

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 910 523**

51 Int. Cl.:

<b>B29C 35/02</b>	(2006.01)	<b>C08K 5/3432</b>	(2006.01)
<b>B29C 48/00</b>	(2009.01)	<b>C08K 5/3435</b>	(2006.01)
<b>B29L 23/00</b>	(2006.01)	<b>C08K 5/3492</b>	(2006.01)
<b>C08J 3/24</b>	(2006.01)	<b>C08K 5/375</b>	(2006.01)
<b>C08K 5/00</b>	(2006.01)	<b>F16L 9/12</b>	(2006.01)
<b>C08K 5/10</b>	(2006.01)		
<b>C08K 5/13</b>	(2006.01)		
<b>C08K 5/134</b>	(2006.01)		
<b>C08K 5/14</b>	(2006.01)		
<b>C08K 5/3415</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.04.2016 PCT/EP2016/058812**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2016 WO16170016**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2016 E 16718642 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.01.2022 EP 3286260**

54 Título: **Tubo de poliolefina**

30 Prioridad:

**22.04.2015 GB 201506876**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.05.2022**

73 Titular/es:

**UPONOR INNOVATION AB (100.0%)  
P.O. Box 101  
73061 Virsbo, SE**

72 Inventor/es:

**ROSEEN, PATRIK**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**Observaciones:**

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

**ES 2 910 523 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

Tubo de poliolefina

## CAMPO DE LA INVENCIÓN

5 Esta invención se refiere a un tubo polimérico, y más particularmente a un tubo polimérico en la que el tubo comprende una poliolefina reticulada formada a partir de poliolefina extruida que comprende un reticulante de bismaleimida. Esta invención se refiere a la fabricación de tubos y tuberías de plástico de polímeros poliolefínicos tales como polietileno, con reticulación mediante un reticulante de bismaleimida, para producir tubos y tuberías de polietileno reticulado (PEX). Los tubos están diseñados para usarse en aplicaciones de agua fría (p. ej., potable) o agua caliente.

## ANTECEDENTES

10 Los tubos extruidos hechas de polímeros de poliolefina son bien conocidas para una variedad de aplicaciones industriales. Por lo general, se utilizan en la industria de la construcción para tubos de agua doméstica (p. ej., potable), tubos de radiadores, tubos de calefacción por suelo radiante y para aplicaciones similares, tales como la construcción de barcos. Estos tubos de poliolefina también se pueden utilizar como tubos de calefacción urbana y como tubos de proceso en la industria alimentaria, etc. Otras aplicaciones incluyen el transporte de fluidos gaseosos y lodos.

15 La poliolefina utilizada en Los tubos extruidos suele estar reticulada, lo que proporciona una serie de ventajas. Tales ventajas incluyen, pero no se limitan a, estabilidad a largo plazo, incluida la resistencia a la oxidación, que ayuda a cumplir con los códigos y estándares actuales para aplicaciones de agua potable, flexibilidad en la instalación, incluido un "efecto memoria", etc. El polietileno reticulado (PEX) se usa comúnmente para tubos de plástico. Hay varias variedades de PEX que utilizan una serie de diferentes químicos de reticulación y tecnologías de procesamiento.  
20 Varios grados de PEX contienen además otros aditivos como antioxidantes y/o paquetes estabilizadores y/o ayudas de procesamiento en diferentes concentraciones y combinaciones. Tres variedades conocidas de PEX para aplicaciones de tubos son PEX-a, PEX-b y PEX-c.

En el proceso PEX-a (p. ej., producido por el "Método Engel", método de baño de sal "Pont a Mousson" o método infrarrojo (IR), la reticulación es inducida por peróxido. En el Método Engel, la reticulación es inducida por peróxido bajo la influencia de calor y alta presión. En el método IR, la reticulación es inducida por peróxido bajo la influencia del calor IR aplicado. La composición de PEX-a resultante se reticula a través de enlaces carbono-carbono para formar la red de polímero reticulado. El proceso de reticulación de PEX-a ocurre en la etapa de fundición, a diferencia de los procesos de reticulación primarios para PEX-b y PEX-c, donde la reticulación ocurre en un estado sólido del polímero. La reacción principal es la formación de radicales libres tras la descomposición del peróxido, que tiene que estar presente por definición para PEX-a y, posteriormente, el radical libre extrae hidrógenos de las cadenas de polímero de PE. Este último da nuevos radicales de carbono, que después se combinan con las cadenas de PE vecinas para formar enlaces estables de carbono-carbono, es decir, enlaces cruzados. El entrecruzamiento, que se considera homogéneo y uniforme para PEX-a, da grados de reticulación (típicamente denominados CCL) en el intervalo de 70-90% para aplicaciones prácticas. En algunas aplicaciones, el CCL debe estar por encima del 70% para PEX-a, según se define en la norma internacional ASTM para tuberías de polietileno reticulado (PEX), F 876-10 (aprobado el 1 de febrero de 2010) y/o en algunas aplicaciones, el CCL debe ser por encima del 70% para PEX-a como se define en ISO 15875. Por lo tanto, el proceso PEX-a puede usarse para producir tubos de buena calidad

En el proceso PEX-b, la reticulación es inducida por la humedad y el calor durante tiempos prolongados predeterminados que típicamente se llevan a cabo en una "atmósfera de sauna". Los métodos más utilizados se denominan métodos Sioplas (dos etapas) y Monosil (una etapa), respectivamente. En el método Sioplas, un silano, tal como por ejemplo un vinilsilano, se injerta en una resina de HDPE antes de la extrusión del tubo. En el método Monosil, se mezcla un silano con la resina de HDPE durante la extrusión del tubo. En ambos métodos, que son químicamente diferentes en las etapas previas a la reticulación, el principio fundamental para la reticulación real es prácticamente idéntico, es decir, la reticulación se produce en un proceso secundario de postextrusión que se acelera mediante una combinación de calor y humedad. La última combinación es el "reactivo" activo, que está involucrado en la reacción primaria de hidrólisis y condensación. En principio, el tubo extruido se expone a agua caliente y un baño de vapor. Una diferencia fundamental con respecto a PEX-a es que, para PEX-b, los enlaces cruzados resultantes no se dan entre enlaces carbono-carbono, sino que se forman enlaces covalentes de oxígeno-silicio ("puentes" de siloxano). En comparación con PEX-a, la densidad de reticulación (CCL) es algo menor para PEX-b (65-70%) y la reticulación también es menos uniforme. PEX-b normalmente tiene un requisito mínimo de CCL de  $\geq 65\%$ .

En el proceso PEX-c, la reticulación se denomina comúnmente método "en frío". En el proceso PEX-c, no se necesitan productos químicos para facilitar el proceso de reticulación, sino que se utiliza irradiación de haz de electrones (EB) de alta energía para crear los radicales libres necesarios para que se produzca la extracción de hidrógeno y la posterior reticulación. Los haces de electrones de alta energía no son selectivos, es decir, los enlaces químicos se rompen de forma descontrolada. Esto último tiene como consecuencia la creación de reacciones secundarias, junto con la reacción buscada, es decir, la reticulación del HDPE. La densidad de reticulación para PEX-c suele estar en el intervalo del 70-75% (requisito mínimo  $\geq 60\%$ ) y se debe tener cuidado con el tiempo de irradiación, ya que una exposición

demasiado prolongada puede producir productos decolorados o quebradizos. PEX-c se ha utilizado con éxito durante muchos años a pesar de las condiciones de producción un tanto desafiantes.

