

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 081**

51 Int. Cl.:

C08L 23/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2017 PCT/EP2017/066086**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.01.2018 WO18002196**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2017 E 17732944 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3390523**

54 Título: **Composición de polietileno para hilo de césped artificial**

30 Prioridad:

01.07.2016 EP 16177527

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

21.02.2020

73 Titular/es:

**TOTAL RESEARCH & TECHNOLOGY FELUY
(100.0%)**

**Zone Industrielle C
7181 Seneffe, BE**

72 Inventor/es:

**WASSENAAR, JEROEN y
DE GROOF, LEEN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 744 081 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

Composición de polietileno para hilo de césped artificial

Campo de invención

5 La presente invención se refiere a una composición de polietileno, a un proceso de preparación de una composición de polietileno, a una fibra que comprende una composición de polietileno, a un proceso de preparación de una fibra que comprende una composición de polietileno y a un césped artificial que comprende una composición de polietileno.

Antecedentes de la invención

10 El césped artificial, conocido también como hierba artificial, césped sintético o hierba sintética, se usa cada vez más como superficie de juego para deportes tales como fútbol, hockey, rugby, fútbol americano, tenis, lacrosse, golf y béisbol. En comparación con la hierba natural, el césped artificial presenta una serie de beneficios relacionados con una mayor frecuencia de uso, menores costes de mantenimiento y menor consumo de agua (en particular en climas secos). Además, la hierba artificial se usa también en las denominadas aplicaciones de paisajismo, donde se usa, entre otras cosas, para jardines, rotondas, aeropuertos y parques infantiles.

15 En la actualidad, el césped artificial está compuesto generalmente por un hilo frontal que se ancla mediante inserción de mechones en un soporte primario. El soporte primario es típicamente un tejido textil realizado en polipropileno. Con el fin de bloquear el hilo frontal permanentemente en el soporte primario, se aplica un material de soporte secundario, que típicamente comprende un compuesto de látex que se aplica en estado líquido y posteriormente se cura en un horno después de la aplicación sobre la moqueta con mechones. La moqueta de
20 césped artificial obtenida de esta manera típicamente se apoya sobre una base subyacente, que comprende un sistema de drenaje y opcionalmente una amortiguación contra choques para reducir el impacto de los jugadores que caen sobre la superficie del césped artificial. A veces, el césped artificial comprende también un relleno granulado, típicamente caucho procedente de neumáticos reciclados, que permite que los jugadores se deslicen sin riesgo de lesiones.

25 El césped artificial se desarrolló por primera vez usando poliamida como materia prima para el hilo frontal. A pesar de la buena durabilidad de los hilos de poliamida, estas primeras canchas tuvieron un éxito limitado debido al alto coste de la poliamida, y debido a la abrasividad de la superficie, que resultaba en lesiones de los jugadores. Posteriormente, se usó polipropileno como material de hilo frontal, que es más barato pero que adolece también de ser muy abrasivo y en la actualidad se usa principalmente para deportes sin contacto y aplicaciones de paisajismo.

30 En la actualidad, el polietileno se usa también como material de hilo frontal. A pesar de que el polietileno proporciona propiedades razonables de suavidad, deslizamiento y rodadura de pelota, la resistencia relativamente baja al desgaste, que resulta en fibrilación de los hilos individuales, y la baja resistencia, que resulta en el aplanamiento del hilo frontal, limitan severamente la vida útil. Cuando se utiliza un césped artificial basado en polietileno tradicional, por ejemplo, para un campo de fútbol, solo puede garantizarse una vida útil limitada y se
35 requiere un mantenimiento regular. Sin embargo, desde el punto de vista del propietario del campo (frecuentemente pequeños clubes, municipios o escuelas), una vida útil prolongada reduciría los costes de operación y de sustitución, y reduciría también el impacto ambiental del campo.

40 Todavía sigue existiendo la necesidad en la industria de una composición de hilo frontal para campos deportivos de césped artificial que proporcione una mayor durabilidad y resistencia. Todavía sigue existiendo la necesidad en la industria de una composición de hilo frontal para campos deportivos de césped artificial que garantice también una buena suavidad, resistencia térmica y procesamiento. Todavía sigue existiendo la necesidad en la industria de una composición de hilo frontal que permita reducir el espesor del hilo y el peso del pelo para reducir el uso de materia prima y su impacto ambiental concomitante.

Sumario de la invención

45 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar una composición de polietileno que tenga propiedades mejoradas adecuadas para su uso como hilo de césped artificial. La composición de polietileno proporciona preferentemente una mayor durabilidad y resistencia, mientras garantiza una buena suavidad, resistencia térmica y procesamiento. La composición de polietileno proporciona preferentemente una composición de hilo frontal que permite reducir el espesor del hilo y el peso del pelo para reducir el uso de materia prima y su
50 impacto ambiental concomitante. La presente invención proporciona la solución a una o más de las necesidades indicadas anteriormente.

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una composición de polietileno. La composición de polietileno comprende:

5 a) de al menos el 45% a como máximo el 95% en peso de un polietileno A catalizado con metaloceno, por ejemplo, de al menos el 50% a como máximo el 95% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 55% a como máximo el 95% en peso de polietileno A, preferentemente de al menos el 60% a como máximo el 90% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 65% a como máximo el 90% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 70% a como máximo el 85% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 75% a como máximo el 85% en peso de polietileno A, en la que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno; en la que la densidad del polietileno A es de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y en la que el índice MI2 de fluidez de polietileno A es de al menos 1,5 g/10 min a como máximo 4,0 g/10 min, por ejemplo, de al menos 2,0 g/10 min a como máximo 3,8 g/10 min, por ejemplo, de al menos 2,5 g/10 min a como máximo 3,6 g/10 min, por ejemplo, de al menos 2,8 g/10 min a como máximo 3,4 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg;

15 b) de al menos el 5% a como máximo el 55% en peso de un polietileno B catalizado con metaloceno, por ejemplo, de al menos el 5% a como máximo el 50% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 5% a como máximo el 45% en peso de polietileno B, preferentemente de al menos el 10% a como máximo el 40% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 10% a como máximo el 35% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 15% a como máximo el 30% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 15% a como máximo el 25% en peso de polietileno B, en base al peso total de la composición de polietileno; en la que dicho polietileno B catalizado con metaloceno comprende

25 b1) de al menos el 45% a como máximo el 75% en peso de un polietileno B1 catalizado con metaloceno, en el que el % en peso se basa en el peso total del polietileno B catalizado con metaloceno; en el que la densidad del polietileno B1 es como máximo 0,918 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,904 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,906 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,908 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,910 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,906 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y en el que el índice MI2 de fluidez del polietileno B1 es menor que el índice MI2 de fluidez del polietileno A; y

30 b2) de al menos el 25% a como máximo el 55% en peso de un polietileno B2 catalizado con metaloceno, en el que el % en peso se basa en el peso total del polietileno B catalizado con metaloceno; en el que la densidad del polietileno B2 es mayor que la densidad del polietileno B1; y en el que el índice MI2 de fluidez del polietileno B2 es mayor que el índice MI2 de fluidez del polietileno B1.

35 Según un segundo aspecto, la presente invención abarca también un proceso de preparación de una composición de polietileno, y realizaciones preferentes del mismo, en el que la composición de polietileno es según el primer aspecto de la invención y realizaciones preferentes del mismo. Según un tercer aspecto, la presente invención abarca una fibra y realizaciones preferentes de la misma, que comprende la composición de polietileno según el primer aspecto de la invención y realizaciones preferentes del mismo.

Según un cuarto aspecto, la presente invención abarca un proceso de preparación de una fibra, y realizaciones preferentes del mismo, en el que la fibra es según el tercer aspecto de la invención y realizaciones preferentes del mismo.

40 Según un quinto aspecto, la presente invención abarca un césped artificial, y realizaciones preferentes del mismo, comprendiendo el césped artificial la composición de polietileno según el primer aspecto de la invención y realizaciones preferentes del mismo, por ejemplo, un césped artificial que comprende una fibra, y realizaciones del mismo, según el tercer aspecto de la invención y realizaciones preferentes del mismo.

45 A continuación, la presente invención se describirá adicionalmente. En los siguientes párrafos, se definen diferentes aspectos de la invención más detalladamente. Cada aspecto definido de esta manera puede combinarse con cualquier otro aspecto o aspectos, a menos que se indique claramente lo contrario. En particular, cualquier característica o declaración indicada como preferente o ventajosa puede combinarse con cualquier otra característica o declaración indicada como preferente o ventajosa.

Breve descripción de las figuras

50 La Figura 1A representa un gráfico que representa un perfil TREF (fraccionamiento de elución con aumento de temperatura) (dW/dT (%/°C); tasa de elución a 1°C/min) como una función de la temperatura para Lumicene® Supertough 32ST05: Pico 1 = 81,9; Área = 54,8%, Pico 2 = 96,3°C; Área 43,7%, Fracción soluble = 0,4%.

La Figura 1B representa un gráfico que representa la fracción de peso acumulado (normalizada a 100) (en %) como una función del contenido de comonomero molar (en % molar) para Lumicene® Supertough 32ST05.

5 La Figura 2 representa un gráfico que representa un perfil de TREF (fraccionamiento de elución con aumento de temperatura) (dW/dT (%/°C); tasa de elución a 1°C/min) como una función de la temperatura para Lumicene® Supertough 22ST05: Pico 1 = 83,4°C; Área = 98,8%, fracción soluble = 0,5%.

La Figura 3 representa un gráfico que representa un perfil de TREF (fraccionamiento de elución con aumento de temperatura) (dW/dT (%/°C); tasa de elución a 6°C/min) como una función de la temperatura para Lumicene® M3427.

10 La Figura 4 representa un gráfico que representa un bucle de histéresis típico obtenido al realizar 20 ciclos de flexión de un monofilamento individual.

Descripción detallada de la invención

15 Antes de describir las presentes resinas poliméricas, los procesos, los artículos y los usos abarcados por la invención, debe entenderse que la presente invención no está limitada a las resinas poliméricas, los procesos, los artículos y los usos particulares descritos, ya que, por supuesto, dichas resinas poliméricas, procesos, artículos y usos pueden variar. Debe entenderse también que la terminología usada en la presente memoria no pretende ser limitativa, ya que el alcance de la presente invención estará limitado solo por las reivindicaciones adjuntas.

20 A menos que se defina lo contrario, todos los términos usados en la divulgación de la invención, incluyendo los términos técnicos y científicos, tienen el significado que entiende comúnmente una persona experta en la materia a la que pertenece la presente invención. Como un asesoramiento adicional, se incluyen definiciones para los términos usados en la descripción para apreciar mejor la enseñanza de la presente invención. Cuando se describen resinas poliméricas, procesos, artículos y usos de la invención, los términos usados deben interpretarse según las siguientes definiciones, a menos que el contexto indique lo contrario.

25 Tal como se usan en la presente memoria, las formas singulares "un", "una" y "el", "la" incluyen referencias tanto en singular como en plural, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. A modo de ejemplo, "una resina" significa una resina o más de una resina.

Las expresiones "que comprende", "comprende" y "compuesto por", tal como se usan en la presente memoria, son sinónimos de "que incluye", "incluye" o "que contiene", "contiene", y son inclusivos o son de carácter abierto y no excluyen miembros, elementos o etapas de procedimiento no indicados. Las expresiones "que comprende", "comprende" y "compuesto por" incluyen también la expresión "que consiste en".

30 La indicación de intervalos numéricos por medio de sus puntos extremos incluye todos los números enteros y, cuando sea apropiado, las fracciones incluidas dentro de ese intervalo (por ejemplo, de 1 a 5 pueden incluir 1, 2, 3, 4 cuando se refieren, por ejemplo, a una serie de elementos, y puede incluir también 1,5, 2, 2,75 y 3,80, cuando se refiere, por ejemplo, a medidas). La indicación de los puntos extremos incluye también los valores de los puntos extremos (por ejemplo, de 1,0 a 5,0 incluye tanto 1,0 como 5,0). Cualquier intervalo numérico indicado en la presente memoria pretende incluir todos los sub-intervalos incluidos en el mismo.

35 La referencia a lo largo de la presente memoria descriptiva a "una realización" significa que una característica, estructura o característica particular descrita en relación con la realización está incluida en al menos una realización de la presente invención. De esta manera, las apariciones de la frase "en una realización" en diversos lugares a lo largo de la presente memoria descriptiva no se refieren necesariamente, todas ellas, a la misma realización, pero podrían hacerlo. Además, los rasgos, estructuras o características particulares pueden combinarse de cualquier manera adecuada, tal como sería evidente para una persona experta en la materia a partir de la presente divulgación, en una o más realizaciones. Además, aunque algunas realizaciones descritas en la presente memoria incluyen algunas, pero no otras, características incluidas en otras realizaciones, las combinaciones de características de diferentes realizaciones están destinadas a estar incluidas dentro del alcance de la invención y forman diferentes realizaciones, tal como entenderán las personas expertas en la materia. Por ejemplo, en las siguientes reivindicaciones y afirmaciones, cualquiera de las realizaciones puede usarse en cualquier combinación. Las afirmaciones (características) preferentes y las realizaciones de las resinas poliméricas, los procesos, los artículos y los usos de la presente invención se establecen a continuación, en la presente memoria. Cada declaración y realización de la invención definida de esta manera puede combinarse con cualquier otra declaración y/o realización, a menos que se indique claramente lo contrario. En particular, cualquier característica indicada como preferente o ventajosa puede combinarse con cualquier otra característica o declaración indicada como preferente o ventajosa. Aquí, la presente invención es capturada, en particular, por cualquiera o cualquier combinación de uno o más de los aspectos y las realizaciones 1 a 52 numerados a continuación, con cualquier otra declaración y/o realización.

1. Una composición de polietileno que comprende:

a) de al menos el 45% a como máximo el 95% en peso de un polietileno A catalizado con metaloceno, por ejemplo, de al menos el 50% a como máximo el 95% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 55% a como máximo el 95% en peso de polietileno A, preferentemente de al menos el 60% a como máximo el 90% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 65% a como máximo el 90% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 70% a como máximo el 85% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 75% a como máximo el 85% en peso de polietileno A, en la que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno;

en la que el polietileno A tiene una densidad de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y un índice MI2 de fluidez de al menos 1,5 g/10 min a como máximo 4,0 g/10 min, por ejemplo, de al menos 2,0 g/10 min a como máximo 3,8 g/10 min, por ejemplo, de al menos 2,5 g/10 min a como máximo 3,6 g/10 min, por ejemplo, de al menos 2,8 g/10 min a como máximo 3,4 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg;

b) de al menos el 5% a como máximo el 55% en peso de un polietileno B catalizado con metaloceno, por ejemplo, de al menos el 5% a como máximo el 50% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 5% a como máximo el 45% en peso de polietileno B, preferentemente de al menos el 10% a como máximo el 40% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 10% a como máximo el 35% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 15% a como máximo el 30% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 15% a como máximo el 25% en peso de polietileno B, en base al peso total de la composición de polietileno; en la que dicho polietileno B catalizado con metaloceno comprende

b1) de al menos el 45% a como máximo el 75% en peso de un polietileno B1 catalizado con metaloceno, en el que el % en peso se basa en el peso total del polietileno B catalizado con metaloceno;

en el que el polietileno B1 tiene una densidad de como máximo 0,918 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,904 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,906 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,908 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,910 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,906 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y un índice MI2 de fluidez menor que el índice MI2 de fluidez del polietileno A, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg; y

b2) de al menos el 25% a como máximo el 55% en peso de un polietileno B2 catalizado con metaloceno, en el que el % en peso se basa en el peso total del polietileno B catalizado con metaloceno;

en el que el polietileno B2 tiene una densidad mayor que la densidad del polietileno B1, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y en el que el índice MI2 de fluidez del polietileno B2 es mayor que el índice MI2 de fluidez del polietileno B1, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.

2. La composición de polietileno según la declaración 1, en la que el polietileno B tiene una distribución multimodal del peso molecular, preferentemente una distribución bimodal del peso molecular; y en la que el polietileno B tiene una densidad de al menos 0,910 g/cm³ a como máximo 0,945 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y un índice MI2 de fluidez de al menos 0,2 g/10 min a como máximo 1,5 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg; y una distribución M_w/M_n del peso molecular de al menos 2,8 a como máximo 6,0, medida usando cromatografía de permeación en gel, siendo M_w el peso molecular promedio en peso y siendo M_n el peso molecular promedio en número.

3. Una composición de polietileno que comprende:

a) de al menos el 45% a como máximo el 95% en peso de un polietileno A catalizado con metaloceno, por ejemplo, de al menos el 50% a como máximo el 95% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 55% a como máximo el 95% en peso de polietileno A, preferentemente de al menos el 60% a como máximo el 90% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 65% a como máximo el 90% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 70% a como máximo el 85% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 75% a como máximo el 85% en peso de polietileno A, en la que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno;

en la que el polietileno A tiene una densidad de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y un índice MI2 de fluidez del polietileno A de al menos 1,5 g/10 min a como máximo 4,0 g/10 min, por ejemplo, de al menos 2,0 g/10 min a como máximo 3,8 g/10 min, por ejemplo, de al menos 2,5 g/10 min a como máximo 3,6 g/10 min, por ejemplo, de al menos 2,8 g/10 min a

como máximo 3,4 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg;

5 b) de al menos el 5% a como máximo el 55% en peso de un polietileno B catalizado con metalloceno, por ejemplo, de al menos el 5% a como máximo el 50% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 5% a como máximo el 45% en peso de polietileno B, preferentemente de al menos el 10% a como máximo el 40% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 10% a como máximo el 35% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 15% a como máximo el 30% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 15% a como máximo el 25% en peso de polietileno B, en el que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno:

10 en la que el polietileno B tiene una densidad de al menos 0,910 g/cm³ a como máximo 0,945 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y un índice MI2 de fluidez de al menos 0,2 g/10 min a como máximo 1,5 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg; y una distribución M_w/M_n del peso molecular de al menos 2,8 a como máximo 6,0, medida usando cromatografía de permeación en gel, siendo M_w el peso molecular promedio en peso y siendo M_n el peso molecular promedio en número, en el que dicho polietileno B catalizado con metalloceno tiene una distribución multimodal del peso molecular, preferentemente una distribución bimodal del peso molecular.

