monómero termoendurecible en el molde y el plástico se cura de la manera habitual. Finalmente se retira el artículo moldeado del molde para proporcionar el artículo revestido. Entonces esto proporciona un proceso de revestimiento en el molde para formar un elemento óptico que tiene un buen nivel de resistencia a la abrasión.

45 A partir de la discusión anterior se apreciará que la composición de revestimiento es adecuada para aplicarse directamente sobre una superficie de un elemento óptico preformado. Sin embargo, el elemento óptico puede contener capas de revestimiento adicionales además de la capa de revestimiento resistente a la abrasión para formar un revestimiento multicapa en el elemento óptico. Por ejemplo, la capa de revestimiento resistente a la abrasión puede aplicarse sobre un segundo revestimiento resistente a la abrasión en la superficie del elemento óptico. Además, pueden aplicarse revestimientos multicapa, tales como un revestimiento multicapa que forme, por ejemplo, una pila antirreflectante (AR), sobre la capa de revestimiento resistente a la abrasión de la invención.

50 La presente invención también proporciona un elemento óptico, tal como una lente oftálmica, que tiene un revestimiento resistente a la abrasión en una superficie del mismo, habiéndose formado el revestimiento resistente a la abrasión mediante polimerización de una composición de revestimiento resistente a la abrasión como se describió anteriormente.

60 Descripción de formas de realización de la invención

A continuación se proporcionarán varios ejemplos con el fin de ilustrar las formas de realización de la presente invención. Sin embargo, se entenderá que la siguiente descripción no debe limitar la generalidad de la descripción anterior.

- 5 Se utilizó la siguiente composición en un proceso de revestimiento por centrifugado para lentes fabricadas a partir de una variedad de plásticos.

**Ejemplo 1 - Composición de revestimiento**

- 10 Se preparó una composición de revestimiento con los siguientes componentes como se indica a continuación:

Componente	Peso (g)	%
Tetraacrilato de pentaeritritol	5,9 g	40% (p/p de monómero)
Triglicidil éter de trimetilolpropano	23,8 g	60% (p/p de monómero)
Sílice coloidal acrilada	22,6 g	15% (p/p de sólidos)
Alcohol isopropílico	20,3 g	50% (p/p de disolvente)
Metil-isobutil-cetona	25,0 g	50% (p/p de disolvente)
Hexafluorofosfonato de triarilsulfonio	2,5 g	5% (p/p de sólidos)
Byk 371	0,3 g	0,60% (p/p de sólidos)
Contenido en sólidos		50% (p/p)

La sílice coloidal acrilada se suministró como concentrado en tetraacrilato de pentaeritritol. Tras el análisis la descomposición química del concentrado fue la siguiente.

15

Contenido en sílice	43,0%
Contenido en sólidos de sílice	77,3%
Isopropanol	21,0%
Agua	1,70%

A un vaso de precipitados de 200 ml se añadieron 5,9 g de tetraacrilato de pentaeritritol, 23,8 g de triglicidil éter de trimetilolpropano, 22,6 g de sílice coloidal acrilada, 20,3 g de alcohol isopropílico, 25,0 g de metil-isobutil-cetona, 0,3 g de Byk 371 y 2,5 g de hexafluorofosfonato de triarilsulfonio. El vaso de precipitados se cubrió con una lámina de aluminio para evitar una polimerización iniciada por UV dispersos.

20

**Ejemplo 2 - Revestimiento de lentes**

25 Las lentes se sometieron a revestimiento por centrifugado con la composición de revestimiento del ejemplo 1 mediante la dispensación de 3 ml de resina en el centro de una lente que giraba a 500 rpm. Las lentes se hicieron girar durante un periodo de 10 segundos tras la dispensación de resina. Esto garantizó un grosor de revestimiento de aproximadamente 6 µm.

25

30 Antes del curado, las lentes revestidas se expusieron a calor de infrarrojos procedente de calentadores cerámicos para retirar el disolvente. A continuación se irradiaron las lentes revestidas con luz UV de una lámpara d de Fusion Systems con una intensidad máxima de 12 Wcm<sup>2</sup> (medido en la región UVA del espectro), durante 24 segundos, correspondiente a una dosis final de 1,0 Jcm<sup>2</sup> (medido en la región UVA del espectro).

30

35 A continuación las lentes preparadas se sometieron a prueba utilizando las pruebas de abrasión industriales convencionales descritas anteriormente. Las lentes sometidas a prueba fueron aquéllas que tenían solo un revestimiento duro, y aquéllas que tenían un revestimiento duro y un revestimiento antirreflectante (AR) que se aplicó utilizando los procedimientos convencionales.