Un desafío que ocurre con todos los tubos extruidos utilizadas para aplicaciones de agua potable es un problema potencial con la lixiviación de aditivos de la matriz del tubo de polímero. Los aditivos, incluyendo iniciadores, estabilizadores, coagentes, auxiliares de procesamiento, antioxidantes, productos de degradación de los mismos, etc., pueden lixiviarse de la matriz polimérica con el tiempo y pueden estar disponibles para contaminar el contenido fluido que fluye dentro del tubo. Este problema es un tema particular en casos tales como aplicaciones de agua potable y existen estándares de la industria que cuantifican los niveles permitidos de lixiviación de materiales del tubo durante un período de tiempo para tales aplicaciones. Además, la lixiviación de aditivos, productos de degradación de aditivos y/o subproductos de entrecruzamiento pueden dar lugar a tubos que no superen las pruebas de carbono orgánico total (TOC) o de sabor y olor. Puede ser necesario que los diversos aditivos estén presentes en el tubo al fabricarla para facilitar el procesamiento del tubo al extruir el polímero de materia prima y también para garantizar la integridad estructural y la resistencia al envejecimiento, etc., del tubo terminada. De manera similar, típicamente se requieren agentes de reticulación para obtener un tubo con el nivel deseado de reticulación. Al mismo tiempo, la presencia misma de aditivos, productos de degradación y subproductos de reticulación presenta un desafío, ya que estos materiales pueden filtrarse de la matriz polimérica durante un período de tiempo.

Es evidente que los tubos extruidos conocidos y los métodos para fabricar dichos tubos están sujetos a una serie de limitaciones. Por lo tanto, existe la necesidad de nuevos métodos de producción y/o nuevas combinaciones de componentes químicos para mejorar los métodos de producción y/o las propiedades de los tubos de poliolefina.

Es un objetivo de la presente invención proporcionar materiales para formar tubos que puedan usarse en aplicaciones de agua fría y/o caliente, por ejemplo, en aplicaciones de agua fría y/o caliente doméstica. También es un objetivo proporcionar materiales para producir tubos para aplicaciones industriales. Es un objetivo producir tubos que sean resistentes a la lixiviación con el tiempo de uno o más de los componentes. Otro objetivo es producir tubos para aplicaciones domésticas que cumplan o excedan los estándares actuales para uno o más de TOC, sabor y olor. La presente invención satisface algunos o todos estos objetivos.

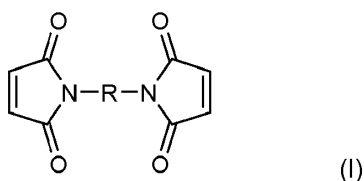
#### BREVE RESUMEN DE LA DESCRIPCIÓN

La presente invención proporciona un tubo que se beneficia de un nivel reducido de lixiviación de residuos químicos, al mismo tiempo que minimiza o evita un tratamiento posterior a la extrusión adicional para reducir dicha lixiviación. Los tubos de la invención proporcionan una serie de ventajas. Por ejemplo, los tubos pueden cumplir o superar los estándares actuales para uno o más de TOC, sabor y olor, sin requerir etapas adicionales de procesamiento posterior a la extrusión, p. ej., un tratamiento térmico adicional que requiere mucho tiempo.

Un aspecto de la invención proporciona un tubo polimérico formada por:

un polímero estructural de poliolefina; y

un reticulante de bismaleimida en una cantidad de 0,02 a 5% en peso, en el que el reticulante de bismaleimida es un compuesto de fórmula (I):



en donde R es un alquilo -C<sub>2</sub> - C<sub>24</sub>

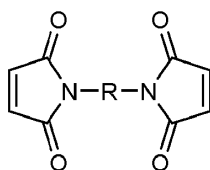
Otro aspecto de la invención proporciona un método para producir un tubo de poliolefina reticulada que comprende:

preparar una mezcla;

extruir la mezcla para formar un tubo extruido; y

reticular un polímero estructural de poliolefina calentando el tubo extruido,

en donde la mezcla se prepara mezclando componentes que comprenden el polímero estructural de poliolefina y un reticulante de bismaleimida en una cantidad de 0,02 a 5% en peso, en donde el reticulante de bismaleimida es un compuesto de fórmula (I):



(I)

en donde R es un alquilo -C<sub>2</sub> - C<sub>24</sub>

Un tercer aspecto de la invención proporciona el uso de un reticulante de bismaleimida de fórmula (I) como se define en el presente documento para la producción de un tubo de poliolefina.

- 5 Un cuarto aspecto proporciona el uso de un tubo de la invención, o un tubo formado de acuerdo con un método o uso de la invención, para el transporte de agua. En una realización, el agua es agua potable.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

10 A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta especificación, las palabras "comprenden" y "contienen" y las variaciones de las mismas significan "que incluyen, pero no se limitan a", y no pretenden (y no) excluyen otros restos, aditivos, componentes, números enteros o etapas. A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta especificación, el singular abarca el plural a menos que el contexto requiera lo contrario. En particular, cuando se usa el artículo indefinido, la especificación debe entenderse que contempla tanto la pluralidad como la singularidad, a menos que el contexto requiera lo contrario.

15 Debe entenderse que las características, números enteros, características, compuestos, fracciones químicas o grupos descritos junto con un aspecto, realización o ejemplo particular de la invención son aplicables a cualquier otro aspecto, realización o ejemplo descrito en el presente documento a menos que sea incompatible con el mismo. Todas las características divulgadas en esta especificación (incluyendo las reivindicaciones, el resumen y los dibujos adjuntos), y/o todas las etapas de cualquier método o proceso así divulgado, pueden combinarse en cualquier combinación, excepto combinaciones en las que al menos algunas de dichas características y/o etapas son mutuamente excluyentes. La invención no se limita a los detalles de ninguna de las realizaciones anteriores. La invención se extiende a cualquier novedad o combinación novedosa de las características descritas en esta memoria descriptiva (incluidas las reivindicaciones, el resumen y los dibujos adjuntos), o a cualquier novedad o combinación novedosa de las etapas de cualquier método o proceso como se describe.

25 Para evitar dudas, por la presente se establece que la información descrita anteriormente en esta memoria descriptiva bajo el encabezado "Antecedentes" es relevante para la invención y debe leerse como parte de la descripción de la invención.

30 Los tubos poliméricos de esta invención se pueden usar para una variedad de aplicaciones, por ejemplo, transporte de agua potable caliente y/o fría, calefacción por suelo radiante o aguas residuales, además de usarse en rociadores contra incendios, tubos de proceso en industrias como la industria alimentaria, y para el transporte de fluidos distintos al agua como gases y lodos, entre otros usos. En algunas realizaciones, estos tubos poliméricos incluyen un tubo base con una o más capas dispuestas sobre el tubo base. Se incluyen ejemplos de varias capas que se pueden disponer en un tubo de base polimérica en el documento US 2010/0084037, titulado "Methods and Compositions for Coating Pipe tubo". En otras realizaciones, el tubo polimérico incluye el tubo base sin capas dispuestas sobre el tubo base, es decir, el tubo constará de una única (es decir, una) capa.

### 35 NORMAS Y CERTIFICACIONES DE TUBOS

Los estándares de tubo y los procedimientos de prueba estándar a los que se hace referencia en la presente descripción incluyen lo siguiente:

- 40 Norma internacional ASTM para tubería de polietileno reticulado (PEX), F 876-10 (aprobada el 1 de febrero de 2010) ("ASTM F876");
- EN ISO 15875, Sistemas de tubos de plástico para instalaciones de agua fría y caliente -- Polietileno reticulado (PE-X);
- Directriz para la Evaluación Higiénica de Materiales Orgánicos en Contacto con el Agua Potable (Directriz KTW) de Umweltbundesamt (UBA), versión en inglés publicada el 7 de octubre de 2008 ("Directriz KTW");
- 45 EN 1484 Análisis del agua: Directrices para la determinación del carbono orgánico total (TOC) y el carbono orgánico disuelto (DOC) emitidas en mayo de 1997 ("EN 1484");
- EN 1622:2006 Calidad del agua: Determinación del número umbral de olor (TON) y el número umbral de sabor (TFN) ("EN 1622").