4. La composición de polietileno según la declaración 3,

en la que el polietileno B tiene una distribución multimodal del peso molecular, preferentemente una distribución bimodal del peso molecular, y comprende:

20 b1) de al menos el 45% a como máximo el 75% en peso de un polietileno B1 catalizado con metalloceno, en el que el % en peso se basa en el peso total del polietileno B;

en el que el polietileno B1 tiene una densidad de como máximo 0,918 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y un índice MI2 de fluidez menor que el índice MI2 de fluidez del polietileno A, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg; y

25 b2) de al menos el 25% a como máximo el 55% en peso de un polietileno B2 catalizado con metalloceno, en el que el % en peso se basa en el peso total del polietileno B;

30 en el que el polietileno B2 tiene una densidad mayor que la densidad del polietileno B1, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y en el que el índice MI2 de fluidez del polietileno B2 es mayor que el índice MI2 de fluidez del polietileno B1, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.

5. Un monofilamento, una película cortada o una cinta que comprende una composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4.

35 6. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según la declaración 5, en la que el polietileno A tiene una distribución monomodal del peso molecular.

40 7. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, o 6, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 6, en los que la composición de polietileno comprende de al menos el 45% a como máximo el 90% en peso de polietileno A, preferentemente de al menos el 45% a como máximo el 85% en peso de polietileno A, más preferentemente de al menos el 49% a como máximo el 84% en peso de polietileno A, en la que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno.

45 8. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 7, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 7, en los que el polietileno A tiene una densidad, medida según ISO 1183- 2: 2004 a una temperatura de 23°C, de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,939 g/cm³, preferentemente de al menos 0,920 g/cm³ a como máximo 0,938 g/cm³, preferentemente de al menos 0,924 g/cm³ a como máximo 0,937 g/cm³, preferentemente de al menos 0,928 g/cm³ a como máximo 0,936 g/cm³, preferentemente de al menos 0,932 g/cm³ a como máximo 0,935 g/cm³.

50 9. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 8, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 8, en los que el polietileno A tiene una distribución M_w/M_n del peso molecular de al menos 2,0 a como máximo 6,0, por ejemplo, como máximo 5,0, por ejemplo, como máximo 4,0, preferentemente la distribución M_w/M_n del peso molecular de polietileno A es de al

menos 2,0 a como máximo 3,5, medida mediante cromatografía de permeación en gel, siendo M_w el peso molecular promedio en peso y siendo M_n el peso molecular promedio en número.

5 10. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 9, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 9, en los que el índice g_{reo} de ramificación de cadena larga determinado mediante reología del polietileno A es como máximo de 0,9, preferentemente el g_{reo} del polietileno A es como máximo 0,85.

10 11. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 10, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 10, en los que la constante de distribución de composición (CDC) del polietileno A es al menos 150, preferentemente al menos 160, preferentemente al menos 170, preferentemente al menos 180, más preferentemente al menos 190, según un análisis mediante TREF usando, por ejemplo, una velocidad de enfriamiento de 1°C/hora, opcionalmente en la que la fracción soluble de polietileno A está en como máximo el 1,00%, preferentemente como máximo el 0,75%, más preferentemente como máximo el 0,50%, según un análisis mediante TREF usando, por ejemplo, una velocidad de enfriamiento de 1°C/hora.

15 12. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 11, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 11, en los que la temperatura T_v de reblandecimiento Vicat del polietileno A expresada en °C, medida según ISO 306:2013 procedimiento A120, satisface la relación $T_v > 825 \times d - 654$, en la que d es la densidad expresada en g/cm^3 , medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C.

20 13. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 12, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 12, en los que el polietileno A es un copolímero de etileno con un comonomero de alfa-olefina C_4-C_{12} , preferentemente en la que la alfa-olefina C_4-C_{12} se selecciona de entre el grupo que comprende 1-buteno, 1-hexeno, 4-metil-1-penteno, 3-metil-1-buteno y 1-octeno, más preferentemente en la que la alfa-olefina C_4-C_{12} es 1-hexeno.

25 14. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 13, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 13, en los que el polietileno A tiene un contenido de comonomero de como máximo el 30%, preferentemente como máximo el 20% en peso, preferentemente como máximo el 15% en peso, preferentemente como máximo el 10% en peso, preferentemente como máximo el 5% en peso, medido según RMN, en la que el % en peso se basa en el peso total de polietileno A.

30 15. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 14, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 14, en los que el polietileno B1 tiene un índice MI2 de fluidez de como máximo 1,0 g/10 min, preferentemente como máximo 0,50 g/10 min, más preferentemente como máximo 0,10 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.

35 16. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 15, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 15, en los que el polietileno B1 tiene un índice MI2 de fluidez de al menos 0,01 g/10 min, preferentemente de al menos 0,02 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.

40 17. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 16, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 16, en los que el polietileno B1 tiene una distribución monomodal del peso molecular.

45 18. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 17, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 17, en los que el polietileno B1 es un copolímero de etileno con un comonomero de alfa-olefina C_4-C_{12} , preferentemente en la que la alfa-olefina C_4-C_{12} se selecciona de entre el grupo que comprende 1-buteno, 1-hexeno, 4-metil-1-penteno, 3-metil-1-buteno y 1-octeno, más preferentemente en la que la alfa-olefina C_4-C_{12} es 1-hexeno.

50 19. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 18, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 18, en los que el polietileno B1 tiene un contenido de comonomero de como máximo el 30% en peso, preferentemente como máximo el 20% en peso, más preferentemente como máximo el 15% en peso, medido según RMN, en base al peso total de polietileno B1.

20. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 19, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 19, en los que el polietileno B1 tiene una

ES 2 744 081 T3

densidad de al menos 0,905 g/cm³, preferentemente de al menos 0,908 g/cm³, preferentemente de al menos 0,909 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C.

- 5 21. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 20, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 20, en los que el polietileno B2 tiene una distribución monomodal del peso molecular.
22. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 21, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 21, en los que el polietileno B2 es un homopolímero de etileno.
- 10 23. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 22, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 22, en los que el polietileno B2 tiene un MI2 de al menos 0,5 g/10 min, preferentemente al menos 0,8 g/10 min, preferentemente al menos 1 g/10 min, más preferentemente al menos 5 g/10 min, incluso más preferentemente al menos 10 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.
- 15 24. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 23, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 23, en los que el polietileno B2 tiene un MI2 de como máximo 200 g/10 min, preferentemente como máximo 155 g/10 min, preferentemente como máximo 100 g/10 min, por ejemplo, de al menos 5 g/10 min a como máximo 150 g/10 min, por ejemplo, de al menos 10 g/10 min a la mayoría de 100 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.
- 20 25. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 24, o el monofilamento, película cortada o cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 24, en los que el polietileno B2 tiene una densidad de al menos 0,920 g/cm³, preferentemente al menos 0,923 g/cm³, preferentemente al menos 0,925 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,926 g/cm³, preferentemente de al menos 0,927 g/cm³, preferentemente de al menos 0,928 g/cm³, preferentemente de al menos 0,930 g/cm³, preferentemente como máximo 0,962 g/cm³ e incluso más preferentemente como máximo 0,960 g/cm³; más preferentemente es de aproximadamente 0,927 g/cm³ a 0,958 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C.
- 25 26. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 25, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 25, en los que la relación de M_w de polietileno B1/M_w de polietileno B2 es de al menos 2,5 a como máximo 6,0, medida usando cromatografía de permeación en gel, siendo M_w el peso molecular promedio en peso.
- 30 27. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 26, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 26, en los que el polietileno B tiene una distribución multimodal del peso molecular, preferentemente en los que el polietileno B tiene una distribución bimodal del peso molecular.
- 35 28. La composición de polietileno según cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 27, o el monofilamento, película cortada o cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 27, en los que el polietileno B es un copolímero de etileno con un comonomero de alfa-olefina C₄-C₁₂, preferentemente en los que la alfa-olefina C₄-C₁₂ se selecciona de entre el grupo que comprende 1-buteno, 1-hexeno, 4-metil-1-penteno, 3-metil-1-buteno y 1-octeno, más preferentemente en los que la alfa-olefina C₄-C₁₂ es 1-hexeno.
- 40 29. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 28, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 28, en los que el polietileno B tiene un contenido de comonomero de como máximo el 30%, preferentemente como máximo el 20% en peso, preferentemente como máximo el 15% en peso, preferentemente como máximo el 10% en peso, medido según RMN, en los que el % en peso se basa en el peso total de polietileno B.
- 45 30. La composición de polietileno según cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 29, o el monofilamento, película cortada o cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 29, en los que la composición de polietileno comprende de al menos el 5% a como máximo el 55% en peso de polietileno B, preferentemente de al menos el 8% a como máximo el 55% en peso, preferentemente de al menos el 10% a como máximo el 55% en peso, preferentemente de al menos el 11% a como máximo el 55% en peso, preferentemente de al menos el 12% a como máximo el 55% en peso, preferentemente de al menos el 13% a como máximo el 55% en peso, en los que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno.
- 50 31. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 30, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 30, en los que el polietileno B comprende

de al menos el 48% a como máximo el 70% en peso de polietileno B1, preferentemente de al menos el 50% a como máximo el 65% en peso de polietileno B1, preferentemente de al menos el 55% a como máximo el 60% en peso de polietileno B1, en los que el % en peso se basa en el peso total de polietileno B.

5 32. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1, 2, 4, 6 a 31, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 31, en los que el polietileno B comprende de al menos el 30% a como máximo el 50% en peso de polietileno B2, preferentemente de al menos el 35% a como máximo el 48% en peso de polietileno B2, preferentemente de al menos el 38% a como máximo el 45% en peso de polietileno B2, en base al peso total de polietileno B.

10 33. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 32, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 32, en los que el índice g_{reo} de ramificación de cadena larga determinado mediante reología del polietileno B es como máximo 0,9.

15 34. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 33, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 33, en los que la constante de distribución de composición (CDC) del polietileno B es al menos 50, preferentemente al menos 60, preferentemente al menos 70, según un análisis mediante TREF (velocidad de enfriamiento de 1°C/hora), opcionalmente en los que la fracción soluble de polietileno B es como máximo el 1,00%, preferentemente como máximo el 0,75%, más preferentemente como máximo el 0,50%, según un análisis mediante TREF (velocidad de enfriamiento de 1°C/hora).

20 35. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 34, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 34, en los que la constante de distribución de composición (CDC) del polietileno B es como máximo 150, preferentemente como máximo 140, preferentemente como máximo 130, según un análisis mediante TREF (bajo una velocidad de enfriamiento de 1°C/hora), opcionalmente en los que la fracción soluble de polietileno B es como máximo el 1,00%, preferentemente como máximo el 0,75%, más preferentemente como máximo el 0,50%, según un análisis mediante TREF (velocidad de enfriamiento de 1°C/hora).

25 36. La composición de polietileno según cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 35, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 35, en los que la temperatura T_v de reblandecimiento Vicat del polietileno B expresada en °C, medida según ISO 306:2013 Procedimiento A120, satisface la relación $T_v > 825 \times d - 654$, en la que d es la densidad expresada en g/cm^3 , medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C.

30 37. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 36, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 36, en los que la densidad del polietileno B es de al menos $0,915 \text{ g/cm}^3$ a como máximo $0,940 \text{ g/cm}^3$, preferentemente de al menos $0,918 \text{ g/cm}^3$ a como máximo $0,937 \text{ g/cm}^3$, preferentemente de al menos $0,920 \text{ g/cm}^3$ a como máximo $0,935 \text{ g/cm}^3$, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C.

35 38. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 37 o el monofilamento, película cortada o cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 37, en los que la composición de polietileno comprende al menos el 0,01% a como máximo el 10% en peso de una composición C basada en polietileno, en los que la composición C basada en polietileno comprende uno o más aditivos seleccionados de entre el grupo que comprende antioxidantes, estabilizadores UV, pigmentos, coadyuvantes de procesamiento, captadores de ácido, lubricantes, agentes antiestáticos, rellenos, agentes de nucleación, o agentes clarificantes, en base al peso total de la composición de polietileno.

40 39. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 38, o el monofilamento, la película cortada o la cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 38, en los que el índice MI2 de fluidez de la composición de polietileno es de al menos 0,5 g/10 min a como máximo 4,5 g/10 min, preferentemente de al menos 0,8 g/10 min a como máximo 4,0 g/10 min, preferentemente de 1,0 g/10 min a como máximo 3,5 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.

45 40. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 39, o el monofilamento, película cortada o cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 39, en los que el índice MI2 de fluidez de la mezcla de polietileno A y B es de al menos 0,5 g/10 min a como máximo 4,5 g/10 min, preferentemente de al menos 0,8 g/10 min a como máximo 4,0 g/10 min, preferentemente de 1,0 g/10 min a como máximo 3,5 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.

50 41. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 40, o el monofilamento, película cortada o cinta según cualquiera de las declaraciones 5 a 40, en los que la densidad de la composición de

polietileno es de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, preferentemente de al menos 0,920 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C.

5 42. La composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 41, o el monofilamento, película cortada o cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 41, en los que la densidad de la mezcla de polietileno A y B es de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, preferentemente de al menos 0,920 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C.

43. Un proceso de preparación de una composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 42, o el monofilamento, película cortada o cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 42, en el que el proceso comprende las etapas de:

- 10
- i) proporcionar un polietileno A catalizado con metaloceno;
 - ii) proporcionar un polietileno B catalizado con metaloceno;
 - iii) mezclar los polietilenos A y B para formar una composición de polietileno según cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 42, o para formar un monofilamento, una película cortada o una cinta según una cualquiera de las declaraciones 5 a 42.

15 44. El proceso según la declaración 43, en el que el polietileno B catalizado con metaloceno se prepara en un proceso que comprende las etapas de:

- i) proporcionar un polietileno B2 catalizado con metaloceno;
- ii) proporcionar un polietileno B1 catalizado con metaloceno;
- iii) mezclar los polietilenos B1 y B2 en un polietileno B.

20 45. El proceso según la declaración 43, en el que el polietileno B catalizado con metaloceno se prepara en un proceso que comprende las etapas de:

- preparar un polietileno B2 catalizado con metaloceno;
- preparar un polietileno B1 catalizado con metaloceno, en presencia de B2; obteniendo de esta manera un polietileno B.

25 46. El proceso según una cualquiera de las declaraciones 43 a 45, en el que dicho mezclado se realiza mezclando físicamente el polietileno, por ejemplo, mediante mezclado en estado fundido del polietileno.

47. El proceso según una cualquiera de las declaraciones 43 a 46, en el que dicho polietileno B catalizado con metaloceno se prepara mezclando químicamente, por ejemplo, polimerizando, el polietileno en uno o más reactores, preferentemente en al menos dos reactores conectados en serie.

30 48. Uso de la composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 42 para preparar una fibra, preferentemente en el que la fibra se selecciona de entre el grupo que comprende: monofilamento, película cortada o cinta.

35 49. Una fibra que comprende la composición de polietileno según una cualquiera de las declaraciones 1 a 4, 6 a 42, preferentemente en la que la fibra se selecciona de entre el grupo que comprende monofilamento, película cortada o cinta.

50. La fibra, por ejemplo, monofilamento, película cortada o cinta, según cualquiera de las declaraciones 5 a 42, o 49, que tiene una relación de estiramiento de al menos 1:3 a como máximo 1:8, preferentemente de al menos 1:3 a como máximo 1:6, más preferentemente de al menos 1:4 a como máximo 1:5.

40 51. Uso de la fibra, preferentemente en el que la fibra se selecciona de entre el grupo que comprende: monofilamento, película cortada o cinta, según una cualquiera de las declaraciones 5 a 42, o según una cualquiera de las declaraciones 49 o 50 para preparar un hilo frontal de césped artificial.

52. Un césped artificial que comprende la fibra, preferentemente en el que la fibra se selecciona de entre el grupo que comprende: monofilamento, película cortada o cinta, según una cualquiera de las declaraciones 5 a 42, o según una cualquiera de las declaraciones 49 o 50.

45 A lo largo de la presente solicitud, las expresiones "polietileno" y "polímero de polietileno" pueden usarse como sinónimos.

A lo largo de la presente solicitud, los términos "formar" y "conformar" pueden usarse como sinónimos. La expresión "resina de polietileno", tal como se usa en la presente memoria, se refiere a la pelusa o polvo de polietileno que se extruye y/o funde y/o se granula y puede prepararse mediante composición y homogeneización de la resina de polietileno, tal como se enseña en la presente memoria, por ejemplo, con equipo de mezclado y/o de extrusión. A menos que se indique lo contrario, todos los parámetros usados para definir la resina de polietileno o una de las fracciones de polietileno, se miden en gránulos de polietileno.

El término "pelusa" o "polvo", tal como se usa en la presente memoria, se refiere al material de polietileno con la partícula sólida de catalizador en el núcleo de cada gránulo y se define como el material polimérico después de salir del reactor de polimerización (o reactor de polimerización final en el caso de múltiples reactores conectados en serie). El término "gránulos" se refiere a la resina de polietileno que ha sido granulada, por ejemplo, mediante extrusión por fusión. Tal como se usan en la presente memoria, las expresiones "extrusión" o "proceso de extrusión", "granulación" o "granulado" se usan en la presente memoria como sinónimos y se refieren al proceso de transformación de la resina de poliolefina en un "producto de poliolefina" o en "gránulos" después de la granulación. El proceso de granulación comprende preferentemente varios dispositivos conectados en serie, incluyendo uno o más husillos giratorios en una extrusora, una matriz y medios para cortar los filamentos extruidos en gránulos.

Tal como se usa en la presente memoria, el término "comonomero" se refiere a comonomeros de olefina que son adecuados para ser polimerizados con monómero alfa-olefina. Los comonomeros pueden comprender, pero no se limitan a, alfa-olefinas C₃-C₂₀ alifáticas, preferentemente alfa-olefinas C₄-C₁₂. Los ejemplos de alfa-olefinas C₃-C₂₀ alifáticas adecuadas incluyen propileno, 1-buteno, 1-penteno, 4-metil-1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno, 1-deceno, 1-dodeceno, 1-tetradeceno, 1-hexadeceno, 1-octadeceno, y 1-eicoseno. En algunas realizaciones preferentes, dicho comonomero es 1-hexeno.