35

**Ejemplo 2.1 - Lente CR-39**

40

Revestimiento duro solo

Adhesión primaria	Pasa
Hervir 3 horas	Pasa
Exposición a la intemperie	Pasa

Lana de acero	★★★★ ~ ★★★★★
Abrasión de Bayer	★★★

Con revestimiento AR sobre revestimiento duro

Adhesión primaria	Pasa
Hervir en agua salada	Pasa
Exposición a la intemperie	Pasa

Lana de acero ★★★  
 Abrasión de Bayer ★★★★★

**Ejemplo 2.2 - Lente de policarbonato**

5 Revestimiento duro solo  
 Adhesión primaria Pasa  
 Hervir 3 horas Pasa  
 Exposición a la intemperie Pasa

Lana de acero ★★★★★ ~ ★★★★★★  
 Abrasión de Bayer ★★★

Con revestimiento AR sobre revestimiento duro  
 Adhesión primaria Pasa  
 Hervir en agua salada Pasa  
 Exposición a la intemperie Pasa

Lana de acero ★★★  
 Abrasión de Bayer ★★★★★

**Ejemplo 2.3 - Spectralite™ (Poliacrilato)**

10 Revestimiento duro solo  
 Adhesión primaria Pasa  
 Hervir 3 horas Pasa  
 Exposición a la intemperie Pasa

Lana de acero ★★★★★ ~ ★★★★★★  
 Abrasión de Bayer ★★★

Con revestimiento AR sobre revestimiento duro (policarbonato)  
 Adhesión primaria Pasa  
 Hervir en agua salada Pasa  
 Exposición a la intemperie Pasa

Lana de acero ★★★  
 Abrasión de Bayer ★★★★★

**Ejemplo 2.4 Finalite (Tioleno)**

15 Revestimiento duro solo  
 Adhesión primaria Pasa  
 Hervir 3 horas Pasa  
 Exposición a la intemperie Pasa

Lana de acero ★★★★★ ~ ★★★★★★  
 Abrasión de Bayer ★★★

Con revestimiento AR sobre revestimiento duro  
 Adhesión primaria Pasa  
 Hervir en agua salada Pasa  
 Exposición a la intemperie Pasa

Lana de acero ★★★  
 Abrasión de Bayer ★★★★★

**Ejemplo 2.5 - MR7 (Tiouretano)**

20 Revestimiento duro solo  
 Adhesión primaria Pasa  
 Hervir 3 horas Pasa  
 Exposición a la intemperie Pasa

Lana de acero	★★★★ ~ ★★★★★
Abrasión de Bayer	★★★

Con revestimiento AR sobre revestimiento duro

Adhesión primaria	Pasa
Hervir en agua salada	Pasa
Exposición a la intemperie	Pasa

Lana de acero	★★★
Abrasión de Bayer	★★★★

5 Finalmente se apreciará que puede haber otras variaciones y modificaciones hechas en las formas de realización descritas en el presente documento que también estén dentro del alcance de la presente invención.