Las pruebas a las que se hace referencia en el presente documento son estándares conocidos en la industria y están disponibles para los expertos. Por lo tanto, solo nos referiremos a ellos brevemente en aras de la brevedad. Sin embargo, el contenido de estas normas forma parte integral de la invención en la medida en que Los tubos según la invención pueden cumplir o superar los requisitos de las normas.

- 5 ASTM F876 (Norteamérica) y EN ISO 15875 (Europa): antes del lanzamiento del producto, Los tubos certificados normalmente deben pasar todas las pruebas requeridas de acuerdo con estos dos estándares, respectivamente.

10 El grado de reticulación se puede cuantificar de acuerdo con la siguiente cita de ASTM F876: "6.8. Grado de reticulación: cuando se prueba de acuerdo con 7.9, el grado de reticulación para el material de tubería PEX debe estar dentro del intervalo de 65 a 89% inclusive. Dependiendo del proceso utilizado, se deben lograr los siguientes porcentajes mínimos de reticulación: 70% por peróxidos (PEX-a), 65% por compuestos azoicos, 65% por haz de electrones (PEX-c), o 65% por compuestos de silano (PEX-b)".

Según la norma EN ISO, para haz de electrones (PEX-c) y compuestos azoicos, el porcentaje mínimo de reticulación que se debe alcanzar es del 60%.

15 Idealmente, los tubos deberían tener un alto nivel de reticulación, es decir, al menos el 50% (preferiblemente al menos el 60%), según la norma. Sin embargo, en algunas aplicaciones puede ser aceptable un menor grado de reticulación.

La directriz KTW se puede utilizar para realizar una evaluación higiénica de los materiales orgánicos en contacto con el agua potable. El carbono orgánico total (TOC) se puede determinar según los protocolos de prueba de migración establecidos en 2.1.1 y 2.1.2 de la Directriz KTW. Las pruebas de olor y sabor se pueden realizar de acuerdo con los protocolos establecidos en 2.2.1 y 2.2.2 de la Directriz KTW.

## 20 **DEFINICIONES**

Las siguientes explicaciones de términos y métodos se proporcionan para describir mejor la presente descripción y para guiar a los expertos en la técnica en la práctica de la presente descripción.

25 Los términos "alquilo", "alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>" y "alquilo C<sub>x</sub>-C<sub>y</sub>" (donde x es al menos 1 y menor que 10, e y es un número mayor que 10) como se usa en el presente documento incluyen una referencia a un resto alquilo de cadena lineal o ramificada que tiene, por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 átomos de carbono. El término incluye la referencia a, por ejemplo, metilo, etilo, propilo (n-propilo o isopropilo), butilo (n-butilo, sec-butilo o terc-butilo), pentilo, y hexilo. En particular, el alquilo puede ser un "alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>", es decir, un alquilo que tiene 1, 2, 3, 4, 5 o 6 átomos de carbono; o un "alquilo C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>", es decir, un alquilo que tiene 1, 2, 3 o 4 átomos de carbono. El término "alquilo inferior" incluye la referencia a grupos alquilo que tienen 1, 2, 3 o 4 átomos de carbono.

30 Los términos "alqueno", "alqueno C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>" y "alqueno C<sub>x</sub>-C<sub>y</sub>" (donde x es al menos 2 y menor que 10, e y es un número mayor que 10) como se usa en el presente documento incluyen una referencia a un resto alquilo de cadena lineal o ramificada que tiene, por ejemplo, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 átomos de carbono y que tiene, además, al menos un doble enlace, de estereoquímica E o Z cuando corresponda. Este término incluye la referencia a, por ejemplo, etenilo, 2-propenilo, 1-butenilo, 2-butenilo, 3-butenilo, 1-pentenilo, 2-pentenilo, 3-pentenilo, 1-hexenilo, 2-hexenilo y 3-hexenilo. En particular, el alqueno puede ser un "alqueno C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>", es decir, un alqueno que tiene 2, 3, 4, 5 o 6 átomos de carbono; o un "alqueno C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>", es decir, un alqueno que tiene 2, 3 o 4 átomos de carbono.

35 Los términos "alquino", "alquino C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>" y "alquino C<sub>x</sub>-C<sub>y</sub>" (donde x es al menos 2 y menor que 10, e y es un número mayor que 10) como se usa en el presente documento incluyen una referencia a un resto alquilo de cadena lineal o ramificada que tiene, p. ej., 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 átomos de carbono y que tiene, además, al menos un triple enlace. Este término incluye la referencia a, por ejemplo, etinilo, 2-propinilo, 1-butinilo, 2-butinilo, 3-butinilo, 1-pentinilo, 2-pentinilo, 3-pentinilo, 1-hexinilo, 2-hexinilo y 3-hexinilo. En particular, el alquino puede ser un "alquino C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>", es decir, un alquino que tiene 2, 3, 4, 5 o 6 átomos de carbono; o un "alquino C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>", es decir, un alquino que tiene 2, 3 o 4 átomos de carbono.

40 Cuando un compuesto, resto, proceso o producto se describe como "opcionalmente" que tiene una característica, la descripción incluye dicho compuesto, resto, proceso o producto que tiene esa característica y también dicho compuesto, resto, proceso o producto que no tiene esa característica. Por tanto, cuando un resto se describe como "opcionalmente sustituido", la descripción comprende el resto no sustituido y el resto sustituido.

45 Cuando dos o más fracciones se describen como seleccionadas "independientemente" o "cada una independientemente" de una lista de átomos o grupos, esto significa que las fracciones pueden ser iguales o diferentes. La identidad de cada resto es, por lo tanto, independiente de las identidades de uno o más otros restos.

50 El término "CCL" se refiere a la densidad de reticulación, típicamente expresada como un porcentaje. CCL por lo tanto representa una medida cuantitativa del nivel de reticulación. A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta especificación, las frases "grado de reticulación", "nivel de reticulación" y "densidad de reticulación" o similar significan CCL.

El término "TOC" se refiere al carbono orgánico total.

## **TUBOS**

A menos que se indique lo contrario en esta especificación, cualquier referencia a un componente específico (p. ej., polímero estructural de poliolefina, fotoiniciador, especies reactivas de extrusión, coagente, estabilizador de luz de amina impedida, antioxidante o cualquier aditivo opcional) en una cantidad de % en peso es una referencia al componente en % de su peso con respecto al peso total de la capa del tubo en la que está presente.

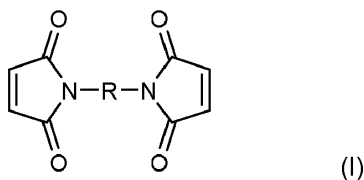
Los tubos poliméricos de la invención comprenden un polímero estructural de poliolefina. Aunque el polímero estructural puede ser polietileno (PE), los expertos en la técnica entienden que pueden usarse otros polímeros estructurales en lugar de polietileno. Por ejemplo, el polímero estructural puede ser una poliolefina tal como PE (p. ej., temperatura elevada de PE o PE-RT), polipropileno (PP), polibutilenos (PB); cualquier copolímero de los mismos; copolímeros de poliolefina tales como poli(etilen-co-anhídrido maleico); entre otros polímeros. Por ejemplo, el polímero estructural puede ser polietileno, polipropileno, polibutileno y polímeros olefínicos superiores; copolímeros de etileno, propileno, 1-buteno, 2-buteno, 1-penteno, 1-hexeno, 1-hepteno y 1-octeno e isómeros de los mismos entre sí y con otros monómeros insaturados. También se incluyen copolímeros en bloque y mezclas de polímeros de monómeros polimerizados de cualquiera de los polímeros mencionados anteriormente. el tubo polimérico puede tener al menos 85% en peso de polímero estructural de poliolefina, al menos 90% en peso de polímero estructural de poliolefina o al menos 95% en peso de polímero estructural de poliolefina.