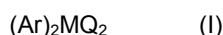
La expresión "copolímero de etileno", tal como se usa en la presente memoria, pretende abarcar polímeros que consisten esencialmente en unidades repetidas derivadas de etileno y al menos otro comonomero de alfa olefina C₃-C₂₀, preferentemente en el que el comonomero es 1-hexeno. La expresión "homopolímero de etileno", tal como se usa en la presente memoria, pretende abarcar polímeros que consisten esencialmente en unidades repetidas derivadas de etileno. Los homopolímeros pueden comprender, por ejemplo, al menos el 99,8%, preferentemente el 99,9% en peso de unidades repetidas derivadas de etileno, tal como se determina, por ejemplo, mediante espectrometría de RMN ¹³C. Tal como se usa en la presente memoria, la expresión "polietileno monomodal" o "polietileno con una distribución monomodal del peso molecular" se refiere a polietileno que tiene un máximo en su curva de distribución del peso molecular, que se define también como una curva de distribución unimodal. Tal como se usa en la presente memoria, la expresión "polietileno con una distribución bimodal del peso molecular" o "polietileno bimodal" significa un polietileno que tiene una curva de distribución que es la suma de dos curvas de distribución unimodal del peso molecular, y se refiere a un producto de polietileno que tiene dos poblaciones distintas, pero posiblemente superpuestas, de macromoléculas de polietileno que tienen cada una diferentes pesos moleculares promedio en peso. La expresión "polietilenos con una distribución multimodal de los pesos moleculares" o "polietilenos multimodales" hace referencia a polietilenos con una curva de distribución que es la suma de al menos dos, preferentemente más de dos, curvas de distribución unimodal, y se refiere a un producto de polietileno que tiene dos o más poblaciones distintas, pero posiblemente superpuestas, de macromoléculas de polietileno que tienen pesos moleculares promedio en peso diferentes. El polietileno multimodal puede tener una distribución "monomodal aparente" del peso molecular, que es una curva de distribución del peso molecular con un único pico y sin hombros. Sin embargo, el polietileno seguirá siendo multimodal si comprende dos poblaciones distintas de macromoléculas de polietileno, teniendo cada una un peso molecular promedio en peso diferente, tal como se ha definido anteriormente, por ejemplo, cuando las dos poblaciones distintas se prepararon en diferentes reactores y/o bajo diferentes condiciones y/o con diferentes catalizadores.

Puede obtenerse un polietileno que tiene una distribución multimodal del peso molecular mediante un mezclado químico o físico de al menos dos fracciones de polietileno que tienen una distribución diferente de los pesos moleculares. En algunas realizaciones, el polietileno que tiene una distribución multimodal del peso molecular puede obtenerse mezclando al nivel de partículas de polietileno en el que las diferentes fracciones de polietileno pueden obtenerse operando dos reactores bajo condiciones de polimerización diferentes y transfiriendo la primera fracción al segundo reactor, es decir, los reactores están conectados en serie. La expresión "mezcla química", tal como se usa en la presente memoria, significa que un grano de catalizador pasa a través de al menos dos reactores en diferentes condiciones de funcionamiento. El polímero producido en el segundo reactor se difunde homogéneamente en el polímero que ha sido producido en el primer reactor. Este nivel de homogeneidad no puede alcanzarse en un mezclado físico cuando gránulos de dos productos diferentes (típicamente formados a partir de dos catalizadores separados en dos reactores separados) se mezclan físicamente en una extrusora. El polietileno catalizado con metaloceno para su uso en las composiciones de la invención puede producirse polimerizando etileno y uno o más comonomeros opcionales, opcionalmente hidrógeno, en presencia de al menos un sistema

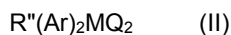
catalítico de metaloceno. Los catalizadores de metaloceno insertan el monómero de manera homogénea, es decir, independiente del peso molecular de la cadena molecular; mientras que los catalizadores de ZN tienen tendencia a insertar el comonómero preferentemente en la parte de menor peso molecular, donde tiene poco efecto sobre las propiedades mecánicas. Por lo tanto, el polietileno catalizado con metaloceno (mPE) tiene mejor resistencia al agrietamiento por estrés, mejor resistencia a la fibrilación, etc. Debido a que las dos o tres fracciones de polietileno (A, B, B1, B2) son catalizadas con metaloceno, el monómero se inserta homogéneamente en cada fracción, conduciendo a mejores propiedades de resistencia al agrietamiento y de resistencia a la fibrilación para cada fracción, y para la composición en su conjunto. Para las presentes aplicaciones, se encontró que las mezclas que comprenden fracciones catalizadas con ZN tienen propiedades inferiores.

Tal como se usa en la presente memoria, el término "catalizador" se refiere a una sustancia que causa un cambio en la velocidad de una reacción de polimerización. Es especialmente aplicable a catalizadores adecuados para la polimerización de etileno a polietileno. La presente invención se refiere especialmente al polietileno preparado en presencia de un sistema catalítico de metaloceno. Tal como se usa en la presente memoria, las expresiones "resina de polietileno catalizada con metaloceno" y "polietileno catalizado con metaloceno" son sinónimos y se usan de manera intercambiable y se refieren a un polietileno preparado en presencia de un catalizador de metaloceno. La expresión "catalizador de metaloceno" o "metaloceno", para abreviar, se usa en la presente memoria para describir cualquier complejo de metal de transición que comprende átomos metálicos unidos a uno o más ligandos. Los catalizadores de metaloceno preferentes son compuestos de metales de transición del Grupo IV de la tabla periódica, tales como titanio, circonio, hafnio, etc., y tienen una estructura coordinada con un compuesto metálico y ligandos compuestos por uno o dos grupos de ciclopentadienilo, indenilo, fluorenilo o sus derivados. La estructura y la geometría del metaloceno pueden ser variadas para adaptarse a la necesidad específica del productor, dependiendo del polímero deseado. Los metalocenos comprenden típicamente un único sitio metálico, lo que permite un mayor control de la ramificación y la distribución del peso molecular del polímero. Los monómeros se insertan entre el metal y la cadena de polímero en crecimiento.

Preferentemente, el sistema de catalizador de metaloceno usado para la preparación de polietileno A, B1, B2 y B, comprende un compuesto de fórmula (I) o (II)



; o



en el que los metalocenos según la fórmula (I) son metalocenos sin puente y los metalocenos según la fórmula (II) son metalocenos con puente;

en el que dicho metaloceno según la fórmula (I) o (II) tiene dos Ar unidos a M que pueden ser iguales o diferentes entre sí;

en el que Ar es un anillo, grupo o resto aromático y en el que cada Ar se selecciona independientemente de entre el grupo que consiste en ciclopentadienilo, indenilo (IND), tetrahidroindenilo (THI) y fluorenilo, en el que cada uno de dichos grupos puede estar opcionalmente sustituido con uno o más sustituyentes seleccionados cada uno independientemente de entre el grupo que consiste en halógeno, hidrosililo, un hidrocarbilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y SiR''_3 en el que R'' es un hidrocarbilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y en el que dicho hidrocarbilo contiene opcionalmente uno o más átomos seleccionados de entre el grupo que comprende B, Si, S, O, F, Cl y P;

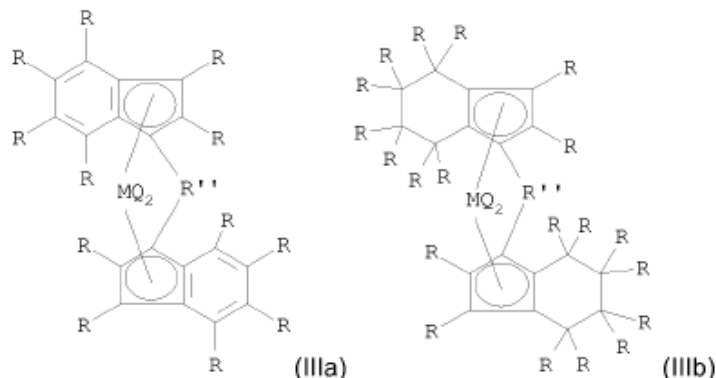
en el que M es un metal de transición seleccionado de entre el grupo que consiste en titanio, circonio, hafnio y vanadio; y preferentemente es circonio;

en el que cada Q se selecciona independientemente de entre el grupo que consiste en halógeno, un hidrocarbilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y un hidrocarbilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y en el que dicho hidrocarbilo contiene opcionalmente uno o más átomos seleccionados de entre el grupo que comprende B, Si, S, O, F, Cl y P; y

en el que R'' es un grupo o resto divalente que puentea los dos grupos Ar y se selecciona de entre el grupo que consiste en alquileo $\text{C}_1\text{-C}_{20}$, germanio, silicio, siloxano, alquifosfina y una amina, y en el que dicho R'' está opcionalmente sustituido con uno o más sustituyentes seleccionados cada uno independientemente de entre el grupo que consiste en halógeno, hidrosililo, un hidrocarbilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono y SiR_3 en el

que R es un hidrocarbilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono; y en el que dicho hidrocarbilo contiene opcionalmente uno o más átomos seleccionados de entre el grupo que comprende B, Si, S, O, F, Cl y P.

Preferentemente, el metaloceno comprende un componente bis-indenilo puenteado y/o un componente indenilo bis-tetrahidrogenado puenteado. En una realización, el metaloceno puede ser seleccionado de entre una de las siguientes fórmulas (IIIa) o (IIIb):



en las que cada R en la fórmula (IIIa) o (IIIb) es igual o diferente y se selecciona independientemente de entre hidrógeno o XR^v , en el que X se elige del Grupo 14 de la tabla periódica (preferentemente carbono), oxígeno o nitrógeno y cada R' es igual o diferente y se elige de entre hidrógeno o un hidrocarbilo de 1 a 20 átomos de carbono y v+1 es la valencia de X, preferentemente R es un grupo hidrógeno, metilo, etilo, n-propilo, iso-propilo, n-butilo, tert-butilo; R'' es un puente estructural entre los dos indenilos o indenilos tetrahidrogenados que comprende un radical alquileo C1-C4, un dialquil germanio, silicio o siloxano, o un radical alquifosfina o amina; Q es un radical hidrocarbilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono o un halógeno, preferentemente Q es F, Cl o Br, y M es un metal de transición del Grupo 4 de la tabla periódica o vanadio.

Cada componente de indenilo o tetrahidro indenilo puede estar sustituido con R de la misma manera o de manera diferente entre sí en una o más posiciones de cualquiera de los anillos fusionados. Cada sustituyente se elige independientemente. Si el anillo de ciclopentadienilo está sustituido, preferentemente, sus grupos sustituyentes no son tan voluminosos como para afectar la coordinación del monómero de olefina al metal M. Cualquier sustituyente XR^v en el anillo de ciclopentadienilo es preferentemente metilo. Más preferentemente, al menos uno y más preferentemente ambos anillos de ciclopentadienilo son no sustituidos. En una realización particularmente preferente, el metaloceno comprende un bis-indenilo no sustituido puenteado y/o indenilo bis-tetrahidrogenado, es decir, todos los R son hidrógenos. Más preferentemente, el metaloceno comprende un indenilo bis-tetrahidrogenado puenteado no sustituido.

Los ejemplos ilustrativos de catalizadores de metaloceno comprenden, pero no se limitan a, dicloruro de bis(ciclopentadienil) circonio (Cp_2ZrCl_2), dicloruro de bis(ciclopentadienil) titanio (Cp_2TiCl_2), dicloruro de bis(ciclopentadienil) hafnio (Cp_2HfCl_2); dicloruro de bis(tetrahidroindenil) circonio, dicloruro de bis(indenil) circonio y dicloruro de bis(n-butyl-ciclopentadienil) circonio; dicloruro de etilenbis(4,5,6,7-tetrahidro-1-indenil) circonio, dicloruro de etilenbis(1-indenil) circonio, dicloruro de dimetilsililén bis(2-metil-4-fenil-inden-1-il) de circonio, dicloruro de difenilmetilén (ciclopentadienil) (fluoren-9-il) circonio y dicloruro de dimetilmetilén [1-(4-tert-butil-2-metil-ciclopentadienil)] (fluoren-9-il) circonio. Más preferentemente, el metaloceno es dicloruro de etilenbis(tetrahidroindenil) circonio o difluoruro de etilen-bis(tetrahidroindenil) circonio.

Tal como se usa en la presente memoria, la expresión "hidrocarbilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono" se refiere a un resto seleccionado de entre el grupo que comprende un alquilo C_1-C_{20} lineal o ramificado; cicloalquilo C_3-C_{20} ; arilo C_6-C_{20} ; alquilarilo C_7-C_{20} y arilalquilo C_7-C_{20} , o cualquiera de sus combinaciones. Los ejemplos de grupos hidrocarbilo son metilo, etilo, propilo, butilo, amilo, isoamilo, hexilo, isobutilo, heptilo, octilo, nonilo, decilo, cetilo, 2-etilhexilo y fenilo.

Tal como se usa en la presente memoria, la expresión "hidrocarbilo que tiene de 1 a 20 átomos de carbono" se refiere a un resto con la fórmula hidrocarbilo-O-, en el que el hidrocarbilo tiene de 1 a 20 átomos de carbono, tal como se describe en la presente memoria. Los grupos hidrocarbilo preferentes se seleccionan de entre el grupo que comprende grupos alquiloxi, alquenoiloxi, cicloalquiloxi o aralcoxi.

Tal como se usa en la presente memoria, el término "alquilo", individualmente o como parte de otro sustituyente, se refiere a un grupo hidrocarbonado saturado lineal o ramificado unido por enlaces carbono-carbono individuales que tienen 1 o más átomos de carbono, por ejemplo, de 1 a 12 átomos de carbono, por ejemplo, de 1 a 6 átomos

de carbono, por ejemplo, de 1 a 4 átomos de carbono. Cuando en la presente memoria se usa un subíndice después de un átomo de carbono, el subíndice se refiere al número de átomos de carbono que puede contener el grupo nombrado. De esta manera, por ejemplo, alquilo C_{1-12} significa un alquilo de 1 a 12 átomos de carbono. Los ejemplos de grupos alquilo son metilo, etilo, propilo, isopropilo, butilo, isobutilo, sec-butilo, tert-butilo, 2-metilbutilo, pentilo y sus isómeros de cadena, hexilo y sus isómeros de cadena, heptilo y sus isómeros de cadena, octilo y sus isómeros de cadena, nonilo y sus isómeros de cadena, decilo y sus isómeros de cadena, undecilo y sus isómeros de cadena, dodecilo y sus isómeros en cadena. Los grupos alquilo tienen la fórmula general C_nH_{2n+1} .

Tal como se usa en la presente memoria, el término "cicloalquilo", individualmente o como parte de otro sustituyente, se refiere a un radical alquilo cíclico saturado o parcialmente saturado. Los grupos cicloalquilo tienen la fórmula general C_nH_{2n-1} . Cuando en la presente memoria se usa un subíndice después de un átomo de carbono, el subíndice se refiere al número de átomos de carbono que puede contener el grupo nombrado. De esta manera, los ejemplos de cicloalquilo C_{3-6} incluyen ciclopropilo, ciclobutilo, ciclopentilo o ciclohexilo.

Tal como se usa en la presente memoria, el término "arilo", individualmente o como parte de otro sustituyente, se refiere a un radical derivado de un anillo aromático, tal como fenilo, naftilo, indanilo o 1,2,3,4-tetrahidro-naftilo. Cuando en la presente memoria se usa un subíndice después de un átomo de carbono, el subíndice se refiere al número de átomos de carbono que puede contener el grupo nombrado.

Tal como se usa en la presente memoria, el término "alquilarilo", individualmente o como parte de otro sustituyente, se refiere a un grupo arilo según se define en la presente memoria, en el que un átomo de hidrógeno se reemplaza por un alquilo tal como se define en la presente memoria. Cuando en la presente memoria se usa un subíndice después de un átomo de carbono, el subíndice se refiere al número de átomos de carbono que puede contener el grupo o subgrupo nombrado.

Tal como se usa en la presente memoria, el término "arilalquilo", individualmente o como parte de otro sustituyente, se refiere a un grupo alquilo según se define en la presente memoria, en el que un átomo de hidrógeno se reemplaza por un arilo según se define en la presente memoria. Cuando en la presente memoria se usa un subíndice después de un átomo de carbono, el subíndice se refiere al número de átomos de carbono que puede contener el grupo nombrado. Los ejemplos de radicales arilos C_{6-10} alquilo C_{1-6} incluyen bencilo, fenetilo, dibencilmetilo, metilfenilmetilo, 3-(2-naftil)-butilo y similares.

Tal como se usa en la presente memoria, el término "alquilenos", individualmente o como parte de otro sustituyente, se refiere a grupos alquilo que son divalentes, es decir, con dos enlaces simples para unirse a otros dos grupos. Los grupos alquilenos pueden ser lineales o ramificados y pueden estar sustituidos tal como se indica en la presente memoria. Los ejemplos no limitativos de grupos alquilenos incluyen metileno ($-CH_2-$), etileno ($-CH_2-CH_2-$), metilmetileno ($-CH(CH_3)-$), 1-metiletileno ($-CH(CH_3)-CH_2-$), n-propileno ($-CH_2-CH_2-CH_2-$), 2-metilpropileno ($-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-$), 3-metilpropileno ($-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-$), n-butileno ($-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-$), 2-metilbutileno ($-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-$), 4-metilbutileno ($-CH_2-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-$), pentileno y sus isómeros de cadena, hexileno y sus isómeros de cadena, heptileno y sus isómeros de cadena, octileno y sus isómeros de cadena, nonileno y sus isómeros de cadena, decileno y sus isómeros de cadena, undecileno y sus isómeros de cadena, dodecileno y sus isómeros de cadena. Cuando en la presente memoria se usa un subíndice después de un átomo de carbono, el subíndice se refiere al número de átomos de carbono que puede contener el grupo nombrado. Por ejemplo, alquilenos C_1-C_{20} se refiere a un alquilenos que tiene entre 1 y 20 átomos de carbono.