## REIVINDICACIONES

1. Una composición de revestimiento resistente a la abrasión para un elemento óptico, pudiendo formar la composición un revestimiento resistente a la abrasión en un elemento óptico tras una polimerización iónica, comprendiendo la composición:
- un monómero epoxídico polimerizable que tiene un promedio de al menos dos grupos epoxídicos en la molécula de monómero seleccionada del grupo que consiste en diglicidil éter de etilenglicol, diglicidil éter de dietilenglicol, diglicidil éter de polietilenglicol, diglicidil éter de propilenglicol, diglicidil éter de dipropilenglicol, diglicidil éter de tripropilenglicol, diglicidil éter de polipropilenglicol, diglicidil éter de neopentilglicol, diglicidil éter de 1,6-hexanodiol, diglicidil éter de glicerina, diglicidil éter de pentaeritritol, diglicidil éter de bisfenol A (DGEBA), diglicidil éter de bisfenol F, y sus análogos de cadena extendida, diglicidil éter de 1,4-butanodiol, diglicidil éteres de tetrabromo-bisfenol-A, éteres a base de resina epoxídica de 4,4'-bifenileno, triglicidil éter de trimetilolpropano, triglicidil éter de pentaeritritol, triglicidil éter de glicerol, triglicidil éter de diglicerol, tetraglicidil éter de diglicerol, tetraglicidil éter de pentaeritritol, tetraglicidil éter de dipentaeritritol, diglicidil éter de tetrametilenglicol, diglicidil éter de 1,6-hexametilenglicol, diglicidil éter de neopentilglicol, diglicidil éter de bisfenol A hidrogenado alicíclico, diglicidil éster del ácido isoftálico hidrogenado, 3,4-epoxiciclohexanocarboxilato de 3,4-epoxiciclohexilmetilo, adipato de bis(3,4-epoxiciclohexilo); diglicidil hidantoína, diglicidil oxialquil hidantoína; diglicidil éter de bisfenol A aromático, condensado inicial de diglicidil éter de bisfenol A, diglicidil éter de difenilmetano, diglicidil éster del ácido tereftálico, diglicidil éster del ácido isoftálico, diglicidil anilina, isocianurato de triglicidilo, cianurato de triglicidilo, triglicidil hidantoína; triglicidil para- o metaaminofenol aromático, tetraglicidil bencil etano, tetraglicidil éter de sorbitol, tetraglicidil diaminofenil metano, tetraglicidil bisaminometil ciclohexano, resina epoxídica de fenol-novolaca y resina epoxídica de cresol-novolaca;
- un monómero de (met)acrilato, teniendo el monómero de (met)acrilato un promedio de al menos tres dobles enlaces polimerizables en la molécula;
- un potenciador de la dureza, que es un óxido de metal coloidal; y
- un fotoiniciador catiónico.
2. Una composición de revestimiento resistente a la abrasión según la reivindicación 1, en la que el monómero epoxídico se selecciona de uno o varios del grupo que consiste en: diglicidil éter de etilenglicol, diglicidil éter de dietilenglicol, diglicidil éter de polietilenglicol, diglicidil éter de propilenglicol, diglicidil éter de dipropilenglicol, diglicidil éter de tripropilenglicol, diglicidil éter de polipropilenglicol, diglicidil éter de neopentilglicol, diglicidil éter de 1,6-hexanodiol, diglicidil éter de glicerina, diglicidil éter de pentaeritritol, diglicidil éter de bisfenol A (DGEBA), diglicidil éter de bisfenol F, y sus análogos de cadena extendida, diglicidil éter de 1,4-butanodiol, diglicidil éteres de tetrabromo-bisfenol-A, y éteres a base de resina epoxídica de 4,4'-bifenileno.
3. Una composición de revestimiento resistente a la abrasión según la reivindicación 1, en la que el monómero epoxídico tiene un promedio de al menos tres grupos epoxídicos por molécula y se selecciona del grupo que consiste en triglicidil éter de trimetilolpropano, triglicidil éter de pentaeritritol, triglicidil éter de glicerol, triglicidil éter de diglicerol, tetraglicidil éter de diglicerol, tetraglicidil éter de pentaeritritol, tetraglicidil éter de dipentaeritritol, isocianurato de triglicidilo, cianurato de triglicidilo, triglicidil hidantoína, triglicidil para- o metaaminofenol aromático, tetraglicidil bencil etano, tetraglicidil éter de sorbitol, tetraglicidil diaminofenil metano y tetraglicidil bisaminometil ciclohexano.
4. Una composición de revestimiento resistente a la abrasión según la reivindicación 3, en la que el monómero epoxídico se selecciona de uno o varios del grupo que consiste en: triglicidil éter de trimetilolpropano, triglicidil éter de pentaeritritol, triglicidil éter de glicerol, triglicidil éter de diglicerol, tetraglicidil éter de diglicerol, tetraglicidil éter de pentaeritritol y tetraglicidil éter de dipentaeritritol.
5. Una composición de revestimiento resistente a la abrasión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el monómero de (met)acrilato tiene un promedio de al menos cuatro dobles enlaces polimerizables en la molécula.
6. Una composición de revestimiento resistente a la abrasión según la reivindicación 5, en la que el monómero de (met)acrilato es tetraacrilato de pentaeritritol.
7. Una composición de revestimiento resistente a la abrasión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el óxido de metal coloidal está funcionalizado con un grupo polimerizable.
8. Una composición de revestimiento resistente a la abrasión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el potenciador de la dureza es sílice coloidal (met)acrilada o sílice coloidal epoxilada.
9. Una composición de revestimiento resistente a la abrasión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además un disolvente.