Los polímeros estructurales de poliolefina preferidos para uso en la presente invención incluyen polietileno, polipropileno y mezclas de los mismos.

El polietileno (PE) se clasifica en varias categorías diferentes basándose principalmente en su densidad y ramificación. El rendimiento y las propiedades mecánicas del producto final dependen significativamente de variables como la extensión y el tipo de ramificación, la cristalinidad, la densidad y el peso molecular y su distribución. Como se mencionó, Los tubos PEX se fabrican con diferencia y más comúnmente a partir de polietileno de alta densidad (HDPE); sin embargo, esta invención es aplicable cuando se utiliza cualquier tipo de poliolefina o polietileno para la producción de tubos de plástico de una o varias capas, tal como , pero no se limita a, polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de densidad media (MDPE), grados PE 100, PE 80, PE-RT, peso molecular muy alto (VHMWPE) y polietileno de peso molecular ultra alto (UHMWPE) o combinaciones de los mismos. Ejemplos de PE disponibles comercialmente que pueden usarse en tubos de la presente invención incluyen Basell Q 456, Basell Q 456B, Basell New Resin, Basell Q 471 (los tres están disponibles en Equistar Chemicals, LP Lyondell Basell Company, Clinton Iowa, Estados Unidos) Borealis HE 1878, Borealis HE 1878 E, Borealis HE 2550 (los tres están disponibles en Borealis AG).

Los tubos poliméricos de la invención pueden comprender polietileno reticulado (PEX) como polímero estructural de poliolefina, en cuyo caso el tubo puede ser un tubo PEX. El polímero estructural en un tubo de este tipo puede comprender o consistir en cualquiera de las variedades de polietileno mencionadas en el presente documento que se ha reticulado, preferiblemente por la acción de un reticulante de bismaleimida como se describe en el presente documento. Los tubos de la invención también incluyen tubos en las que el agente de reticulación consta de al menos un agente de reticulación de bismaleimida (tal como 1, 2, 3 o 4, por ejemplo, 1 o 2) como se describe en el presente documento.

Los tubos poliméricos de la invención pueden comprender un reticulante de bismaleimida de fórmula (I):



en donde R es un alquilo -C<sub>2</sub> - C<sub>24</sub>. R también puede ser como se define más adelante en el presente documento. Por ejemplo, R puede ser un alquilo -C<sub>4</sub> - C<sub>18</sub>, p. ej., un alquilo C<sub>4</sub> - C<sub>10</sub>. R puede ser un alquilo -C<sub>2</sub>, -C<sub>3</sub>, -C<sub>4</sub>, -C<sub>5</sub>, -C<sub>6</sub>, -C<sub>7</sub>, -C<sub>8</sub>, -C<sub>9</sub>, -C<sub>10</sub>, -C<sub>11</sub>, -C<sub>12</sub>, -C<sub>13</sub>, -C<sub>14</sub>, -C<sub>15</sub>, -C<sub>16</sub>, -C<sub>17</sub>, o-C<sub>18</sub>, p. ej., R puede ser un alquilo -C<sub>6</sub>. Por ejemplo, Los tubos poliméricos de la invención pueden comprender uno o más reticulantes de bismaleimida de fórmula (I), p. al menos 1, al menos 2, al menos 3, al menos 4 o al menos 5 agentes de entrecruzamiento de bismaleimida como se define en el presente documento. El agente de reticulación de bismaleimida puede estar presente en una cantidad de 0,02 a 5% en peso, por ejemplo, de 0,2 a 4% en peso, p. ej., el reticulante de bismaleimida puede estar presente en una cantidad de 0,2 a 3% en peso, 0,2 a 2% en peso o 0,5 a 2,5% en peso. Por ejemplo, el reticulante de bismaleimida puede estar presente en una cantidad de 0,5 a 5% en peso o en una cantidad de 1 a 4% en peso, p. ej., en una cantidad de 1 a 3% en peso o de 1,5 a 2,5% en peso. Por ejemplo, el reticulante de bismaleimida puede estar presente en una cantidad de 0,3 a 2,5% en peso, 0,5 a 2,5% en peso o 1 a 2% en peso; p.ej. aproximadamente el 1% en peso, aproximadamente el 1,2% en peso, aproximadamente el 1,5% en peso, aproximadamente el 1,7% en peso o aproximadamente el 2% en peso.

Sin pretender limitarse a ninguna teoría, se cree que un reticulante de bismaleimida de fórmula (I) es un agente de reticulación activado por calor, que después de la activación puede incorporarse covalentemente en el polímero reticulado. Esto puede proporcionar ventajas en comparación con otros tipos de reticulantes utilizados en tubos de poliolefina. Por ejemplo, Los tubos fabricados con un proceso PEX-a pueden requerir un tratamiento posterior posterior al procesamiento para satisfacer los requisitos de sabor y olor de Los tubos de agua potable, debido a la presencia de subproductos de los iniciadores de peróxido que normalmente se usan en un proceso PEX-a. Los tubos de la presente invención normalmente evitan (o al menos reducen) este tratamiento posterior, debido a la ausencia (o niveles reducidos) de iniciador de peróxido.

Los tubos poliméricos de la invención pueden comprender un iniciador de peróxido, por ejemplo, uno o más iniciadores de peróxido; p.ej. al menos 1, al menos 2, al menos 3, al menos 4 o al menos 5 iniciadores de peróxido como se define aquí. El iniciador de peróxido puede estar presente en una cantidad de 0 a 2% en peso, por ejemplo de 0,02 a 2% en peso, p. ej., el iniciador de peróxido puede estar presente en una cantidad de 0,05 a 1,5% en peso o de 0,1 a 1,5% en peso. Por ejemplo, el iniciador de peróxido puede estar presente en una cantidad de 0,05 a 1% en peso, 0,1 a 1% en peso o 0,2 a 1% en peso. El iniciador de peróxido puede estar presente en una cantidad de 0,05 a 0,75% en peso, 0,1 a 0,5% en peso o 0,2 a 0,5% en peso. En una realización, el tubo polimérico puede no comprender un iniciador de peróxido, es decir, el iniciador de peróxido puede estar presente en una cantidad de aproximadamente 0% en peso.

Los iniciadores de peróxido adecuados incluyen peróxidos orgánicos, por ejemplo, peróxidos orgánicos que son compatibles con monómeros de poliolefina. Los ejemplos de tales peróxidos orgánicos incluyen peróxidos de alquilo, peróxidos de alqueno, peróxidos de alquino. Los ejemplos de peróxidos orgánicos que se pueden usar en Los tubos poliméricos de la invención incluyen peróxido de di-terc-butilo (Trigonox B), 2,5-dimetil-2,5-di(terc-butilperoxi)hexano-3 (Trigonox 145), 3,3,5,7,7-pentametil-1,2,4-trioxepano (Trigonox 311), 2,5-dimetil-2,5-di(terc-butilperoxi)hexano (Trigonox 101) y 3,6,9-trietil-3,6,9,-trimetil-1,4,7-triperoxonano (Triganox 301).