Los átomos de halógeno ejemplares incluyen cloro, bromo, flúor y yodo, siendo preferentes flúor y cloro.

Los catalizadores de metaloceno usados en la presente memoria se proporcionan preferentemente sobre un soporte sólido. El soporte puede ser un sólido orgánico o inorgánico inerte, que no es químicamente reactivo con ninguno de los componentes del catalizador de metaloceno convencional. Los materiales de soporte adecuados para el catalizador soportado incluyen óxidos inorgánicos sólidos, tales como sílice, alúmina, óxido de magnesio, óxido de titanio, óxido de torio, así como óxidos mixtos de sílice y uno o más óxidos metálicos del Grupo 2 o 13, tales como óxidos mixtos de sílice-magnesia y de sílice-alúmina. Sílice, alúmina y óxidos mixtos de sílice y uno o más óxidos metálicos del Grupo 2 o 13 son materiales de soporte preferentes. Los ejemplos preferentes de dichos óxidos mixtos son las sílice-alúminas. Más preferente es un compuesto de sílice. En una realización preferente, el catalizador de metaloceno se proporciona sobre un soporte sólido, preferentemente un soporte de sílice. La sílice puede estar en forma granular, aglomerada, ahumada u otra forma.

En una realización, el soporte del catalizador de metaloceno es un soporte poroso, y preferentemente un soporte de sílice poroso que tiene un área superficial comprendida entre 200 y 900 m^2/g . En otra realización, el soporte del catalizador de polimerización es un soporte poroso, y preferentemente un soporte de sílice poroso que tiene un volumen de poro promedio comprendido entre 0,5 y 4 ml/g . En todavía otra realización, el soporte del catalizador de polimerización es un soporte poroso, preferentemente tal como se describe en el documento US 2013/0211018

A1, incorporada a la presente memoria, en su totalidad, por referencia. En algunas realizaciones, el soporte del catalizador de polimerización es un soporte poroso, y preferentemente un soporte de sílice poroso que tiene un diámetro de poro promedio comprendido entre 50 y 300 Å, y preferentemente entre 75 y 220 Å.

5 En algunas realizaciones, el soporte tiene un D50 de como máximo 150 µm, preferentemente como máximo 100 µm, preferentemente como máximo 75 µm, preferentemente como máximo 50 µm, preferentemente como máximo 25 µm, preferentemente como máximo 15 µm, preferentemente como máximo 10 µm, preferentemente como máximo 8 µm. El D50 se define como el tamaño de partícula para el cual el cincuenta por ciento en peso de las partículas tiene un tamaño inferior al D50.

10 La medición del tamaño de partícula puede realizarse según la Norma Internacional ISO 13320:2009 ("Particle size analysis -Laser diffraction methods").

15 Por ejemplo, el D50 puede medirse mediante tamizado, mediante medición de superficie BET o mediante análisis de difracción láser. Por ejemplo, pueden usarse ventajosamente los sistemas de difracción láser de Malvern Instruments. El tamaño de partícula puede medirse mediante análisis de difracción láser en un analizador de tipo Malvern. El tamaño de partícula puede medirse mediante análisis de difracción láser en un analizador de tipo Malvern después de poner el catalizador soportado en suspensión en ciclohexano. Los sistemas Malvern adecuados incluyen las series Malvern 2000, Malvern MasterSizer (tal como Mastersizer S), Malvern 2600 y Malvern 3600. Dichos instrumentos, junto con su manual de operación, cumplen o incluso superan los requisitos establecidos en la norma ISO 13320. El Malvern MasterSizer (tal como el Mastersizer S) puede ser también útil, ya que puede medir con mayor precisión el D50 hacia el extremo inferior del intervalo, por ejemplo, para tamaños de partícula promedio de menos 8 µm, aplicando la teoría de Mie, usando medios ópticos apropiados.

20 Preferentemente, el catalizador de metalloceno soportado está activado. El cocatalizador, que activa el componente catalizador de metalloceno, puede ser cualquier cocatalizador conocido para este propósito, tal como un cocatalizador que contiene aluminio, un cocatalizador que contiene boro o un catalizador fluorado. El cocatalizador que contiene aluminio puede comprender un alumoxano, un alquil aluminio, un ácido de Lewis y/o un soporte catalítico fluorado.

25 En una realización, se usa alumoxano como agente activador para el catalizador de metalloceno. El alumoxano puede usarse junto con un catalizador con el fin de mejorar la actividad del catalizador durante la reacción de polimerización.

30 Tal como se usa en la presente memoria, los términos "alumoxano" y "aluminoxano" se usan de manera intercambiable y se refieren a una sustancia que es capaz de activar el catalizador de metalloceno. En una realización, los alumoxanos comprenden alquil alumoxanos oligoméricos lineales y/o cíclicos. En una realización adicional, el alumoxano tiene la fórmula (IV) o (V)

$R^a-(Al(R^a)-O)_x-AIR^a_2$ (IV) para alumoxanos lineales oligoméricos; o

$(-Al(R^a)-O-)_y$ (V) para alumoxanos cíclicos oligoméricos

35 en las que x es 1-40, y preferentemente 10-20;

en las que y es 3-40, y preferentemente 3-20; y

en las que cada R^a se selecciona independientemente de entre un alquilo C_1-C_8 , y preferentemente es metilo. En una realización preferente, el alumoxano es metilalumoxano (MAO).

40 En una realización preferente, el catalizador de metalloceno es un catalizador de metalloceno-alumoxano soportado que comprende un metalloceno y un alumoxano que están unidos sobre un soporte de sílice poroso. Preferentemente, el catalizador de metalloceno es un catalizador de bis-indenilo puenteado y/o un catalizador de indenilo bis-tetrahidrogenado puenteado.

45 Uno o más aluminioalquilos representados por la fórmula AlR^b_x pueden usarse como cocatalizador adicional, en la que cada R^b es igual o diferente y se selecciona de entre halógenos o de entre grupos alcoxi o alquilo que tienen de 1 a 12 átomos de carbono y x es de 1 a 3. Los ejemplos no limitativos son tri-etil aluminio (TEAL), tri-iso-butil aluminio (TIBAL), tri-metil aluminio (TMA) y metil-metil etil aluminio (MMEAL). Especialmente adecuados son los trialquilaluminios, siendo los más preferentes triisobutilaluminio (TIBAL) y trietilaluminio (TEAL).

50 En algunas realizaciones preferentes, el catalizador de metalloceno usado para la preparación de polietileno B1 es el mismo que el catalizador de metalloceno usado para la preparación de polietileno B2. En algunas realizaciones preferentes, el catalizador de metalloceno usado para la preparación de polietileno A es el mismo que el catalizador

de metaloceno usado para la preparación de polietileno B. En algunas realizaciones preferentes, el metaloceno usado es el mismo para polietileno A, B1 y B2.

La composición de polietileno comprende de al menos el 45% a como máximo el 95% en peso del polietileno A catalizado con metaloceno, preferentemente dicho polietileno A catalizado con metaloceno tiene una distribución monomodal del peso molecular, en la que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno. Preferentemente, dicha composición comprende de al menos el 45% a como máximo el 90% en peso, preferentemente de al menos el 45% a como máximo el 85% en peso del polietileno A catalizado con metaloceno, por ejemplo, de al menos el 48% a como máximo el 83% en peso del polietileno A catalizado con metaloceno. En algunas realizaciones, la composición comprende de al menos el 50% a como máximo el 95% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 55% a como máximo el 95% en peso de polietileno A, preferentemente de al menos el 60% a como máximo el 90% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 65% a como máximo el 90% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 70% a como máximo el 85% en peso de polietileno A, por ejemplo, de al menos el 75% a como máximo el 85% en peso de polietileno A. Debido a que el componente A tiene un MI2 (preferentemente significativamente) mayor que B1, los presentes inventores han descubierto que estos porcentajes permiten un equilibrio óptimo de procesabilidad (evita la acumulación de matriz de presión, la fractura por fusión, etc.) y propiedades mecánicas, particularmente para las presentes aplicaciones.

El polietileno A catalizado con metaloceno tiene una densidad, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C, de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, preferentemente de al menos 0,920 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, preferentemente de al menos 0,925 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³; preferentemente de al menos 0,930 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³. En algunas realizaciones, el polietileno A tiene una densidad, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C, de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,939 g/cm³, preferentemente de al menos 0,920 g/cm³ a como máximo 0,938 g/cm³, preferentemente de al menos 0,924 g/cm³ a como máximo 0,937 g/cm³, preferentemente de al menos 0,928 g/cm³ a como máximo 0,936 g/cm³, preferentemente de al menos 0,932 g/cm³ a como máximo 0,935 g/cm³. Los presentes inventores han descubierto que las composiciones con estas densidades tienen mejor resistencia térmica y estabilidad, así como una mejor respuesta a la textura.

El polietileno A catalizado con metaloceno tiene un índice MI2 de fluidez, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg, de al menos 1,5 g/10 min a como máximo 4,0 g/10 min, preferentemente de al menos 2,0 g/10 min a como máximo 4,0 g/10 min, preferentemente de al menos 2,5 g/10 min a como máximo 4,0 g/10 min. En algunas realizaciones, el polietileno A tiene un índice MI2 de fluidez de al menos 2,0 g/10 min a como máximo 3,8 g/10 min, por ejemplo, de al menos 2,5 g/10 min a como máximo 3,6 g/10 min, por ejemplo, de al menos 2,8 g/10 min a como máximo 3,4 g/10 min. Los presentes inventores han descubierto que las composiciones con estos índices de fluidez muestran un equilibrio óptimo entre la procesabilidad y las propiedades mecánicas, particularmente para las presentes aplicaciones.

En algunas realizaciones preferentes, el polietileno A catalizado con metaloceno tiene una distribución M_w/M_n del peso molecular de al menos 2,0 a como máximo 6,0, por ejemplo, como máximo 5,0, por ejemplo, como máximo 4,0, por ejemplo, de al menos 2,5 a como máximo 3,0, medida usando cromatografía de permeación en gel, siendo M_w el peso molecular promedio en peso y siendo M_n el peso molecular promedio en número.

En algunas realizaciones preferentes, el polietileno A es un copolímero de etileno con un comonómero de alfa-olefina C₄-C₁₂. Preferentemente la alfa-olefina C₄-C₁₂ se selecciona de entre el grupo que comprende 1-buteno, 1-hexeno, 4-metil-1-penteno, 3-metil-1-buteno y 1-octeno, más preferentemente la alfa-olefina C₄-C₁₂ es 1-hexeno. En algunas realizaciones preferentes, el polietileno A tiene un contenido de comonómero de 1-hexeno de como máximo el 30% en peso, preferentemente como máximo el 20% en peso, preferentemente como máximo el 15% en peso, preferentemente como máximo el 10% en peso, preferentemente como máximo el 5% en peso, medido según RMN, en base al peso total de polietileno A.

El polietileno A puede prepararse en un único reactor de polimerización. La polimerización de etileno para polietileno A, puede llevarse a cabo en fase gaseosa, solución o suspensión. En algunas realizaciones preferentes, la polimerización de etileno para polietileno A se lleva a cabo en suspensión, preferentemente en un reactor de bucle de suspensión o un reactor agitado continuamente. Por ejemplo, el polietileno puede prepararse en un sistema de reactor de circuito de suspensión.

La composición de polietileno comprende del 5% al 55% en peso de un polietileno B catalizado con metaloceno, en el que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno, teniendo dicho polietileno B preferentemente una distribución multimodal del peso molecular, más preferentemente una distribución bimodal del peso molecular, y comprendiendo:

b1) de al menos el 45% a como máximo el 75% en peso de un polietileno B1 catalizado con metaloceno, en el que el % en peso se basa en el peso total del polietileno B; y

b2) de al menos el 25% a como máximo el 55% en peso de un polietileno B2 catalizado con metaloceno, en el que el % en peso se basa en el peso total del polietileno B.

5 En algunas realizaciones, la composición comprende de al menos el 5% a como máximo el 50% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 5% a como máximo el 45% en peso de polietileno B, preferentemente de al menos el 10% a como máximo el 40% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 10% a como máximo el 35% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 15% a como máximo el 30% en peso de polietileno B, por ejemplo, de al menos el 15% a como máximo el 25% en peso de polietileno B. Los presentes inventores han descubierto que estos porcentajes permiten un equilibrio óptimo de las propiedades mecánicas, particularmente para las presentes aplicaciones.

El polietileno B1 puede obtenerse a partir del polietileno B fraccionando el polietileno B en dos fracciones con TREF preparativo. En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B1 tiene una distribución monomodal del peso molecular.

15 El polietileno B1 tiene una densidad máxima de 0,918 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C, y un índice MI2 de fluidez menor que el índice MI2 de fluidez del polietileno A. En algunas realizaciones preferentes, B1 tiene una densidad de al menos 0,904 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,906 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,908 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,910 g/cm³, por ejemplo, al menos 0,912 g/cm³. Los presentes inventores han descubierto que las densidades más bajas pueden comprometer la resistencia térmica y la estabilidad del hilo preparado a partir de la composición. Además, cuando la densidad era demasiado baja, se encontró que la texturación de los hilos era particularmente difícil, o simplemente imposible. En algunas realizaciones preferentes, el índice MI2 de fluidez del polietileno B1 es como máximo 1,0 g/10 min, preferentemente como máximo 0,10 g/10 min, más preferentemente como máximo 0,05 g/10 min, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.

25 En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B1 es un copolímero de etileno con un comonómero de alfa-olefina C₄-C₁₂, preferentemente en el que la alfa-olefina C₄-C₁₂ se selecciona de entre el grupo que comprende 1-buteno, 1-hexeno, 4-metil-1-penteno, 3-metil-1-buteno y 1-octeno, más preferentemente en el que la alfa-olefina C₄-C₁₂ es 1-hexeno. En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B1 tiene un contenido de comonómero de como máximo el 30% en peso, preferentemente de como máximo el 20% en peso, más preferentemente de como máximo el 15% en peso, medido según RMN, en base al peso total de polietileno B1. En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B1 tiene un contenido de comonómero de 1-hexeno de como máximo el 30% en peso, preferentemente como máximo el 20% en peso, más preferentemente como máximo el 15% en peso, medido según RMN, en base al peso total de polietileno B1. En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B1 tiene una distribución monomodal del peso molecular.

35 En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B1 tiene una densidad de como máximo 0,918 g/cm³, por ejemplo, como máximo 0,917 g/cm³, por ejemplo, como máximo 0,916 g/cm³, por ejemplo, como máximo 0,915 g/cm³, por ejemplo, como máximo 0,914 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C. En algunas realizaciones preferentes, el M_w del polietileno B1 es de al menos 80 kDa a como máximo 180 kDa.

40 En algunas realizaciones preferentes, el CDC del polietileno B1 es al menos 150, preferentemente al menos 170, más preferentemente al menos 190, según un análisis mediante TREF (velocidad de enfriamiento de 1°C/hora). En algunas realizaciones preferentes, la fracción soluble de la fracción de polietileno B1 es como máximo el 1,00%, preferentemente como máximo el 0,75%, más preferentemente como máximo el 0,50%, según un análisis mediante TREF (velocidad de enfriamiento de 1°C/hora). El polietileno B2 puede obtenerse a partir del polietileno B fraccionando el polietileno B en dos fracciones con TREF preparativo. En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B2 tiene una distribución monomodal del peso molecular.

El polietileno B2 tiene una densidad mayor que la densidad del polietileno B1; y un índice MI2 de fluidez mayor que el índice MI2 de fluidez del polietileno B1. En algunas realizaciones, el polietileno B2 es un homopolímero de etileno.

50 En algunas realizaciones preferentes, la relación del M_w de B1/M_w de polietileno B2 es de al menos 2,5 a como máximo 6,0, medida usando cromatografía de permeación en gel, siendo M_w el peso molecular promedio en peso. Por ejemplo, la relación M_w de polietileno B1/M_w de polietileno B2 puede ser de al menos 2,6 a como máximo 6,0, por ejemplo, la relación M_w de polietileno B1/M_w de polietileno B2 puede ser de al menos 2,6 a como máximo 5,5, por ejemplo, al menos 2,7 a como máximo 5,3.