10. Una composición de revestimiento resistente a la abrasión según la reivindicación 9, en la que el disolvente es una mezcla de:
- 5 (a) uno o varios de los disolventes seleccionados del grupo que consiste en: un disolvente de cetona, un disolvente de éster y un disolvente de éter; y
- (b) un alcohol inferior.
- 10 11. Un elemento óptico que tiene un revestimiento resistente a la abrasión en una superficie del mismo, habiéndose formado el revestimiento resistente a la abrasión mediante polimerización de una composición de revestimiento resistente a la abrasión según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
- 15 12. Un elemento óptico según la reivindicación 11, en el que el elemento óptico se forma de un polímero termoendurecible.
13. Un elemento óptico según la reivindicación 12, en el que el polímero termoendurecible se selecciona de uno o varios del grupo que consiste en: un polímero de bis(alil carbonato) de dietilenglicol, un polímero de acrilato, un polímero de tioleno, un polímero de uretano, un polímero de tiouretano y un polímero de tioepóxido.
- 20 14. Un elemento óptico según la reivindicación 11, en el que el elemento óptico se forma de un polímero termoplástico.
15. Un elemento óptico según la reivindicación 14, en el que el polímero termoplástico se selecciona de uno o varios del grupo que consiste en: un polímero de policarbonato de bisfenol A y una poliamida.
- 25 16. Un elemento óptico según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, en el que cuando una lente de bis(alil carbonato) de dietilenglicol sin revestir y el elemento óptico se someten a una prueba de abrasión de Bayer, una proporción de turbidez desarrollada para la lente sin revestir con respecto a una turbidez desarrollada para el elemento óptico es de 1,0 - 1,5 o mayor.
- 30 17. Un elemento óptico según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, en el que cuando una lente de bis(alil carbonato) de dietilenglicol sin revestir y el elemento óptico se someten a una prueba de abrasión con lana de acero, una proporción de turbidez desarrollada para la lente sin revestir con respecto a una turbidez desarrollada para el elemento óptico es de 1,5 - 2,5 o mayor.
- 35 18. Un elemento óptico según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, en el que el elemento óptico es una lente oftálmica.
- 40 19. Un elemento óptico según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 18, en el que el revestimiento resistente a la abrasión se forma directamente en la superficie del elemento óptico.
20. Un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión en una superficie de un elemento óptico, incluyendo el procedimiento:
- 45 - proporcionar un elemento óptico que tiene una superficie que va a revestirse;
- revestir una superficie del elemento óptico con una composición de revestimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10; y
- 50 - aplicar una polimerización iónica a la composición de revestimiento para formar el revestimiento resistente a la abrasión en la superficie del elemento óptico.
21. Un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión según la reivindicación 20, en el que el elemento óptico se forma de un polímero termoendurecible.
- 55 22. Un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión según la reivindicación 21, en el que el polímero termoendurecible se selecciona de uno o varios del grupo que consiste en: un polímero de bis(alil carbonato) de dietilenglicol, un polímero de acrilato, un polímero de tioleno, un polímero de uretano y un polímero de tiouretano.
- 60 23. Un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión según la reivindicación 20, en el que el elemento óptico se forma de un polímero termoplástico.

24. Un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión según la reivindicación 23, en el que el polímero termoplástico se selecciona de uno o varios del grupo que consiste en: un polímero de policarbonato de bisfenol A y una poliamida.
- 5 25. Un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión según una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 24, en el que la etapa de revestir el elemento óptico incluye aplicar la composición de revestimiento directamente en la superficie del elemento óptico.
- 10 26. Un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión según una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 25, en el que la etapa de polimerizar la composición de revestimiento incluye una etapa de irradiar la composición de revestimiento con luz UV.
- 15 27. Un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión según la reivindicación 26, en el que la composición de revestimiento se irradia con luz UV durante un periodo de 5 a 60 segundos a una dosis mayor de aproximadamente  $5 \text{ Jcm}^{-2}$  con una intensidad máxima mayor de aproximadamente  $0,5 \text{ Wcm}^{-2}$ .
28. Un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión según una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 27, en el que el elemento óptico es una lente oftálmica.
- 20 29. Un procedimiento para formar un revestimiento resistente a la abrasión en una superficie de un elemento óptico, incluyendo el procedimiento:
- 25 - revestir una superficie de una sección de un molde utilizado para fabricar el elemento óptico con una composición de revestimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10;
- aplicar una polimerización iónica al menos parcialmente a la composición de revestimiento;
- ensamblar un molde que contiene la sección de molde;
- 30 - rellenar el molde con una composición de colada polimérica reticulable; y
- polimerizar la composición de colada para formar el elemento óptico con el revestimiento resistente a la abrasión en una superficie.