Los tubos poliméricos de la invención pueden comprender un co-agente, por ejemplo uno o más co-agentes; p.ej. al menos 1, al menos 2, al menos 3, al menos 4 o al menos 5 coagentes como se define en el presente documento. Los coagentes (monómeros y/u oligómeros) seleccionados utilizados en las formulaciones de la presente invención comprenden al menos un doble enlace polimerizable o grupo reactivo. El coagente proporciona reticulaciones adicionales entre las cadenas de poliolefina del polímero estructural de poliolefina. El coagente actúa así para promover y mejorar la eficiencia del proceso de reticulación, p. ej., cuando el polímero estructural de poliolefina es polietileno, el coagente mejora la reticulación de las cadenas de polietileno para producir PEX. El coagente (o la cantidad total de coagentes) puede estar presente en una cantidad de 0,02 a 10% en peso. Por ejemplo, el coagente puede estar presente en una cantidad de 0,1 a 5% en peso, 0,2 a 1% en peso, 0,3 a 0,7% en peso, p. ej., alrededor del 0,5% en peso.

El coagente se puede seleccionar de coagentes que comprenden grupos reactivos tales como acrilatos, alil éteres, polibutadienos, vinil éteres, y también aceites vegetales insaturados, tales como aceite de soja. Por ejemplo, el coagente se puede seleccionar de acrilatos, alil éteres, polibutadienos y vinil éteres. El coagente puede comprender un doble enlace carbono-carbono reactivo. Un doble enlace carbono-carbono reactivo puede ser un doble enlace carbono-carbono que es un enlace carbono-carbono terminal. Un doble enlace carbono-carbono reactivo puede ser un doble enlace carbono-carbono en el que uno de los átomos de carbono comprende dos átomos de hidrógeno geminales.

El coagente puede comprender múltiples dobles enlaces. Esto puede mejorar el nivel de reticulación. En el marco de la presente invención se pueden utilizar coagentes poliméricos tales como polibutadienos o cualquier cadena principal polimérica que contenga restos insaturados.

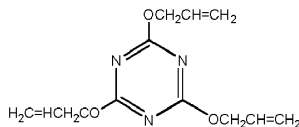
Por ejemplo, se puede usar una amplia variedad de acrilatos como coagentes, e incluyen: diacrilato de 1,6-hexanodiol, diacrilato de 1,3-butilenglicol, diacrilato de dietilenglicol, triacrilato de trimetilolpropano, diacrilato de neopentilglicol, diacrilato de polietilenglicol 200, diacrilato de tetraetilenglicol, diacrilato de trietilen, tetraacrilato de pentaeritritol, diacrilato de tripropilenglicol, diacrilato de bisfenol-A etoxilado, (mono)dimetacrilato de propilenglicol, diacrilato de trimetilolpropano, tetraacrilato de di-trimetilolpropano, triacrilato de isocianurato de tris(hidroxietilo), hidroxipentaacrilato de dipentaeritritol, pentaeritritol oxiacrilato triacrilato de trimetilolpropano, dimetacrilato de trietilenglicol, dimetacrilato de etilenglicol, dimetacrilato de tetraetilenglicol, dimetacrilato de polietilenglicol-200, dimetacrilato de 1,6-hexanodiol, dimetacrilato de neopentilglicol, dimetacrilato de polietilenglicol-600, dimetacrilato de 1,3-butilenglicol, bisfenol-A etoxilado D metacrilato, trimetacrilato de trimetilolpropano, diacrilato de 1,4-butanodiol, dimetacrilato de dietilenglicol, tetrametacrilato de pentaeritritol, dimetacrilato de glicerina, dimetacrilato de trimetilolpropano, trimetacrilato de pentaeritritol, dimetacrilato de pentaeritritol, diacrilato de pentaeritritol, aminoplast(met)acrilatos, aceites de acrilato como soja, aceite de ricino, etc. Otros compuestos polimerizables aplicables incluyen metacrilamidas, maleimidias, acetato de vinilo, vinil caprolactama, tioles y politioles. Los derivados de estireno también son fácilmente aplicables en el marco de esta invención.

El coagente puede ser un oligómero o un prepolímero. Por ejemplo, el coagente puede ser un oligómero o un prepolímero que tenga funcionalidad de acrilato, p. ej., seleccionado de acrilatos de poliuretano, acrilatos de epoxi, acrilatos de silicona y acrilatos de poliéster. Otros coagentes ejemplares incluyen resinas epoxi(met)acriladas, poliésteres (met)acrilados, siliconas (met)acriladas, uretanos/poliuretanos (met)acrilados, polibutadieno (met)acrilado,

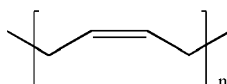
oligómeros y polímeros acrílicos (met)acrilados, y similares, y cualquier combinación de los mismos. Un coagente ejemplar es un oligómero o prepolímero que es un acrilato de poliuretano, por ejemplo, un prepolímero Krasol NN (disponible de Cray Valley, Inc., Exton, PA, EE. UU.).

Otros ejemplos de coagentes de uso en la invención incluyen los siguientes:

5 Cianurato de trialilo

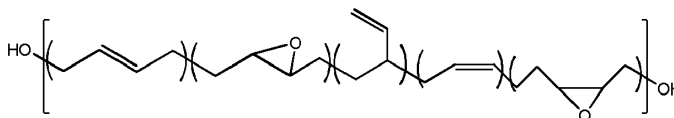


Polibutadieno



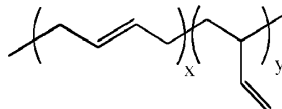
10 en donde n se selecciona tal que el peso molecular medio sea de aproximadamente 2.000 a aproximadamente 10.000 g/mol, preferiblemente de aproximadamente 4.000 a aproximadamente 7.000 g/mol, p. el peso molecular medio puede ser de 3000 o 5000 g/mol.

Polibutadieno terminado en hidroxilo y epoxidado (Poly BD 600E)



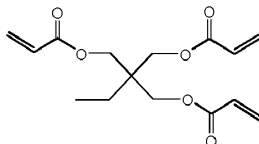
que tiene un peso molecular medio de aproximadamente 2.100 g/mol.

15 Polibutadieno-Ricon

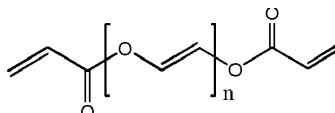


20 en donde x e y se seleccionan de tal manera que el peso molecular promedio es de aproximadamente de 1000 a aproximadamente de 10000 g/mol, preferiblemente de aproximadamente de 2000 a aproximadamente de 7000 g/mol. Por ejemplo, Polibutadieno-Ricon 142 de peso molecular medio 4.100 g/mol (CAS # 9003-17-2). Polibutadieno-Ricon 152 de peso molecular medio 2.900 g/mol (CAS # 9003-17-2). Polibutadieno-Ricon 156 de peso molecular medio 2.900 g/mol. Polibutadieno-Ricon 157 de peso molecular medio 1.800 g/mol.

Triacrilato de trimetilolpropano (TMPTA)



Diacrilato de poli(etilenglicol) (CAS #: 26570-48-9)



25 donde n se selecciona de manera que el peso molecular medio sea de aproximadamente 575 g/mol.

Diacrilato de polibutadieno (CAS #: 9003-17-2) de peso molecular medio 2.200 g/mol.

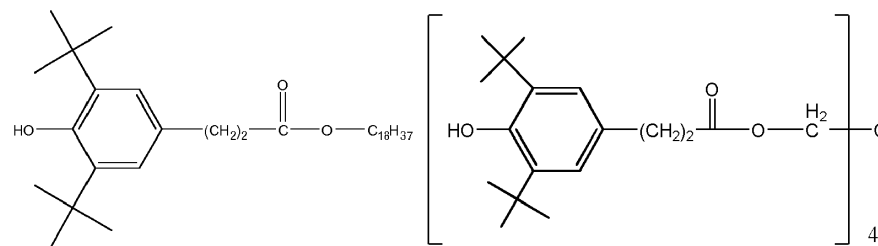
Krasol® Prepolímero de poliuretano NN (disponible de Cray Valley, Inc., Exton, PA, EE. UU.), por ejemplo Krasol® NN 32 (9% NCO, base MDI, 56% contenido de vinilo, viscosidad de 12 000 Cps a 25 °C y/o Krasol® NN 35.