- 5 En algunas realizaciones preferentes, el CDC del polietileno B2 es al menos 150, preferentemente al menos 170, más preferentemente al menos 190, según un análisis mediante TREF (velocidad de enfriamiento de 1°C/hora). En algunas realizaciones preferentes, la fracción soluble de polietileno B2 es como máximo el 1,00%, preferentemente como máximo el 0,75%, más preferentemente como máximo el 0,50%, según un análisis mediante TREF (velocidad de enfriamiento de 1°C/hora).
- La composición de polietileno comprende del 5% al 55% en peso de un polietileno B catalizado con metaloceno, en el que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno, preferentemente en el que dicho polietileno B catalizado con metaloceno tiene una distribución bimodal del peso molecular.
- 10 En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B es un copolímero de etileno con un comonómero de alfa-olefina C₄-C₁₂, preferentemente en el que la alfa-olefina C₄-C₁₂ se selecciona de entre el grupo que comprende 1-buteno, 1-hexeno, 4-metil-1-penteno, 3-metil-1-buteno y 1-octeno, más preferentemente en el que la alfa-olefina C₄-C₁₂ es 1-hexeno. En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B tiene un contenido de comonómero de 1-hexeno de como máximo el 30% en peso, preferentemente de como máximo el 20% en peso, preferentemente de como máximo el 15% en peso, más preferentemente de como máximo el 10% en peso, medido según RMN, en base al peso total de polietileno B.
- 15 En algunas realizaciones preferentes, la composición de polietileno comprende de al menos el 5% a como máximo el 55% en peso de polietileno B, preferentemente de al menos el 8% a como máximo el 55% en peso, preferentemente de al menos el 10% a como máximo el 55% en peso, preferentemente de al menos el 12% a como máximo el 54% en peso, preferentemente de al menos el 15% a como máximo el 53% en peso, preferentemente de al menos el 18% a como máximo el 52% en peso, en el que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno.
- 20 En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B comprende de al menos el 45% a como máximo el 75% en peso de polietileno B1, preferentemente de al menos el 50% a como máximo el 70% en peso de polietileno B1, preferentemente de al menos el 55% a como máximo el 65% en peso de polietileno B1, preferentemente de al menos el 55% a como máximo el 62% en peso de polietileno B1, en el que el % en peso se basa en el peso total de polietileno B.
- 25 En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B comprende de al menos el 25% a como máximo el 55% en peso de polietileno B2, preferentemente de al menos el 30% a como máximo el 50% en peso de polietileno B2, preferentemente de al menos el 35% a como máximo el 45% en peso de polietileno B2, preferentemente de al menos el 39% a como máximo el 45% en peso de polietileno B2, en el que el % en peso se basa en el peso total de polietileno B.
- 30 En algunas realizaciones preferentes, el índice g_{reo} de ramificación de cadena larga determinado mediante reología del polietileno B es como máximo 0,9, por ejemplo, como máximo 0,85, por ejemplo, como máximo 0,80, por ejemplo, como máximo 0,75. Preferentemente, el polietileno B tiene un g_{reo} de al menos 0,35. El índice g_{reo} de ramificación de cadena larga determinado mediante reología puede medirse tal como se describe en la sección de ejemplos.
- 35 En algunas realizaciones preferentes, el CDC del polietileno B es al menos 50, preferentemente al menos 60, preferentemente al menos 70, preferentemente como máximo 150, preferentemente como máximo 130, según un análisis mediante TREF (velocidad de enfriamiento de 1°C/hora). En algunas realizaciones preferentes, la fracción soluble del polietileno B es como máximo el 1,00%, preferentemente como máximo el 0,75%, más preferentemente como máximo el 0,50%, según un análisis mediante TREF (velocidad de enfriamiento de 1°C/hora).
- 40 En algunas realizaciones preferentes, la temperatura T_v de reblandecimiento Vicat del polietileno B expresada en °C, medida según ISO 306:2013 Procedimiento A120, satisface la relación $T_v > 825 \times d - 654$, en la que d es la densidad expresada en g/cm³.
- 45 En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B tiene un índice MI2 de fluidez, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg, de al menos 0,10 g/10 min a como máximo 5,00 g/10 min, preferentemente de al menos 0,20 g/10 min a como máximo 4,00 g/10 min, más preferentemente de al menos 0,30 g/10 min a como máximo 3,00 g/10 min.
- 50 En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B tiene un índice de polidispersidad (PDI) de al menos 6,5, por ejemplo, de al menos 6,7, por ejemplo, de al menos 6,9, por ejemplo, de al menos 7,0.
- En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B catalizado con metaloceno tiene una distribución M_w/M_n del peso molecular de al menos 2,0 a como máximo 6,0, por ejemplo, como máximo 5,0, por ejemplo, como máximo

4,0, por ejemplo, de al menos 2,5 a como máximo 4,0, medida usando cromatografía de permeación en gel, siendo M_w el peso molecular promedio en peso y siendo M_n el peso molecular promedio en número.

5 En algunas realizaciones, el polietileno B puede prepararse mezclando químicamente las fracciones de polietileno B1 y B2. Por ejemplo, el polietileno B puede prepararse en al menos dos reactores de polimerización secuenciales, que operan bajo condiciones diferentes, en el que una primera fracción de polietileno se prepara en un primer reactor, y una segunda fracción de polietileno se prepara en un segundo reactor en presencia de la primera fracción de polietileno. Por ejemplo, la concentración de hidrógeno y/o el contenido de comonomero pueden controlarse en cada reactor por separado, para producir polietileno B.

10 La polimerización de etileno para polietileno B1, B2 y/o B puede llevarse a cabo en fase gaseosa, solución o suspensión. En algunas realizaciones preferentes, la polimerización de etileno para polietileno B1, B2 y/o B se lleva a cabo en suspensión, preferentemente en un reactor de bucle de suspensión o un reactor agitado continuamente. Por ejemplo, el polietileno puede prepararse en un sistema de reactor de bucle de suspensión.

En algunas realizaciones preferentes, el polietileno B catalizado con metaloceno se prepara en un proceso que comprende las etapas de:

15 (a) alimentar monómero de etileno, un diluyente, al menos un catalizador de metaloceno, opcionalmente hidrógeno, y opcionalmente uno o más comonomeros de olefina a al menos un primer reactor de bucle de suspensión; polimerizar el monómero de etileno, y opcionalmente los uno o más comonomeros de olefina, en presencia del catalizador de metaloceno, e hidrógeno opcional, en dicho primer reactor de bucle de suspensión para producir una primera fracción de polietileno;

20 (b) alimentar la primera fracción de polietileno a un segundo reactor de bucle de suspensión conectado en serie al primer reactor de bucle de suspensión, y en el segundo reactor de bucle de suspensión polimerizar etileno, y opcionalmente uno o más comonomeros de olefina, en presencia de la primera fracción de polietileno, y opcionalmente hidrógeno, produciendo de esta manera la resina de polietileno B.

25 En algunas realizaciones, la fracción de polietileno B1 se prepara en el primer reactor de al menos dos reactores de polimerización secuenciales. En algunas realizaciones, la fracción de polietileno B2 se prepara en el primer reactor de al menos dos reactores de polimerización secuenciales. En algunas realizaciones, la fracción de polietileno B1 se prepara en el segundo reactor de al menos dos reactores de polimerización secuenciales. En algunas realizaciones preferentes, la fracción de polietileno B2 se prepara en el segundo reactor de al menos dos reactores de polimerización secuenciales. En algunas realizaciones, la fracción de polietileno B1 se prepara en el primer reactor y la fracción de polietileno B2 se prepara en el segundo reactor de al menos dos reactores de polimerización secuenciales. En algunas realizaciones preferentes, la fracción de polietileno B2 se prepara en el primer reactor y la fracción de polietileno B1 se prepara en el segundo reactor de al menos dos reactores de polimerización secuenciales.

35 Los dos reactores pueden ser operados bajo el modo de división de comonomero/hidrógeno de configuración "inversa" (descrita también en la presente memoria como "inversa"), en la que una primera fracción B2 de polietileno de alta densidad, de bajo peso molecular (alto índice de fluidez), se prepara en el primer reactor y una segunda fracción B1 de polietileno de baja densidad, de peso molecular alto (índice de fluidez bajo), se prepara en el segundo reactor. En este caso, no es necesario desgasificar la primera fracción de polietileno antes de transferirla al segundo reactor. Preferentemente, la fracción B2 de polietileno está sustancialmente libre de comonomero, particularmente para densidades de la fracción B2 de al menos $0,960 \text{ g/cm}^3$.

40 Esto es opuesto a la configuración "directa", en la que la primera fracción B1 de polietileno de baja densidad, de alto peso molecular, se prepara en el primer reactor y la segunda fracción B2 de polietileno de alta densidad, de bajo peso molecular, se prepara en el segundo reactor, en cuyo caso la primera fracción B1 de polietileno se desgasifica preferentemente con el fin de eliminar sustancialmente todo el comonomero no polimerizado y, de esta manera, para que dicha segunda fracción B2 esté sustancialmente libre de comonomero, particularmente para densidades de la fracción B2 de al menos $0,960 \text{ g/cm}^3$.

50 Tal como se usan en la presente memoria, los términos "reactor de bucle" y "reactor de bucle de suspensión" pueden usarse de manera intercambiable en la presente memoria. En ciertas realizaciones, cada reactor de bucle puede comprender tuberías interconectadas, que definen una trayectoria del reactor. En ciertas realizaciones, cada reactor de bucle puede comprender al menos dos tuberías verticales, al menos un segmento superior de tubería de reactor, al menos un segmento inferior de tubería de reactor, unidos extremo a extremo por uniones para formar un bucle completo, una o más líneas de alimentación, una o más salidas, una o más camisas de enfriamiento por cada tubería y una bomba, definiendo de esta manera una trayectoria de flujo continuo para una suspensión de polímero. Las secciones verticales de los segmentos de tubería están provistas preferentemente de camisas de

enfriamiento. El calor de polimerización puede extraerse por medio de agua de refrigeración que circula en estas camisas del reactor. El reactor de bucle opera preferentemente en un modo líquido completo.

En ciertas realizaciones, el proceso puede estar precedido por una etapa de prepolimerización. En ciertas realizaciones, la prepolimerización puede realizarse en un reactor de bucle de suspensión de prepolimerización (o adicional o tercero) conectado en serie con el primer reactor de bucle. En ciertas realizaciones, la etapa de prepolimerización puede comprender prepolimerizar etileno en presencia del catalizador de metaloceno en dicho reactor de bucle de prepolimerización conectado en serie con el primer reactor de bucle.

Cuando el polietileno B1 se prepara en el segundo reactor de al menos dos reactores conectados en serie, la densidad del polietileno B1 está vinculada a la de la densidad del polietileno B2 según se mide en la pelusa mediante la siguiente expresión:

$$d=0,9995*W_{B2}*d_{B2}+1,0046(1-W_{B1})*d_{B1}$$

en la que d es la densidad de la pelusa de polietileno final, W_{B2} es la fracción en peso de polietileno B2, d_{B2} es la densidad del polietileno B2 medida en la pelusa, d_{B1} es la densidad del polietileno B1, y en la que la suma de ambos polietilenos B2 y B1 en peso ($W_{B2}+ W_{B1}$) es 1.

En algunas realizaciones, cuando el polietileno B1 se prepara en el segundo reactor de al menos dos reactores conectados en serie, el MI2 del polietileno B1 se calcula en base a los índices de fluidez medidos y a los contenidos de polietileno B2 y resina B final.

El MI2 del polietileno B1 se calcula usando la siguiente expresión, preferentemente cuando se prepara en presencia de un catalizador de metaloceno THI:

MI2 de la mezcla (resina final):

$$MI2 = 0,894 * W_{B1} * Ln(MI2_{B1}) - 5,61 * (W_{B1})^2 + 0,9304 * Ln(MI2_{B2}) - 0,0877 * (W_{B2} * Ln(MI2_{B1}))^2$$

en la que MI2 es el MI2 del polietileno B, W_{B2} es la fracción en peso de polietileno B2, $MI2_{B2}$ es el MI2 del polietileno B2 medido en la pelusa que sale del primer reactor, $MI2_{B1}$ es el MI2 calculado del polietileno B1, y en la que la suma de ambos polietilenos B2 y B1 en peso ($W_{B2}+ W_{B1}$) es 1.

La polimerización puede realizarse en un amplio intervalo de temperaturas. En ciertas realizaciones, la polimerización puede realizarse a una temperatura de 20°C a 125°C, preferentemente de 60°C a 110°C, más preferentemente de 75°C a 105°C y más preferentemente de 80°C a 100°C. En ciertas realizaciones, la etapa de polimerización puede realizarse a una presión de aproximadamente 20 bar a aproximadamente 100 bar, preferentemente de aproximadamente 30 bar a aproximadamente 50 bar, y más preferentemente de aproximadamente 37 bar a aproximadamente 45 bar.

Los procesos en fase gaseosa para la polimerización de olefinas son bien conocidos en la técnica. Las condiciones operativas típicas para la fase gaseosa son de 20°C a 100°C y más preferentemente de 40°C a 85°C con presiones de hasta 100 bar. Los procesos en fase gaseosa preferentes son aquellos que operan en un lecho fluidizado.

Preferentemente, el catalizador se añade al reactor de suspensión como suspensión de catalizador. Tal como se usa en la presente memoria, la expresión "suspensión de catalizador" se refiere a una composición que comprende partículas sólidas de catalizador y un diluyente. Las partículas sólidas pueden suspenderse en el diluyente, bien de manera espontánea o bien mediante técnicas de homogeneización, tal como mezclado. Las partículas sólidas pueden distribuirse de manera no homogénea en un diluyente y pueden formar sedimento o depósito.

Tal como se usa en la presente memoria, el término "diluyente" se refiere a cualquier diluyente orgánico, que no disuelve la poliolefina sintetizada. Tal como se usa en la presente memoria, el término "diluyente" se refiere a diluyentes en un estado líquido, líquidos a temperatura ambiente y preferentemente líquidos bajo las condiciones de presión en el reactor de bucle. Los diluyentes adecuados comprenden, pero no se limitan a, diluyentes de hidrocarburos tales como disolventes de hidrocarburos alifáticos, cicloalifáticos y aromáticos, o versiones halogenadas de dichos disolventes. Los disolventes preferentes son hidrocarburos saturados C12 o inferiores, de cadena lineal o cadena ramificada, hidrocarburos alicíclicos o aromáticos saturados de C5 a C9 o hidrocarburos halogenados de C2 a C6. Los ejemplos ilustrativos no limitativos de disolventes son butano, isobutano, pentano,

hexano, heptano, ciclopentano, ciclohexano, cicloheptano, metilciclopentano, metilciclohexano, isooctano, benceno, tolueno, xileno, cloroformo, clorobencenos, tetracloroetileno, dicloroetano y tricloroetano, preferentemente isobutano.

5 En algunas realizaciones, la composición de polietileno comprende una composición C basada en polietileno. Preferentemente, la composición C basada en polietileno es una mezcla madre basada en polietileno. En algunas realizaciones preferentes, la composición de polietileno comprende de al menos el 0,01% a como máximo el 10% en peso de una composición C basada en polietileno, en la que la composición C basada en polietileno comprende uno o más aditivos seleccionados de entre el grupo que comprende: antioxidantes, estabilizadores UV, pigmentos, coadyuvantes de procesamiento, captadores de ácido, lubricantes, agentes antiestáticos, rellenos, agentes de nucleación o agentes clarificantes, en base al peso total de la composición de polietileno.

10 En algunas realizaciones, la composición de polietileno comprende uno o más aditivos. Preferentemente, la composición C basada en polietileno comprende uno o más aditivos. Los aditivos son, por ejemplo, antioxidantes, estabilizadores UV, pigmentos, coadyuvantes de procesamiento, captadores de ácido, lubricantes, agentes antiestáticos, rellenos, agentes de nucleación o agentes clarificantes. Se proporciona una descripción general de los aditivos útiles en *Plastics Additives Handbook*, ed. H. Zweifel, 5ª edición, Hanser Publishers. Estos aditivos pueden estar presentes en cantidades generalmente entre el 0,01 y el 10% en peso en base al peso de la composición de polietileno.

15 Preferentemente, la composición de polietileno comprende un coadyuvante de procesamiento, por ejemplo, un fluoroelastómero. En algunas realizaciones preferentes, la composición de polietileno comprende de al menos el 0,2% a como máximo el 2,0% en peso de un coadyuvante de procesamiento, por ejemplo, un fluoroelastómero, preferentemente de al menos el 0,5% a como máximo el 1,5% en peso, en base al peso de la composición de polietileno. Las propiedades de la composición de polietileno final pueden obtenerse a partir de la resina final (que incluye la composición C basada en polietileno opcional y aditivos opcionales), o a partir de la resina antes de la adición de cualquier mezcla madre (tal como la composición C basada en polietileno) y/o cualquier aditivo. En este último caso, debido a que la composición C basada en polietileno y/o los aditivos no se tienen en cuenta, las propiedades de la composición de polietileno se definen como las propiedades de la mezcla de polietileno A, B1 y B2; o como las propiedades de la mezcla de polietileno A y B.

20 En algunas realizaciones preferentes, el índice MI2 de fluidez de la composición de polietileno, medido según ISO 1133 Procedimiento B a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg, es de al menos 1,0 g/10 min a como máximo 4,5 g/10 minutos. En algunas realizaciones preferentes, el índice MI2 de fluidez de la mezcla de polietilenos A y B es de al menos 1,0 g/10 min a como máximo 4,5 g/10 min. En algunas realizaciones preferentes, la densidad de la composición de polietileno es de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C. En algunas realizaciones preferentes, la densidad de la mezcla de polietilenos A y B es de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C.

25 La presente invención abarca también un proceso de preparación de una composición de polietileno según el primer aspecto de la invención. Las realizaciones preferentes para la composición de polietileno de la invención son también realizaciones preferentes para los procesos de preparación de la composición de polietileno de la invención.

40 En algunas realizaciones, el proceso comprende las etapas de:

- i) proporcionar un polietileno A catalizado con metaloceno;
- ii) proporcionar un polietileno B catalizado con metaloceno;
- iii) mezclar los polietilenos A y B en una composición de polietileno tal como se describe en la presente memoria.

45 En algunas realizaciones preferentes, dicho mezclado se realiza mediante mezclado físico del polietileno, por ejemplo, mediante mezclado en estado de fusión del polietileno.

El polietileno A puede prepararse en un único reactor de polimerización. El polietileno B1 puede prepararse en un único reactor de polimerización. El polietileno B2 puede prepararse por separado en un único reactor de polimerización y, a continuación, los tres polietilenos pueden mezclarse.

50 La composición de polietileno puede obtenerse mezclando química o físicamente al menos dos polietilenos A y B, o mezclando química o físicamente al menos tres polietilenos A, B1 y B2. La composición de polietileno puede

obtenerse mediante una combinación de mezclado químico o físico de al menos tres polietilenos A, B1 y B2. El polietileno B puede obtenerse mezclando química o físicamente al menos dos fracciones de polietileno B1 y B2.

5 En algunas realizaciones, el mezclado de polietilenos A y B puede realizarse mediante mezclado físico, preferentemente mediante mezclado en estado de fusión. En algunas realizaciones preferentes, los dos polietilenos A y B se mezclan en forma de pelusa, en forma de polvo o en forma de gránulos, preferentemente en forma de gránulos.

10 Tal como se usa en la presente memoria, la expresión "mezclado en estado de fusión" implica el uso de fuerza de cizallamiento, fuerza extensional, fuerza de compresión, energía ultrasónica, energía electromagnética, energía térmica o combinaciones que comprenden al menos una de las fuerzas o formas de energía anteriores y se lleva a cabo en un procesamiento equipo en el que las fuerzas indicadas anteriormente son ejercidas por un único husillo, husillos múltiples, husillos corrotativos o contrarrotativos engranados, husillos co-rotativos o contrarrotativos no engranados, husillos reciprocantes, husillos con pasadores, barriles con pasadores, rodillos, arietes, rotores helicoidales, o combinaciones que comprenden al menos uno de los anteriores. El mezclado en estado de fusión puede llevarse a cabo en máquinas tales como extrusoras de husillo simple o múltiple, amasadora Buss, 15 mezcladoras Eirich, Henschel, helicones, mezcladora Ross, Banbury, laminadoras, máquinas de moldeo tales como máquinas de moldeo por inyección, máquinas de conformación por vacío, máquinas de moldeo por soplado, o similares, o combinaciones que comprenden al menos una de las máquinas anteriores. En una realización preferente, el mezclado en estado de fusión se lleva a cabo en una extrusora de doble husillo, tal como una extrusora Brabender de doble husillo, corrotativos.