30 Los tubos poliméricos de la invención pueden comprender un antioxidante, por ejemplo uno o más antioxidantes fenólicos; p.ej. al menos 1, al menos 2, al menos 3, al menos 4 o al menos 5 antioxidantes como se define en el

presente documento. Se pueden usar antioxidantes para conservar la mezcla de polímeros durante el proceso de producción, por ejemplo, cuando la mezcla de polímeros se expone al calor y la presión elevados del proceso de extrusión. Específicamente, las propiedades mecánicas de algunos polímeros estructurales, tal como el PE, tenderán a deteriorarse debido a la degradación oxidativa cuando se exponen al calor y la presión. Por ejemplo, en algunos casos el deterioro se manifestará como la formación de cadenas más cortas, disminuyendo efectivamente el peso molecular promedio del polímero estructural y cambiando las características del polímero estructural. Los antioxidantes actúan para prevenir o limitar dicho deterioro.

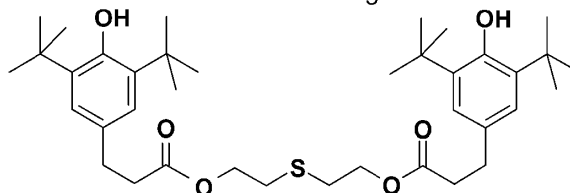
Los antioxidantes también pueden facilitar el mantenimiento de las propiedades del tubo a lo largo del tiempo, especialmente cuando el tubo está expuesta al cloro u otros agentes oxidantes. En un ejemplo, un fluido (p. ej., agua potable) que está presente en el tubo puede contener agentes oxidantes como el cloro, que con el tiempo puede tender a oxidar y descomponer un polímero estructural como el PE. Tal oxidación puede provocar la degradación de las propiedades del polímero estructural y del tubo acabada. En algunos ejemplos, los antioxidantes tienden a conservar las propiedades del polímero estructural en presencia de un entorno oxidativo. La cantidad total de antioxidante (p. ej., cualquiera o más de los antioxidantes descritos en el presente documento) puede ser del 0,1 al 2% en peso, del 0,1 al 1,5% en peso, del 0,2 al 1,25% en peso, del 0,2 al 1,0% en peso, de 0,25 a 0,75% en peso, de 0,2 a 0,6% en peso, o aproximadamente 0,5% en peso.

Los antioxidantes adecuados incluyen antioxidantes fenólicos. Ejemplos de tales antioxidantes se describen en WO 2010/138816 A1. Por ejemplo, el documento WO 2010/138816 A1 describe, en el párrafo [0048] de las páginas 12 a 14, antioxidantes que pueden usarse en Los tubos de la invención. Los ejemplos de antioxidantes que se pueden usar en Los tubos poliméricas de la invención incluyen:

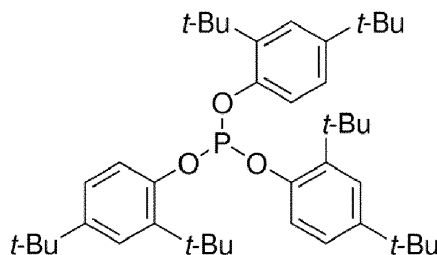


Irganox 1076

Irganox 1010



Irganox 1035



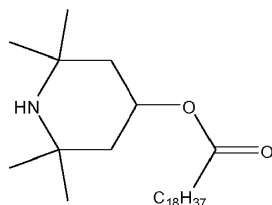
Igrafos 168 (tris(2,4-diterc-butilfenil)fosfito)

Los tubos poliméricos de la invención pueden comprender un fotoestabilizador de amina impedida (HALS), p. ej., uno o más HALS; p.ej. al menos 1, al menos 2, al menos 3, al menos 4 o al menos 5 HALS como se define en el presente documento. Las HALS son compuestos en los que un grupo amino está estéricamente impedido por grupos funcionales adyacentes. Las propiedades físicas de los polímeros estructurales como el PE pueden tender a degradarse con el tiempo cuando se exponen a longitudes de onda de luz ultravioleta (UV). El uso de HALS en la mezcla de polímeros interfiere con esta degradación y facilita el mantenimiento de las propiedades estructurales del polímero a lo largo del tiempo. La cantidad total de HALS (p. ej., uno o más de los HALS descritos en el presente documento) puede ser del 0,05 al 1% en peso, del 0,05 al 0,5% en peso, del 0,07 al 0,3% en peso, del 0,1 al 0,25% en peso en peso, o de 0,1 a 0,2% en peso; o alrededor del 0,1% en peso, o alrededor del 0,15% en peso.

Los ejemplos de HALS se describen en el documento WO 2010/138816 A1. Por ejemplo, el documento WO 2010/138816 A1 describe, en el párrafo [0050] en las páginas 15 a 17, HALS que pueden usarse en los tubos de la invención.

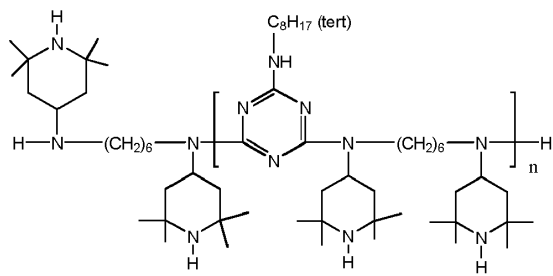
Otros ejemplos de uso de HALS en la presente invención son los siguientes:

- 5 Cyasorb 3853, que puede estar representado por la fórmula



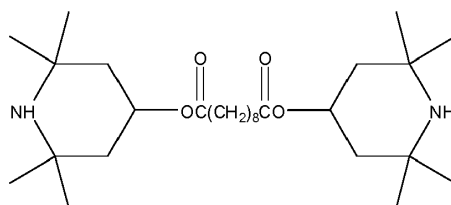
que tiene un peso molecular de 379 g/mol.

Chimassorb 944LD, que puede representarse mediante la fórmula



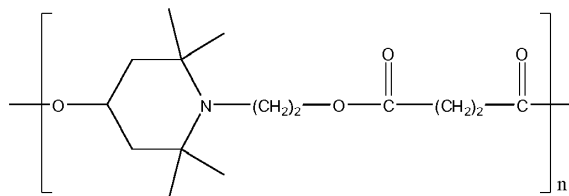
- 10 que tiene un peso molecular de 2000 a 3100 g/mol.

Tinuvin 770, que puede representarse mediante la fórmula



que tiene un peso molecular de 481 g/mol.

Tinuvin 622, que puede representarse mediante la fórmula



- 15

que tiene un peso molecular de 3100 a 4000 g/mol.

- Los tubos de la invención pueden comprender aditivos adicionales, por ejemplo, Los tubos pueden comprender uno o más coadyuvantes de procesamiento, cargas o pigmentos. Por ejemplo, Los tubos de la presente invención pueden comprender rellenos, p. nanopartículas, nanofibras u otras cargas orgánicas, cargas inorgánicas, fibras o partículas.
- 20 Por ejemplo, Los tubos pueden comprender auxiliares de procesamiento, p. fluoropolímeros. Por ejemplo, Los tubos de la presente invención pueden comprender un fluoropolímero que se selecciona de 3M™ dinamar™ aditivos de procesamiento de polímeros, p. 3M™ dinamar™ Aditivo de procesamiento de polímeros FX 9613 (disponible en 3M Center, St. Paul, MN). Cuando el tubo comprende al menos un coadyuvante de procesamiento, el coadyuvante de procesamiento puede estar presente a un nivel de 0,01 a 1% en peso, por ejemplo, de 0,01 a 0,5% en peso; p.ej. 0,02
- 25 a 0,4% en peso, 0,02 a 0,1% en peso.

**MÉTODOS**

- Los tubos se pueden fabricar de acuerdo con un método o proceso de la invención. El proceso de la presente invención se basa en un método de fabricación de PEX-a. Los componentes que se utilizan para formar el tubo, como, un polímero estructural de poliolefina y otros componentes, tales como un reticulante de bismaleimida como se define en el presente documento, y/o un iniciador de peróxido, y/o un coagente, y/o un antioxidante, y/o un fotoestabilizador de amina impedida y, opcionalmente, otros aditivos se mezclan normalmente juntos, por ejemplo, se mezclan en seco en un mezclador/mezclador, para formar una mezcla. Después, la mezcla se introduce en una extrusora (p. ej., una extrusora de doble husillo contrarrotante), se extruye y, directamente después de la extrusión (p. ej., en línea), se calienta usando un horno de infrarrojos (IR) para formar un tubo reticulado.
- 5
- 10 En comparación con un método PEX-a típico utilizado para fabricar tubos de agua potable, los métodos de la presente invención proporcionan una serie de ventajas. Por ejemplo, los métodos de la presente invención normalmente no requieren (o al menos reducen la necesidad de) una etapa adicional de tratamiento posterior al procesamiento, que por ejemplo puede ser necesario para que PEX-a satisfaga los requisitos de higiene. Esto simplifica el proceso de fabricación y también puede mejorar la compatibilidad con los procesos posteriores.
- 15 También se apreciará que Los tubos de la invención se pueden fabricar según métodos para la fabricación de tubos poliméricas que comprenden poliolefina que se conocen en la técnica, p. ej., aplicando dichos métodos para formar un tubo de la invención a partir de los componentes que se describen en el presente documento que se usan para formar el tubo.

**ENSAYOS**

- 20 Los tubos de la invención pueden evaluarse en relación con una serie de parámetros utilizando pruebas estándar que serían conocidas por el experto en la materia. A continuación, se describen una serie de ensayos adecuados y otros ensayos adecuados se han descrito anteriormente bajo el título "Estándares y certificaciones de tubos".

**(A) Ensayo de reticulación**

- 25 El grado de reticulación se puede medir de acuerdo con el protocolo de prueba establecido en ASTM F 876 en 7.9. El grado de reticulación también puede probarse de acuerdo con el protocolo de prueba establecido en ISO 15875. Cuando se prueba de acuerdo con ASTM F 876 o ISO 15875, un tubo de la invención puede tener un grado de reticulación de 60% a 90%. p.ej., de aproximadamente del 65% a aproximadamente del 89%. Por ejemplo, el grado de entrecruzamiento puede medirse entre aproximadamente el 70% y aproximadamente el 80%, p. ej., alrededor del 70% reticulación aproximadamente del 75%. El grado de reticulación puede ser de aproximadamente el 73%, p. ej., 73 ± 1% o 73 ± 0,5%.
- 30

**(B) Ensayo de TOC**

- 35 El TOC se puede medir de acuerdo con los protocolos de prueba de migración establecidos en la Directriz KTW en 2.1.1 y 2.1.2, con el TOC de las muestras de agua de migración determinado de acuerdo con EN 1484. Cuando se prueba de acuerdo con la Directriz KTW, un tubo de la invención puede tener un TOC de no más de 2,5 mg/dm<sup>2</sup> × d, p. ej., de no más de 2 mg/dm<sup>2</sup> × d, p. ej., de no más de 1,5 mg/dm<sup>2</sup> × d.

**(C) Ensayo de sabor y olor**

- 40 El sabor y el olor se pueden medir de acuerdo con los protocolos de prueba de olor y sabor establecidos en la Directriz KTW en 2.2.1 y 2.2.2. Cuando se prueba de acuerdo con la directriz KTW, un tubo de la invención puede tener una medición de sabor y olor de no más de 5, p. ej., una medida de sabor y olor de no más de 4. Por ejemplo, una pipa de la invención puede tener una medida de sabor y olor de al menos 1 y no más de 5, p. ej., de al menos 2 y no más de 4.

**(D) Ensayo de componentes**

- 45 Los componentes presentes en un tubo polimérico pueden evaluarse realizando un ensayo que comprende tomar una sección del tubo, extraer la sección del tubo con un disolvente orgánico en condiciones controladas y analizar los compuestos extraídos en el disolvente usando una técnica analítica tal como GC/MS.

- 50 El siguiente método proporciona un protocolo adecuado para la extracción orgánica. Se coloca 1 g de muestra de tubo en 2 ml de xileno y se deja acondicionar a 70 °C durante 24 horas. Después de eso, la muestra de tubo sólida restante se elimina (por ejemplo, mediante filtración) proporcionando un extracto que comprende xileno y componentes extraídos de la muestra de tubo. Si se usa una cantidad diferente de muestra de tubo, la cantidad de xileno puede variar en proporción a la cantidad de muestra de tubo.

Después, el extracto puede analizarse mediante GC/MS para determinar los componentes extraídos del tubo utilizando métodos estándar. Un método estándar adecuado de análisis GC/MS se establece en NSF International Standard/American National Standard for Drinking Water Additives 61-2011 (10 de junio de 2011) ("NSF 61") en B.7.4.2

"Cromatografía de gases/masa análisis de espectroscopia (GC/MS)" y se especifica más en los subtítulos B.7.4.2.1 - B.7.4.2.4 en las páginas B14 a B16.

#### **EJEMPLO 1**

##### FORMULACIÓN

- 5 Se fabricó un tubo de polietileno Borealis 1878E, con la formulación que comprende hexameten-1,6-dimaleimida (CAS 4856-87-5) en una cantidad de 1,75% en peso.

##### PROCESO

- 10 La formulación se mezcló cuidadosamente en seco en un mezclador/mezclador antes de insertarla en la extrusora. El tubo se procesó usando una extrusora de doble tornillo Weber DS7. El calentamiento del tubo, para activar el proceso de reticulación, se realizó mediante un horno IR, ubicado directamente después de la extrusora. La extrusión se realizó a 75 kg/h, produciendo un tubo de 20 x 2,8 mm.

##### RESULTADOS

Se hizo un tubo reticulado. El nivel de reticulación química fue del 60,5%.

TOC a temperatura ambiente, medido de acuerdo con la directriz KTW y EN 1484: 1,3 (requisito  $\leq 2,5$ ).

- 15 Sabor y olor a 60°C, medido de acuerdo con la directriz KTW: 2-4 (requisito  $\leq 4$ ).

Por lo tanto, esta formulación cumple con los requisitos de TOC a temperatura ambiente y de sabor y olor. Por el contrario, para un tubo PEX-a o PEX-b, normalmente se requiere un proceso posterior a la extrusión antes de que el tubo cumpla con los requisitos de TOC y de sabor y olor.

#### **EJEMPLO 2**

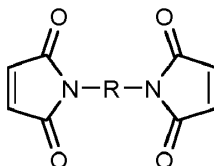
- 20 Se repitió el procedimiento del Ejemplo 1, pero con la formulación que comprende hexameten-1,6-dimaleimida (CAS 4856-87-5) en una cantidad de 2,0% en peso. El nivel de reticulación química fue el mismo que el nivel de reticulación química obtenido en el Ejemplo 1 (60,5%).

## REIVINDICACIONES

1. Un tubo polimérico formada por:

un polímero estructural de poliolefina; y

5 un reticulante de bismaleimida en una cantidad de 0,02 a 5% en peso, en el que el reticulante de bismaleimida es un compuesto de fórmula (I):



(I)

en donde R es un alquilo -C<sub>2</sub> - C<sub>24</sub>.