20 La invención abarca también un artículo que comprende la composición de polietileno descrita anteriormente. Las realizaciones preferentes para la composición de polietileno de la invención son también realizaciones preferentes para el artículo de la invención. La invención abarca también un proceso de preparación de un artículo según la invención. Las realizaciones preferentes, tal como se ha descrito anteriormente, son también realizaciones preferentes para el presente proceso. Preferentemente, el artículo es una fibra. El término fibra se refiere a todo 25 tipo de fibras, y específicamente películas cortadas, cintas y filamentos de cualquier forma y tamaño. Las dimensiones del mismo dependen del área de aplicación final, tal como es bien conocido en la técnica. Los filamentos son preferentemente monofilamentos.

30 La invención comprende también el uso de la composición de polietileno para la preparación de una fibra. Preferentemente, la fibra se selecciona de entre el grupo que comprende monofilamento, película cortada o cinta. Las películas cortadas, los monofilamentos y/o las cintas pueden ser particularmente adecuados para su inserción en hierba artificial o conocida también como césped artificial, incluyendo las superficies deportivas sintéticas. La película cortada, el monofilamento, la cinta o elemento similar de la presente invención pueden estar típicamente en forma estirada.

35 Según un tercer aspecto, la presente invención proporciona una fibra que comprende la composición de polietileno según el primer aspecto de la invención. Las realizaciones preferentes para la composición de polietileno de la invención son también realizaciones preferentes para los procesos para fibras que comprenden la composición de polietileno de la invención. Preferentemente, la fibra se selecciona de entre el grupo que comprende monofilamento, película cortada o cinta.

40 En algunas realizaciones preferentes, la fibra tiene una relación de estiramiento de al menos 1:3 a como máximo 1:8, preferentemente de al menos 1:3 a como máximo 1:6, más preferentemente de al menos 1:4 a como máximo 1:5.

45 Según un cuarto aspecto, la presente invención proporciona un proceso de preparación de una fibra en el que la fibra es según el tercer aspecto de la invención. Las realizaciones preferentes para la fibra de la invención son también realizaciones preferentes para los procesos de preparación de la fibra de la invención. La composición de polietileno, tal como se ha definido anteriormente, típicamente en forma de gránulos, puede convertirse en fibras de la invención. Las fibras se seleccionan preferentemente de entre el grupo que comprende: monofilamentos, películas cortadas o cintas.

50 Las fibras pueden prepararse preferentemente mediante un proceso de extrusión de película, tal como un proceso de película fundida o de película soplada, mediante corte de película para producir, por ejemplo, cintas, o mediante un proceso de extrusión directa para producir filamentos, preferentemente monofilamentos. Cuando las fibras de la invención comprenden una mezcla de la composición de polietileno junto con otros componentes poliméricos, los diferentes componentes poliméricos típicamente se mezclan íntimamente antes de la extrusión.

Según una alternativa usada comúnmente, dicha composición de polietileno puede ser extruida en fibras, cintas o filamentos, preferentemente monofilamentos, usando procesos de extrusión de filamentos conocidos. Un proceso

útil para producir las fibras de la invención se describe en "Fiber Technology" Hans A. Krassig, Jurgen Lenz, Herman F. Mark; ISBN: 0-8247-7097-8.

5 En una segunda alternativa también usada comúnmente, dicha composición de polietileno puede ser extruida en una película que es cortada posteriormente en fibras. Ambos procedimientos de preparación son convencionales y son conocidos en general en la producción de fibras.

10 En cuanto al proceso de preparación de fibras en el que primero se forma una película y a continuación se corta en fibras o cintas, puede usarse el siguiente procedimiento de preparación. La película puede prepararse mediante cualquier proceso de formación de película convencional que incluya procedimientos de extrusión, tal como extrusión de película fundida o de película soplada, procesos de laminación o cualquier combinación de los mismos. La película puede ser una película monocapa o multicapa, por ejemplo, una película multicapa coextruida. En el caso de una película multicapa, preferentemente, las capas de película pueden comprender la misma composición polimérica o una composición polimérica diferente, de manera que al menos una capa comprenda la composición de polietileno de la invención. Preferentemente, todas las capas de una película multicapa comprenden, más preferentemente consisten en, una composición de polietileno de la invención. En algunas realizaciones, todas las capas de una película multicapa comprenden, más preferentemente consisten en, la misma composición de polietileno de la invención.

20 En algunas realizaciones, la película se forma mediante extrusión de película soplada y, en el caso de una estructura de película multicapa, mediante procesos de coextrusión de película soplada. Típicamente, la composición de polietileno puede (co)extruida mediante soplado a una temperatura en el intervalo de 160°C a 240°C, y enfriado soplando gas (generalmente aire) a una temperatura de 10°C a 50°C para proporcionar una altura de línea de congelación de 1 o 2 a 8 veces el diámetro de la matriz. La relación de soplado es preferentemente como máximo 6, por ejemplo, como máximo 4, más preferentemente de al menos 1,0 a como máximo 1,5, e incluso más preferentemente de al menos 1,0 a como máximo 1,2. Por ejemplo, la película puede ser (co)extruida para formar una burbuja que, a continuación, se colapsa y se enfría, si es necesario, y la película tubular obtenida se corta en fibras. De manera alternativa, la burbuja (co)extruida puede colapsarse y dividirse en dos laminados de película. A continuación, la película formada se corta en fibras. De manera alternativa, las fibras se pueden cortar a partir de una película fundida preparada mediante procedimientos bien conocidos en el campo.

30 En algunas realizaciones, las fibras están en forma estirada, es decir orientadas. Preferentemente, las fibras se estiran uniaxialmente, más preferentemente en la dirección (MD) de la máquina. Por consiguiente, en la primera alternativa de formación de filamento directo, dichas fibras pueden estirarse a una relación de estiramiento deseada después de la extrusión en filamentos. En la segunda alternativa de preparación de fibras, en la que primero se forma una película y se corta en fibras, dicha película puede estirarse antes de cortarla en fibras estiradas, por ejemplo, cintas, o la película se corta primero, por ejemplo, en cintas y a continuación las cintas formadas se estiran para formar las fibras finales. Preferentemente, la película se corta primero, por ejemplo, en cintas que, a continuación, se estiran a una relación de estiramiento deseada para formar las fibras finales. En cuanto a la preparación de fibras formando primero una película y cortándola en fibras y cintas, puede hacerse referencia al conocido proceso de Lenzing (para estirar una película antes de cortarla en cintas) y al proceso Iso (para cortar una película en cintas y estirando las cintas formadas).

40 Como una realización preferente, se proporcionan fibras estiradas de esta manera que están preferentemente en forma estirada, es decir, orientadas, preferentemente en una forma orientada uniaxialmente.

45 Típicamente, puede aplicarse calor durante el estiramiento, por ejemplo, durante el estiramiento en línea. La relación de estiramiento puede determinarse, por ejemplo, mediante la relación de velocidad de los rodillos guía de hilatura antes y después de los medios de calentamiento de una manera conocida en la técnica. Tal como se conoce también, las relaciones de ajuste de estiramiento y calor pueden ser optimizadas y adaptadas dependiendo de las demandas de la aplicación final. Como medios de calentamiento, por ejemplo, puede usarse un horno o un baño de agua caliente a temperaturas típicamente entre 90°C y 130°C o 90-99°C, respectivamente. Por consiguiente, el proceso de preparación de fibras comprende preferentemente una etapa de estirar filamentos extruidos, de estirar fibras/cintas cortadas a partir de una película, o de estirar una película antes de cortarla en fibras/cintas, de manera que el estiramiento se efectúe preferentemente en la dirección (MD) de la máquina en una relación de estiramiento de al menos 1:3. De esta manera, un proceso de preparación de fibras preferente comprende una etapa de extrusión de la composición de polietileno en una fibra que opcionalmente se estira, preferentemente en la MD, al menos 3 veces su longitud original, o una película que se estira opcionalmente, preferentemente en la MD, al menos 3 veces su longitud original y posteriormente se corta en fibras, o cuya película se corta primero en fibras que se estiran opcionalmente, preferentemente en la MD, al menos 3 veces su longitud original.

Más preferentemente, las fibras extruidas, las fibras/cintas cortadas a partir de una película o una película antes del corte en fibras/cintas es estirada o son estiradas de 3 a 10 veces su longitud original en la MD. Las expresiones "estiramiento 3 a veces su longitud original" y "alargamiento a 3 veces su longitud original" significan lo mismo y pueden expresarse también como una "relación de estiramiento de al menos 1:3" y, respectivamente, una "relación de alargamiento de al menos 1:3", en el que "1" representa la longitud original de la película y "3" indica que se ha estirado/alargado hasta 3 veces esa longitud original.

En una realización preferente, la fibra de la invención no tiene un núcleo hueco, es decir, es sólido a través de su sección transversal. Por lo tanto, es preferente que la fibra de la invención no sea hueca.

Por ejemplo, cuando la fibra se prepara en forma de cinta, entonces dicha cinta puede tener típicamente una anchura de al menos 0,5 mm, preferentemente de al menos 1 mm. El límite superior de la anchura de una cinta no es crítico y puede ser, por ejemplo, hasta 15 mm, preferentemente hasta 10 mm. El espesor de una cinta puede ser, por ejemplo, al menos 25 μm , preferentemente al menos 50 μm . Una vez más, el límite superior del espesor de una cinta no está limitado y puede ser, por ejemplo, hasta 500 μm , preferentemente hasta 300 μm , en algunas aplicaciones finales preferentemente hasta 100 μm . En el caso de fibras y filamentos, sus dimensiones corresponden típicamente al intervalo de tamaños, es decir dimensiones, proporcionado anteriormente para una forma de cinta. Los intervalos de anchura y otras dimensiones proporcionados anteriormente se aplican tanto a las fibras en forma estirada como a las fibras en forma no estirada. Preferentemente, las fibras están en forma estirada y pueden tener la anchura y otras dimensiones tal como se han definido anteriormente.

En algunas realizaciones, el dtex de la fibra en forma de monofilamento es de al menos 400 dtex a como máximo 4.000 dtex, preferentemente de al menos 500 dtex a como máximo 3.500 dtex, preferentemente de al menos 1.000 dtex a como máximo 3.000 dtex, preferentemente de al menos 1.500 dtex a como máximo 2.500 dtex. En algunas otras realizaciones, el dtex de la fibra en forma de cinta es de al menos 4.000 dtex a como máximo 15.000 dtex, preferentemente de al menos 5.000 dtex a como máximo 12.000 dtex, preferentemente de al menos 7.000 dtex a como máximo 10.000 dtex. El dtex es una medida de peso por longitud de filamento ($\text{g}/10.000$), y puede medirse mediante herramientas de pesaje y de medición estándar conocidas en la técnica.

La invención abarca también el uso de la fibra según el tercer aspecto de la invención, preferentemente en el que la fibra se selecciona de entre el grupo que comprende: monofilamento, película cortada o cinta, para preparar un hilo frontal de césped artificial, al que se hace referencia también en la presente memoria como "hilo de césped". La invención comprende también el uso de la fibra según el tercer aspecto de la invención, preferentemente en el que la fibra se selecciona de entre el grupo que comprende: monofilamento, película cortada o cinta, para preparar césped artificial.

En algunas realizaciones, la fibra puede usarse como hilo de césped. El hilo de césped puede realizarse usando cualquier proceso apropiado para la producción de hilo de césped artificial a partir de composiciones poliméricas. A continuación, se describe uno de dichos procesos. Los hilos de césped pueden realizarse mediante extrusión. Las extrusoras de hilo de césped típicas están equipadas con un único husillo de propósito general de PE/PP y una bomba de fusión ("bomba de engranajes" o "bomba de fusión") para controlar de manera precisa la consistencia del flujo volumétrico de polímero a la matriz. Los troqueles de hilo para césped tienen múltiples orificios individuales para los filamentos individuales distribuidos sobre una placa giratoria circular o rectangular. La forma de los orificios corresponde al perfil de sección transversal del hilo deseado, que incluye, por ejemplo, una forma rectangular, de hueso de perro y en forma de v. Una placa giratoria estándar tiene de 50 a 160 orificios de matriz de dimensiones específicas. Típicamente, las líneas tienen velocidades de salida de 150 kg/h a 350 kg/h.

Los hilos de césped se extruyen típicamente en un baño de agua con una distancia típica de matriz-baño de agua de 16 mm a 50 mm. Las barras de guía revestidas en el agua redirigen los filamentos de hilo hacia el primer conjunto de rodillos de salida. La velocidad lineal de este conjunto de rodillos típicamente varía de 15 m/min a 70 m/min. El conjunto de rodillos de salida puede calentarse y usarse para precalentar el hilo después del baño de agua antes de entrar al horno. Puede pasarse un hilo sobre este primer conjunto de rodillos y, a continuación, pasarlo a través de un horno de aire caliente o de baño de agua. El primer horno puede ser un horno de aire caliente con flujo de aire caliente en el mismo sentido o en sentido contrario que puede operarse de 50°C a 150°C o un horno de agua caliente en el que el hilo está orientado a temperaturas de 50°C a 98°C. En la salida del horno, el hilo puede pasarse a un segundo conjunto de rodillos que pueden girar a una velocidad diferente (mayor o menor) que el primer conjunto de rodillos. La relación de velocidad lineal de los rodillos después del horno a los rodillos delante del horno se denomina relación de estiramiento o de relajación. En un proceso de tres hornos, hay al menos cuatro conjuntos de rodillos; un primer conjunto de rodillos antes del primer horno, un segundo conjunto de rodillos entre el primer y el segundo horno, un tercer conjunto de rodillos entre el segundo y el tercer horno, y un cuarto conjunto de rodillos después del tercer horno. La presente invención abarca también un césped artificial que comprende la composición de polietileno según el primer aspecto de la invención, por ejemplo, un césped artificial que comprende fibras según el tercer aspecto de la invención. Las realizaciones preferentes para la composición

de polietileno o para las fibras de la invención son también realizaciones preferentes para el césped artificial que comprende la composición de polietileno de la invención o las fibras de la invención. Preferentemente, en el que las fibras se seleccionan de entre el grupo que comprende: monofilamento, película cortada o cinta

5 Los siguientes ejemplos sirven simplemente para ilustrar la invención y no deberían interpretarse, en modo alguno, como limitativos de su alcance. Aunque la invención se ha demostrado solo en algunas de sus formas, debería ser evidente para las personas expertas en la materia que no está limitada en ese sentido, sino que es susceptible de diversos cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención.

Ejemplos

Procedimientos de ensayo:

10 La densidad se midió según ISO 1183-2:2004 Parte 2: Procedimiento de columna de gradiente de densidad a una temperatura de 23°C.

El índice MI2 de fluidez del polietileno se midió según ISO 1133 Procedimiento B, condición D a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.

15 El índice MI5 de fluidez del polietileno se midió según ISO 1133 Procedimiento B, condición T a una temperatura de 190°C y una carga de 5 kg.

La temperatura de fusión del polietileno se midió según ISO 11357.

La temperatura T_v de reblandecimiento Vicat se midió según ISO 306:2013 procedimiento A120.

20 Los pesos moleculares (M_n (peso molecular promedio en número), M_w (peso molecular promedio en peso) y las distribuciones de peso molecular $d(M_w/M_n)$ y $d'(M_z/M_w)$ se determinaron por cromatografía de exclusión por tamaño (SEC) y, en particular, por cromatografía de permeación en gel (GPC). Brevemente, se usó un GPC-IR5 de Polymer Char: una muestra de polietileno de 10 mg se disolvió a 160°C en 10 ml de triclorobenceno durante 1 hora. Volumen de inyección: aproximadamente 400 μ l, preparación de muestra automática y temperatura de inyección: 160°C. Temperatura de columna: 145°C. Temperatura del detector: 160°C. Se usaron dos columnas Shodex AT-806MS (Showa Denko) y una Styragel HT6E (Waters) con un caudal de 1 ml/min. Detector: detector infrarrojo (2.800-3.000 cm^{-1}) Calibración: patrones estrechos de poliestireno (PS) (disponible en el mercado). El cálculo del peso M_i molecular de cada fracción i de polietileno eluido se basa en la relación Mark-Houwink ($\log_{10}(M_{PE}) = 0,965909 \times \log_{10}(M_{PS}) - 0,28264$) (corte en el extremo de peso molecular bajo en $M_{PS} = 1.000$).

25 Los pesos moleculares promedio usados en el establecimiento de las relaciones peso molecular/propiedad son el promedio (M_n) en número, el peso (M_w) promedio y el peso (M_z) molecular promedio en z. Estos promedios se definen mediante las siguientes expresiones y se determinan a partir de la M_i calculada:

35

$$M_n = \frac{\sum_i N_i M_i}{\sum_i N_i} = \frac{\sum_i W_i}{\sum_i W_i / M_i} = \frac{\sum_i h_i}{\sum_i h_i / M_i}$$

$$M_w = \frac{\sum_i N_i M_i^2}{\sum_i N_i M_i} = \frac{\sum_i W_i M_i}{\sum_i W_i} = \frac{\sum_i h_i M_i}{\sum_i h_i}$$

$$M_z = \frac{\sum_i N_i M_i^3}{\sum_i N_i M_i^2} = \frac{\sum_i W_i M_i^2}{\sum_i W_i M_i} = \frac{\sum_i h_i M_i^2}{\sum_i h_i M_i}$$

40 Aquí N_i y W_i son el número y el peso, respectivamente, de moléculas que tienen peso molecular M_i . La tercera representación en cada caso (más a la derecha) define cómo se obtienen estos promedios a partir de los cromatogramas SEC. Aquí h_i es la altura (desde la línea de base) de la curva SEC en la i^{a} fracción de elución y M_i es el peso molecular de las especies que se eluyen en este incremento.