2. El tubo de la reivindicación 1, en donde el polímero estructural de poliolefina se selecciona de polietileno, polipropileno, polibutileno y cualquiera de sus copolímeros;

10 opcionalmente en donde el polímero estructural de poliolefina se selecciona de polietileno, polipropileno y mezclas de los mismos; y/o

en donde opcionalmente el polietileno es polietileno de alta densidad (HDPE) con un índice de fluidez (MFI) de al menos 2.

15 3. El tubo de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde R es un alquilo -C<sub>4</sub> - C<sub>18</sub>, opcionalmente en donde R es un alquilo -C<sub>4</sub> - C<sub>10</sub>, además opcionalmente en donde R es un alquilo -C<sub>6</sub>

4. El tubo de cualquier reivindicación precedente, en donde el reticulante de bismaleimida es o comprende hexameten-1,6-dimaleimida; y/o

en donde el reticulante de bismaleimida comprende al menos dos compuestos de fórmula 1; y/o

en el que el reticulante de bismaleimida está en una cantidad de 0,2 a 2% en peso.

20 5. El tubo de cualquier reivindicación precedente, que comprende además un iniciador de peróxido en una cantidad de 0,02 a 2% en peso.

6. El tubo de la reivindicación 5, en donde el iniciador de peróxido está en una cantidad de 0,05 a 1% en peso; y/o

25 en donde el iniciador de peróxido es al menos un peróxido orgánico, opcionalmente en donde el peróxido orgánico se selecciona de o comprende peróxido de di-terc-butilo (Trigonox B), 2,5-dimetil-2,5-di(terc-butilperoxi)hexano-3(Trigonox 145), 3,3,5,7,7-pentametil-1,2,4-trioxepano (Trigonox 311), 2,5-dimetil-2,5-di(terc-butilperoxi)hexano (Trigonox 101 ) y 3,6,9-trietil-3,6,9-trimetil-1,4,7-triperxonano (Trigonox 301).

7. El tubo de cualquier reivindicación precedente, en donde el tubo comprende además un coagente en una cantidad de 0,02 - 10% en peso, en donde el coagente comprende al menos un doble enlace carbono-carbono reactivo.

30 8. El tubo de la reivindicación 2, en donde el coagente comprende al menos dos dobles enlaces carbono-carbono reactivos; y/o

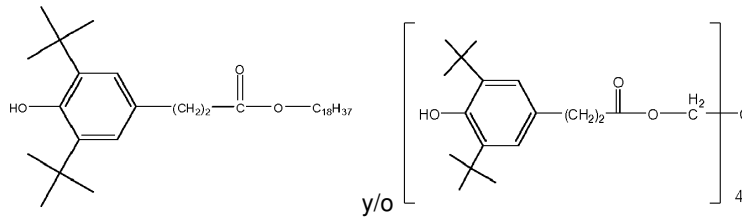
en donde el coagente se selecciona de o comprende acrilato, metacrilato, polibutadieno, éteres alílicos, éteres vinílicos y aceites mono o poliinsaturados; y/o

en donde el coagente está en una cantidad de 0,3 a 1,5% en peso.

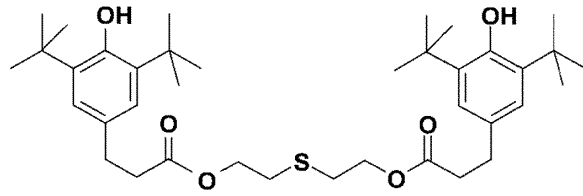
35 9. El tubo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un antioxidante en una cantidad de 0,1 a 2% en peso, opcionalmente:

en donde el antioxidante es al menos un antioxidante fenólico; y/o

en donde el antioxidante comprende



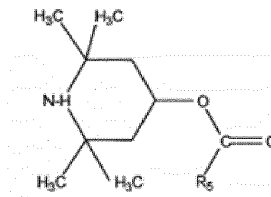
y/o



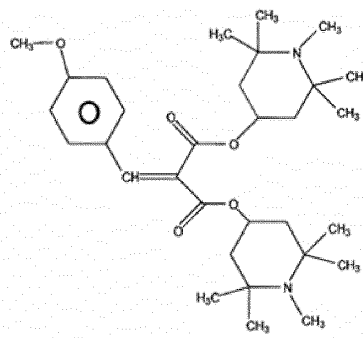
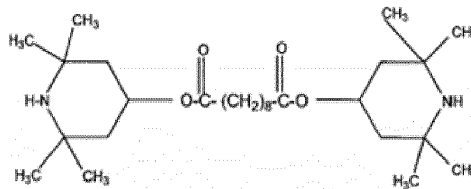
5 en donde el antioxidante está en una cantidad de 0,2 a 1% en peso.

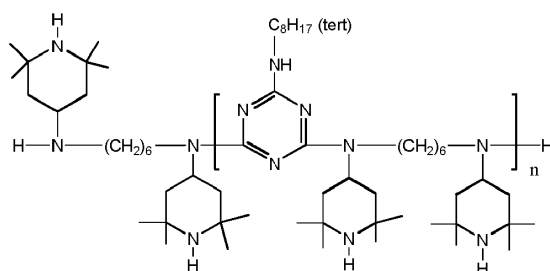
10. El tubo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un estabilizador de luz de amina impedida (HALS) en una cantidad de 0,05 a 1% en peso, opcionalmente:

en donde el estabilizador de luz de amina impedida se selecciona de o comprende:

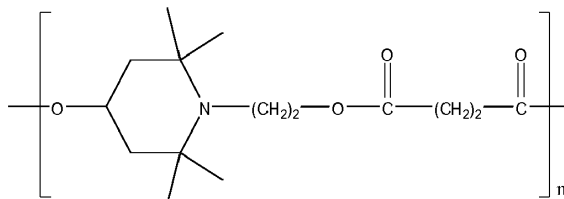


10 en donde R<sub>5</sub> es un grupo alquilo C<sub>2</sub>-C<sub>24</sub>,



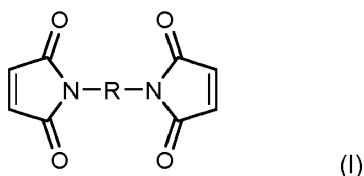


que tiene un peso molecular de 2000 a 3100 g/mol, o



que tiene un peso molecular de 3100 a 4000 g/mol; y/o

- 5 en donde el estabilizador de luz de amina impedida está en una cantidad de 0,05 a 0,3% en peso.
11. El tubo de cualquier reivindicación precedente, en la que el grado de reticulación está en el intervalo de 60 a 90%.
12. Un método para producir un tubo de poliolefina reticulada que comprende:
- preparar una mezcla;
- extruir la mezcla para formar un tubo extruido; y
- 10 reticular un polímero estructural de poliolefina calentando el tubo extruido,
- en donde la mezcla se prepara mezclando componentes que comprenden el polímero estructural de poliolefina y un reticulante de bismaleimida en una cantidad de 0,02 a 5% en peso,
- en donde el reticulante de bismaleimida es un compuesto de fórmula (I):



- 15 en donde R es un alquilo -C<sub>2</sub> - C<sub>24</sub>.
13. El método de la reivindicación 12, en donde los componentes son definidos adicionalmente para el tubo de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 11.
14. El método de la reivindicación 12 o la reivindicación 13, en donde la mezcla se prepara mezclando en seco los componentes de la mezcla, opcionalmente en una licuadora/mezcladora; y/o
- 20 en donde el calentamiento se realiza usando un horno de infrarrojos (IR), opcionalmente directamente después de la extrusión; y/o opcionalmente
- en donde el horno IR está en línea con una extrusora que realiza la extrusión, opcionalmente en donde la extrusora es una extrusora de doble husillo.
- 25 15. Uso de un tubo de poliolefina de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, o un tubo de poliolefina formada de acuerdo con el método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, para el transporte de agua; opcionalmente en donde el agua es agua potable.