El índice g_{reo} de ramificación de cadena larga determinado mediante reología se midió según la fórmula, tal como se describe en el documento WO 2008/113680:

$$g_{\text{reo}}(PE) = \frac{M_w(\text{SEC})}{M_w(\eta_0, \text{MWD}, \text{SCB})}$$

en la que M_w (SEC) es el peso molecular promedio en peso obtenido mediante cromatografía de exclusión por tamaño, expresado en kDa;

y en la que M_w (η_0 , MWD, SCB) se determina según lo siguiente, expresado también en kDa:

$$M_w(\eta_0, MWD, SCB) = \exp(1,7789 + 0,199769 \ln M_n + 0,209026 (\ln \eta_0) + 0,955 (\ln \rho) - 0,007561 (\ln M_z) (\ln \eta_0) + 0,02355 (\ln M_z)^2)$$

Los pesos moleculares promedio en número y en z, M_n y M_z expresados en kDa, se obtienen mediante cromatografía de exclusión por tamaño; La densidad ρ se mide en g/cm^3 y se mide según ISO 1183 a una temperatura de 23°C;

en la que la viscosidad η_0 a cizallamiento cero en Pa.s se obtiene a partir de un experimento de barrido de frecuencia combinado con un experimento de fluencia, con el fin de extender el intervalo de frecuencias a valores tan bajos como a $10^{-4} s^{-1}$ o inferiores, y aplicando el supuesto habitual de equivalencia de frecuencia angular (rad/s) y tasa de cizallamiento; en la que la viscosidad η_0 a cizallamiento cero se estima mediante un ajuste de la curva de flujo de Carreau-Yasuda (η -W) a una temperatura de 190°C, obtenida mediante reología de cizallamiento oscilatorio en un equipo ARES-G2 (fabricado por TA Instruments) en el dominio de la viscoelasticidad lineal; en la que la frecuencia circular (W en rad/s) varía de 0,05-0,1 rad/s a 250-500 rad/s, típicamente de 0,1 rad/s a 250 rad/s, y la tensión de cizallamiento es típicamente del 10%. En la práctica, el experimento de fluencia se lleva a cabo a una temperatura de 190°C bajo una atmósfera de nitrógeno con un nivel de tensión tal que después de 1.200 s la deformación total es inferior al 20%; en la que el aparato usado es un AR-G2 fabricado por TA instruments.

La viscosidad intrínseca inferida mediante reología puede expresarse, de esta manera, usando la ecuación de Carreau-Yasuda: $\eta = \eta_0 / (1 + (W \cdot \tau)^b)^{(1-n)/b}$ en la que los parámetros τ , b y n son parámetros de ajuste denominados respectivamente 'tiempo de relajación', 'parámetro de amplitud' y 'parámetro de ley de potencia', que se obtienen usando regresión no lineal con software estándar tal como SigmaPlot® versión 10 o la función Excel® Solver. A partir de esto η_0 en Pa.s puede obtenerse y usarse en la ecuación para el M_w (η_0 , MWD, SCB) proporcionado anteriormente.

El índice (PDI) de polidispersidad puede determinarse a una temperatura de 190°C usando el modelo de reómetro de placas paralelas ARES-G2 comercializado por TA instrument (EE. UU.), que opera a una frecuencia de oscilación que aumenta desde 0,1 rad/seg a aproximadamente 300 rad/segundo. A partir del módulo de cruce puede derivarse el PI mediante la ecuación: $PI = 10^6 / G_c$ en la que G_c es el módulo de cruce se define como el valor (expresado en Pa) en el que $G' = G''$ en el que G es el módulo de almacenamiento y " es el módulo de pérdida.

El CDBI (Índice de amplitud de la distribución de la composición) es una medida de la amplitud de la distribución de la composición del copolímero, con relación al nivel de comonomero incorporado en el polímero, reduciendo este último la cristalinidad de los dominios compuestos por dichas cadenas poliméricas por medio de ramificación de cadena lateral corta en comparación con el homopolímero cristalino. Esto se describe, por ejemplo, en el documento WO 93/03093. El CDBI se define como el porcentaje en peso o fracción de masa de las moléculas de copolímero que tienen un contenido de comonomero de $\pm 25\%$ del contenido total de comonomero molar medio, es decir, la proporción de moléculas de comonomero cuyo contenido de comonomero está dentro del 50% del contenido de comonomero medio. El CDBI se determinó a partir de la distribución de composición acumulativa obtenida mediante análisis TREF (fracción de elución con aumento de temperatura).

El análisis TREF se realizó en un instrumento de la serie TREF modelo 200 equipado con detector de infrarrojos de Polymer Char. Las muestras se disolvieron en 1,2-diclorobenceno a 150°C durante 1 h. Se usaron los siguientes parámetros, tal como se muestran en la Tabla A, a menos que se indique lo contrario.

Tabla A

INFORMACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	
Tasa de disolución (°C/min)	40
Tasa de estabilización (°C/min)	40

45

ES 2 744 081 T3

(Cont.)

Tasa de cristalización 1 (°C/min)	0,5
Tasa de elución (°C/min)	1
Tasa de limpieza (°C/min)	30
Temperatura de disolución (°C)	150
Temperatura de estabilización (°C)	95
Temperatura de cristalización (°C)	35
Temperatura inicial de elución (°C)	35
Temperatura de elución (°C)	140
Temperatura después de la elución (°C)	150
Temperatura de limpieza (°C)	150
Tiempo de disolución (min)	60
Tiempo de estabilización (min)	45
Tiempo de cristalización (min)	10
Tiempo de preinyección (min)	10
Tiempo de fracción soluble (min)	10
Tiempo de elución posterior (min)	10
rpm altas	200
rpm bajas	100
T marcha (s)	5
T apagado (s)	120
Agitación con disolución	Alto
Agitación con estabilización	Alto
Volumen de recipientes de llenado (ml)	20
Velocidad de recogida de los vasos de llenado (ml/min)	40
Velocidad de bombeo de los vasos de llenado (ml/min)	15
Análisis de volumen de muestra descartada (ml)	2
Análisis de volumen de residuos descartados (ml)	6

(Cont.)

Volumen de muestra de análisis (ml)	0,3
Volumen de carga de columna (ml)	1,9
Volumen de residuos de análisis (ml)	5
Volumen devuelto de análisis (ml)	1
Tasa de recogida de análisis (ml/min)	8
Tasa de dispensación de análisis (ml/min)	3
Volumen de limpieza (ml)	30
Velocidad de recogida de limpieza (ml/min)	40
Velocidad de la bomba de limpieza (ml/min)	15
Temperatura máxima del horno (°C)	140
Flujo de bomba (ml/min)	0,5

5 La calibración para el contenido de comonomero se estableció usando varias resinas mPE monomodales (índice de amplitud de distribución de composición, CDBI > 94% mediante TREF clásico) de densidad 0,923-0,955 g/cm³ sintetizado con el mismo comonomero y sistema catalítico que la resina de polietileno usada en la presente memoria.

10 La CDC (constante de distribución de composición) se define como el CDBI, obtenido mediante TREF según el procedimiento descrito anteriormente, dividido por el factor de forma de la distribución de la composición (CDSF) multiplicado por 100, análogamente a lo que se describe en el documento WO2014/012250;

$$CDC = \frac{CDBI}{CDSF} \times 100$$

en la que,

$$15 \quad CDSF = \frac{\text{Mitad de la Anchura}}{\text{Desv. est}}$$

20 El CDSF se determinó a partir del perfil de la distribución de la composición obtenido mediante TREF. La mitad de la anchura se definió como la diferencia de temperatura entre la temperatura frontal y la temperatura posterior a la mitad de la altura máxima del pico, la temperatura frontal en la mitad del pico máximo se buscó hacia adelante desde 35°C, mientras que la temperatura posterior a la mitad del pico máximo se buscó hacia atrás desde 119°C, en el caso de una distribución bimodal bien definida donde la diferencia en las temperaturas de pico es igual o mayor que 1,1 veces la suma de la mitad de la anchura de cada pico, la mitad de mitad de la anchura de la composición de copolímero se calculó como la media aritmética de la mitad de la anchura de cada pico.

25 La desviación estándar (Desv. est.) del perfil de distribución de la composición se obtuvo según la siguiente ecuación, en la que T_w es la temperatura pico promedio ponderada y $w_T(T)$ es la fracción en peso a cada temperatura (T):

$$\text{Desv. est} = \sqrt{\int_{35}^{119} (T - T_W)^2 \times w_T(T)}$$

Materiales:

Se usaron los siguientes polímeros en los ejemplos:

- 5 El etileno con 1-hexeno como comonómero se polimerizó usando dicloruro de etileno-bis(tetrahidroindenil)circonio como catalizador de metaloceno en un proceso de polimerización en suspensión en un reactor de bucle completo líquido para proporcionar un polietileno M3427 adecuado como polietileno A, que tiene las propiedades enumeradas en la Tabla 1. El polietileno M3427 está disponible comercialmente en Total Refining & Chemicals como Lumicene® mPE M 3427.
- 10 El etileno con 1-hexeno como comonómero se polimerizó usando dicloruro de etileno-bis(tetrahidroindenil)circonio como catalizador de metaloceno en un proceso de polimerización en suspensión en un reactor de doble bucle completo líquido para proporcionar un polietileno 22ST05 adecuado como polietileno B, que tiene las propiedades enumeradas en las Tablas 1 y 2. La fracción de polietileno preparada en el Reactor 1 es adecuada como polietileno B2, que tiene las propiedades enumeradas en la Tabla 2. La fracción de polietileno preparada en el Reactor 2 es adecuada como polietileno B1, que tiene las propiedades enumeradas en la Tabla 2. El polietileno 22ST05 está disponible comercialmente en Total Refining & Chemicals como Lumicene® Supertough 22ST05.
- 15 El etileno con 1-hexeno como comonómero se polimerizó usando dicloruro de etileno-bis(tetrahidroindenil)circonio como catalizador de metaloceno en un proceso de polimerización en suspensión en un reactor de doble bucle lleno líquido para proporcionar un polietileno 32ST05 adecuado como polietileno B, que tiene las propiedades enumeradas en las Tablas 1 y 3. La fracción de polietileno preparada en el Reactor 1 es adecuada como polietileno B2, que tiene las propiedades enumeradas en la Tabla 2. La fracción de polietileno preparada en el Reactor 2 es adecuada como polietileno B1, que tiene las propiedades enumeradas en la Tabla 3. El polietileno 32ST05 está disponible comercialmente en Total Refining & Chemicals como Lumicene® Supertough 32ST05.
- 20
- 25

Las Tablas 1-3 muestran las propiedades de los polietilenos M3427, 22ST05 y 32ST05.

Tabla 1

	Unidad	M3427	22ST05	32ST05
Densidad (23°C)	g/cm ³	0,934	0,921	0,931
MI2 (190°C, 2,16 kg)	g/10 min	3,1	0,5	0,5
Contenido de hexeno	% en peso	3,0	7,0	4,3
Temperatura de fusión	°C	123	113	123
M _w /M _n	-	2,6	3,7	3,8
CDBI	%	78	88	45
g _{reo}	-	0,81	0,64	0,73
Temperatura de ablandamiento Vicat (A120)	°C	121	108	115

Tabla 2

MPE BIMODAL			22ST05
Reactor 1	MI2	(g/10 min)	22,3
	Densidad	(g/cm ³)	0,93
	Contribución	(% en peso)	41,2
	M _n	kDa	16,8
	M _w	kDa	41,2
Gránulos de producto final	MI2	(g/10 min)	0,55
	Densidad	(g/cm ³)	0,9208
	M _n	kDa	28,4
	M _w	kDa	109,6
	MI2	g/10 min	0,06
	Densidad	(g/cm ³)	0,914
	Mn	kDa	62,6
	Mw	kDa	162,7

Tabla 3

MPE BIMODAL			32ST05
Reactor 1	MI2	(g/10 min)	22,6
	Densidad	(g/cm ³)	0,957
	Contribución	(% en peso)	43,1
	M _n	kDa	16,5
	M _w	kDa	40,4
Gránulos de producto final	MI2	(g/10 min)	0,55
	Densidad	(g/cm ³)	0,9303
	M _n	kDa	24,7
	M _w	kDa	94,1

(Cont.)

Cálculo de reactor 2	MI2	g/10 min	0,05
	Densidad	(g/cm ³)	0,910
	M _n	kDa	51,2
	M _w	kDa	133,0

5 PPA fue una ayuda para el procesamiento de fluoroelastómero de Argus Additive con referencia ARX 741 PA 01 LD. El lote maestro se basó en un portador de LDPE, que comprendía pigmentos y estabilizadores UV. Está disponible comercialmente en BASF con el nombre comercial Sicolen® Green 94-010365.

Resultados:

Análisis TREF

10 Lumicene® Supertough 32ST05, Lumicene® Supertough 22ST05 y Lumicene® M3427 se fraccionaron según sus composiciones químicas mediante un proceso de fraccionamiento de elución por aumento de temperatura (TREF). Los resultados se muestran en las Figuras 1, 2 y 3. La Figura 1 muestra el perfil de distribución TREF de Lumicene® Supertough 32ST05, mientras que la Figura 2 muestra el perfil de distribución TREF de Lumicene® Supertough 22ST05, y la Figura 3 muestra el perfil de distribución TREF de Lumicene® M3427. Mientras que los perfiles de TREF en las Figuras 1A, 1B y 2 se obtuvieron a una tasa de elución de 1°C/min, el perfil de TREF en la Figura 3 se obtuvo a una tasa de elución de 6°C/min.

15 Para cada uno de los polímeros ensayados, la temperatura de cada uno de los picos observados en las curvas de distribución TREF, el porcentaje del área debajo de dichos picos y su media anchura, así como el área de la fracción soluble y la desviación estándar a partir de la temperatura (T_w) pico promedio ponderada se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

	Pico 1			Pico 2			Fracción soluble	Desviación estándar
	Temp (°C)	Área (%)	Media anchura (°C)	Temp (°C)	Área (%)	Media anchura (°C)	Área (%)	Temp (°C)
Lumicene® Supertough 32ST05	81,9	54,8	5,3	96,3	43,7	4,2	0,4	11,0
Lumicene® Supertough 22ST05	83,4	98,8	6,4	-	-	-	0,5	7,8
Lumicene® M3427	97,8	>99	3,2	-	-	-	nd	8,4
nd = no determinado								

20 Para el cálculo del CDBI, la curva de distribución de solubilidad (por ejemplo, la Figura 1A) que representa la fracción en peso del polímero que se solubilizó como una función de la temperatura se convirtió a una curva de fracción en peso frente a distribución de composición (por ejemplo, la Figura 1B), donde el CDBI se determinó estableciendo el porcentaje en peso de una muestra que tiene un contenido de comonomero dentro del 50% del contenido medio de comonomero en cada lado de la mediana.

25 Para cada uno de los polímeros ensayados, el contenido medio de copolímero (C_{med}) y el ± 50% C_{med}, así como los valores correspondientes en la curva acumulativa y el CDBI se muestran en la Tabla 5. El contenido medio de

- 5 copolímero, Cmed, corresponde al contenido (en % mol) en el punto donde la integral acumulativa es igual al 50% (o 0,5 cuando se normaliza a 1). La diferencia entre los valores de la integral acumulativa en las composiciones de 0,5 Cmed y 1,5 Cmed es el CDBI del copolímero. Para calcular el CDC, el CDBI se dividió por la proporción de la media anchura de la temperatura o las temperaturas máximas del perfil de distribución de la composición dividido por la desviación estándar del perfil de distribución de la composición desde la temperatura pico promedio ponderada, y multiplicado por 100.

Tabla 5

	Cmed (contenido medio de copolímero)	0,5 x Cmed = A	1,5 x Cmed = B	A informado sobre la curva acumulativa	B informado sobre la curva acumulativa	CDBI	CDC
	% mol	% mol	% mol	%	%	%	
Lumicene® Supertough 32ST05	2,45	1,23	3,67	58,3	13,5	44,8	103,3
Lumicene® Supertough 22ST05	2,74	1,37	4,11	100	11,6	88,4	107,6
Lumicene® M3427	0,83	0,42	1,25	94,6	16,4	78,2	204,5

- 10 Se prepararon mezclas de Lumicene® Supertough 22ST05 con Lumicene® M3427 mediante mezclado en estado de fusión a 230°C usando una extrusora de doble husillo co-rotativa Clextral BC 45 (50 mm; L/D 32). Las características de estas mezclas se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6

	Unidad	Mezcla 1	Mezcla 2
22ST05	% en peso	20	50
M3427	% en peso	80	50
Densidad	g/cm ³	0,9316	0,9269
MI2	g/10 min	2,23	1,20
MI5	g/10 min	6,94	3,96
M _n	kDa	26,5	27,1
M _w	kDa	70,5	80,3
M _z	kDa	143,6	184,2
D	-	2,7	3
D'	-	2	2,3

(Cont.)

PI	-	N/A	6,3
g_{reo}	-	0,84	0,78
T_m	°C	120,9	119,1
Entalpía de fusión	J/g	154,5	140,5
T_{comienzo}	°C	116,9	115,7

Ejemplo comparativo 1

- 5 Los monofilamentos adecuados como hilos de césped artificial de Lumicene® M3427 se prepararon en una línea de hilatura compacta de monofilamento por Oerlikon Barmag con las siguientes configuraciones de línea: Temperatura de fusión: 230°C - Tipo de hilo: C - Velocidad de línea: 120 m/min - Baño de enfriamiento por agua a 35°C: configuración de tres hornos para estiramiento, relajación y fijación térmica con los ajustes mostrados en la Tabla 7.
- 10 Se añadió una mezcla madre de color y anti-UV (6% en peso) y se añadió un adyuvante de procesamiento de polímeros (1% en peso), ambos antes de la extrusión, cuya combinación es adecuada como composición C basada en polietileno, presente al 7% en peso.

Ejemplo comparativo 2

- 15 Los monofilamentos de Lumicene® Supertough 32ST05 se prepararon en las mismas condiciones descritas en el Ejemplo Comparativo 1. Debido a la fractura por fusión, los monofilamentos no eran adecuados como hilo de césped artificial.

- 20 Las composiciones, las propiedades del hilo y el rendimiento de procesamiento de los Ejemplos Comparativos 1 y 2 se enumeran en la Tabla 7, en la que el % en peso es el % en peso de cada fracción de polietileno en base al peso total de la composición de polietileno. La fractura por fusión se evaluó visualmente por la aparición de piel de tiburón sobre el hilo extruido. Para el ensayo de Lisport (número de ciclos antes del deterioro visual por fibrilación del hilo) según la norma EN 15306, los hilos se insertaron en una moqueta de césped artificial, llena de arena y relleno de goma. Los ensayos de Lisport y la interpretación de los resultados fueron realizados por Labosport UK para el Ejemplo Comparativo 1, y por Universiteit Gent (ERCAT) para el Ejemplo Comparativo 3 y los Ejemplos 1 y 2. Las propiedades de resistencia de los monofilamentos individuales se han investigado usando un ensayo de flexión cíclico similar al procedimiento descrito en: Schoukens, G. Developments in textile sports surfaces. In Advances in carpet manufacture; Goswami, K. K., Eds.; Woodhead Publishing Limited, 2009; pp 102-137. Consiste en doblar un monofilamento individual a un ángulo de 90° a una velocidad de 30°/s, mantenerlo durante 1 segundo a 90°, seguido de un retorno a 0° a 30°/s, y mantenerlo a 0° durante 1 segundo antes de comenzar el siguiente ciclo. Un experimento consiste en 20 ciclos y para cada fibra el ensayo se repite 5 veces, cada vez con una muestra nueva. La fuerza se midió durante el experimento de flexión y se obtuvo un bucle de histéresis, tal como se muestra en la Figura 4. La resiliencia se determinó mediante el ángulo de recuperación en el 20° ciclo cuando la fuerza se convierte en cero. Un ángulo de recuperación más bajo indicaba una mejor resistencia del monofilamento. La tenacidad y el alargamiento en la rotura de los filamentos se determinaron mediante un ensayo de tracción según EN 13864. La contracción del hilo se midió mediante exposición de la muestra durante 2 minutos en un horno de aire caliente a 90°C según EN13844.
- 35

Tabla 7

	Ejemplo Comparativo 1	Ejemplo Comparativo 2
M3427 % en peso	93	0
32ST05 % en peso	0	93
Mezcla 1 % en peso	0	0
Mezcla 2 % en peso	0	0
Lote maestro % en peso + PPA	7	7
Velocidad de línea (m/min)	120	120
Temperatura de horno estiramiento (°C)	100	100
Relación de estiramiento	4,31	4,35
Temperatura de horno relajación (°C)	115	115
Relación de relajación	0,82	0,81
Temperatura de horno fijación térmica (°C)	115	115
Relación de fijación	1,03	1,03
Ratio de estiramiento total	3,63	3,63
Diámetro de hilo (dtex)	2.072	nm*
Tenacidad (cN/dtex)	1,23	nm*
Alargamiento a la rotura (%)	129,6	nm*
Contracción del hilo (%)	2,2	nm*
Fractura por fusión	No	Sí
Presión de la cabeza del troquel (bar)	97	145
Ensayo de Lisport (ciclos)	60.000	nm*
nm = no medido. *no es posible la medición debido a la fractura por fusión		

Ejemplo comparativo 3

5 Los monofilamentos de Lumicene® M3427 se preparan en una línea de extrusión de monofilamento de laboratorio con las siguientes configuraciones de línea: Temperatura de fusión: 230°C - Tipo de hilo: diamante - Velocidad de línea: 21,5 m/min - Baño de enfriamiento de agua a 25°C - configuración de un horno solo para estiramiento, con los ajustes proporcionados en la Tabla 8. Se añadió un lote maestro de color y anti-UV (6% en peso) y se añadió un adyuvante de procesamiento de polímeros (1% en peso), ambos antes de la extrusión, cuya combinación es adecuada como composición C basada en polietileno, presente al 7% en peso.

Ejemplo 1

Los monofilamentos de la mezcla 1 se prepararon bajo las mismas condiciones descritas en el ejemplo comparativo 3.

Ejemplo 2

5 Los monofilamentos de la mezcla 2 se prepararon bajo las mismas condiciones descritas en el ejemplo comparativo 3.

10 Las composiciones, las propiedades del hilo y el rendimiento del procesamiento de los Ejemplos 1 y 2 y el Ejemplo Comparativo 3 se enumeran en la Tabla 8. Las propiedades del hilo y el rendimiento del procesamiento se miden tal como se ha descrito anteriormente para los Ejemplos Comparativos 1 y 2. El rendimiento Lisport del hilo preparado en el Ejemplo Comparativo 3 fue notablemente más bajo en comparación con el Ejemplo Comparativo 1, aunque ambos hilos están basados en la misma formulación. La ausencia de relajación del hilo y de fijación térmica fue responsable de esta diferencia y este factor debería tenerse en cuenta en la comparación con los Ejemplos 1 y 2.

15 A partir de los datos de la Tabla 8, puede concluirse que las composiciones de polietileno de la invención exhiben propiedades de durabilidad y resistencia notablemente mejoradas, mientras siguen pudiendo ser procesadas en equipos de extrusión de monofilamento de césped artificial.

Tabla 8

	Ejemplo Comparativo 3	Ejemplo 1	Ejemplo 2
M3427 % en peso	93	0	0
Mezcla 1 % en peso	0	93	0
Mezcla 2 % en peso	0	0	93
Lote maestro % en peso + PPA	7	7	7
Velocidad de línea (m/min)	21,5	21,5	21,5
Temperatura de horno estiramiento (°C)	95	95	95
Relación de estiramiento	4,3	4,3	4,3
Relación de estiramiento total	4,3	4,3	4,3
Diámetro de hilo (dtex)	2.270	2.460	2.422
Tenacidad (cN/dtex)	1,33	1,42	1,44
Alargamiento a la rotura (%)	144	129	96
Contracción del hilo (%)	12,3	11,7	14,8
Fractura por fusión	No	No	No
Presión de la cabeza del troquel (bar)	54	62	76
Ensayo de Lisport (ciclos)	35.000	80.000	85.000
Ángulo de recuperación de resiliencia (°)	69,8	67,6	67,6

REIVINDICACIONES

1. Una composición de polietileno que comprende:

a) al menos el 45% a como máximo el 95% en peso de un polietileno A catalizado con metaloceno, en la que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno; en la que el polietileno A tiene una densidad de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y un índice MI2 de fluidez de al menos 1,5 g/10 min a como máximo 4,0 g/10 min, medido según ISO 1133, Procedimiento B, a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg;

b) de al menos el 5% a como máximo el 55% en peso de un polietileno B catalizado con metaloceno, en la que el % en peso se basa en el peso total de la composición de polietileno; en la que dicho polietileno B catalizado con metaloceno comprende

b1) al menos el 45% a como máximo el 75% en peso de un polietileno B1 catalizado con metaloceno, en la que el % en peso se basa en el peso total del polietileno B catalizado con metaloceno;

en la que el polietileno B1 tiene una densidad de como máximo 0,918 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y un índice MI2 de fluidez menor que el índice MI2 de fluidez del polietileno A, medido según ISO 1133, Procedimiento B, a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg; y

b2) de al menos el 25% a como máximo el 55% en peso de un polietileno B2 catalizado con metaloceno, en la que el % en peso se basa en el peso total del polietileno B catalizado con metaloceno;

en la que el polietileno B2 tiene una densidad más alta que la densidad del polietileno B1, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C; y en el que el índice MI2 de fluidez del polietileno B2 es mayor que el índice MI2 de fluidez del polietileno B1, medido según ISO 1133, Procedimiento B, a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.

2. La composición de polietileno según la reivindicación 1, en la que el polietileno B tiene una distribución multimodal del peso molecular y una densidad de al menos 0,910 g/cm³ a como máximo 0,945 g/cm³; un índice MI2 de fluidez de al menos 0,2 g/10 min a como máximo 1,5 g/10 min; y una distribución M_w/M_n del peso molecular de al menos 2,8 a como máximo 6,0, medida usando cromatografía de permeación en gel, siendo M_w el peso molecular promedio en peso y siendo M_n el peso molecular promedio en número.

3. La composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en la que el polietileno A tiene una distribución monomodal del peso molecular.

4. La composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el polietileno A tiene un índice g_{reo} de ramificación de cadena larga reológica de como máximo 0,9.

5. La composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el polietileno A tiene una constante de distribución de composición (CDC) de al menos 150, y la fracción soluble es como máximo el 1,00%, según un análisis mediante TREF con una velocidad de enfriamiento de 1°C/hora.

6. La composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que la temperatura T_v de reblandecimiento Vicat del polietileno A expresada en °C, medida según ISO 306:2013, procedimiento A120, satisface la relación $T_v > 825 \times d - 654$, en la que d es la densidad expresada en g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C.

7. La composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el polietileno B1 tiene un índice MI2 de fluidez de como máximo 1,0 g/10 min, preferentemente como máximo 0,10 g/10 min.

8. La composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la relación del M_w del polietileno B1/M_w del polietileno B2 es de al menos 2,5 a como máximo 6,0, medida usando cromatografía de permeación en gel, siendo M_w el peso molecular promedio en peso.

9. La composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el polietileno B tiene un índice g_{reo} de ramificación de cadena larga reológica de como máximo 0,9.

10. La composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que la temperatura T_v de reblandecimiento Vicat del polietileno B expresada en °C, medida según ISO 306:2013, Procedimiento A120, satisface la relación $T_v > 825 \times d - 654$, en la que d es la densidad expresada en g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C.

- 5 11. La composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que la composición de polietileno comprende al menos el 0,01% a como máximo el 10% en peso de una C basada en polietileno, en la que la composición C basada en polietileno comprende uno o más aditivos seleccionados de entre el grupo que comprende antioxidantes, estabilizadores UV, pigmentos, coadyuvantes de procesamiento, captadores de ácidos, lubricantes, agentes antiestáticos, cargas, agentes de nucleación o agentes clarificantes, en base al peso total de la composición de polietileno.
12. La composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que la composición de polietileno tiene un índice MI2 de fluidez de al menos 0,5 g/10 min a como máximo 4,5 g/10 min, medido según ISO 1133, Procedimiento B, a una temperatura de 190°C y una carga de 2,16 kg.
- 10 13. La composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en la que la composición de polietileno tiene una densidad de al menos 0,916 g/cm³ a como máximo 0,940 g/cm³, medida según ISO 1183-2:2004 a una temperatura de 23°C.
14. Una fibra que comprende la composición de polietileno según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en la que la fibra se selecciona de entre el grupo que comprende monofilamento, película cortada o cinta.
- 15 15. Un césped artificial que comprende una o más fibras según la reivindicación 14.

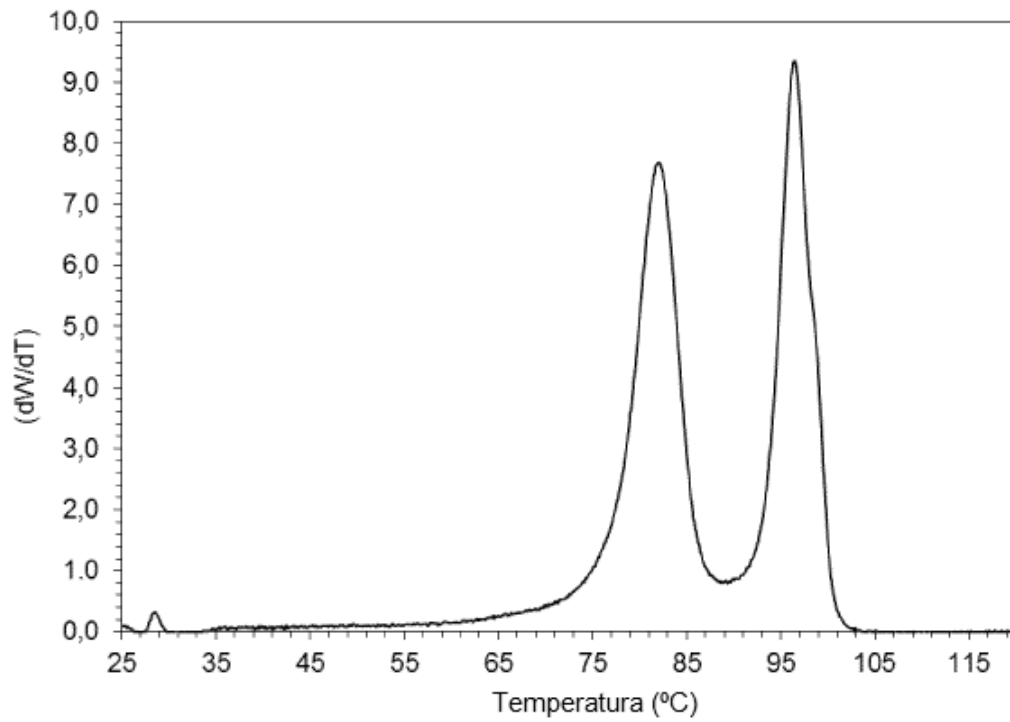


FIG. 1A

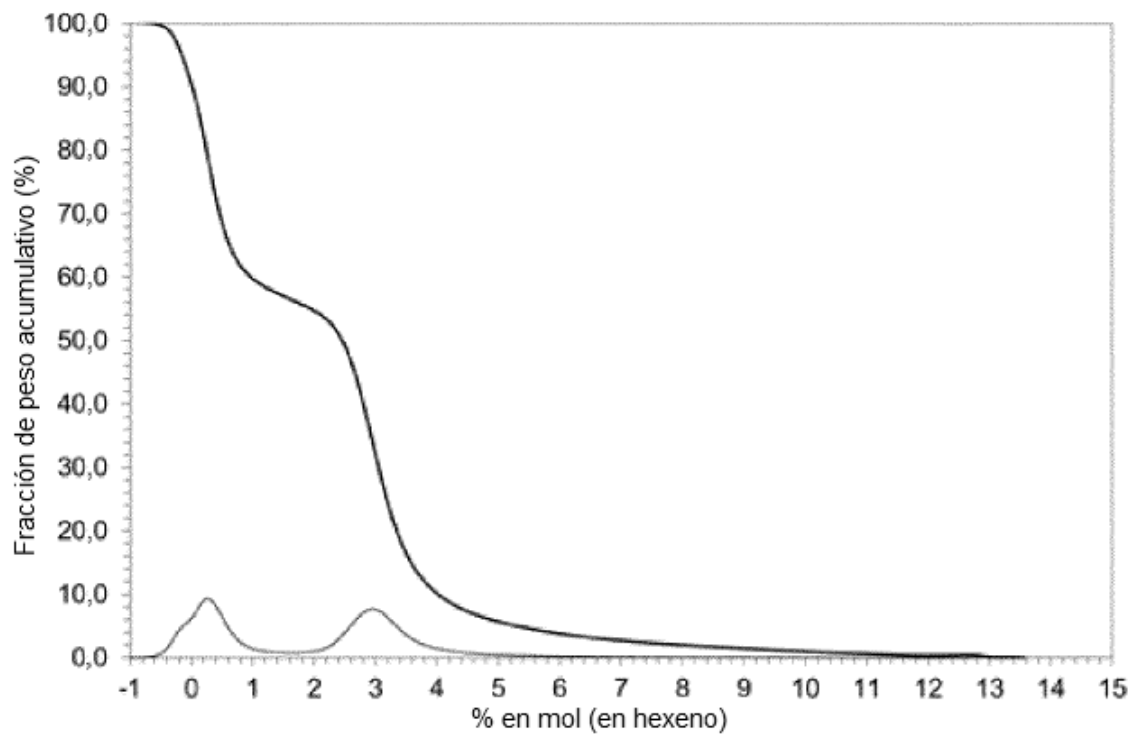


FIG. 1B

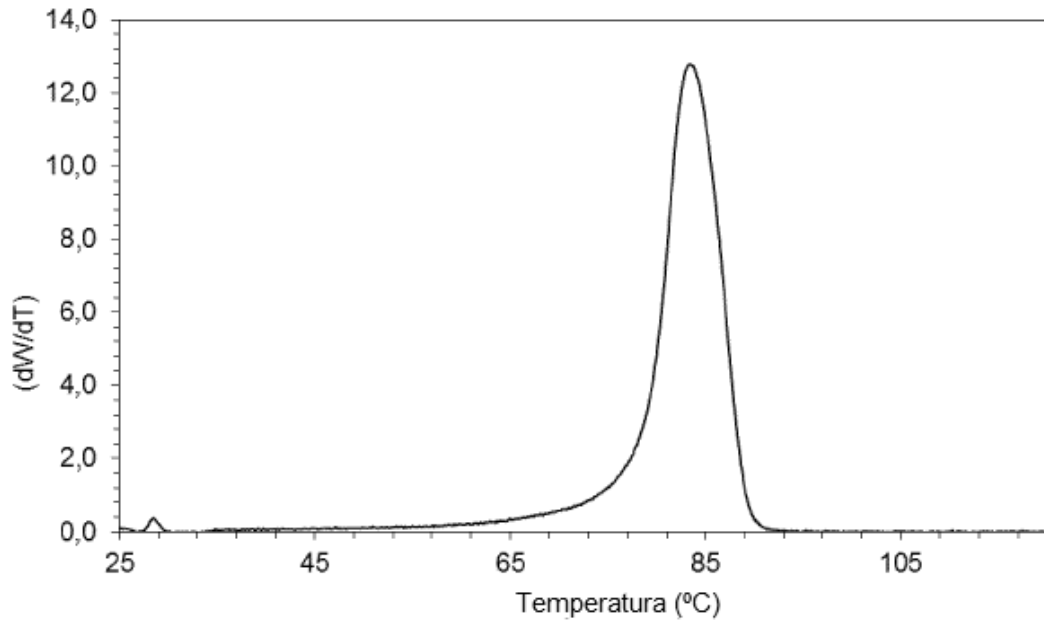


FIG. 2

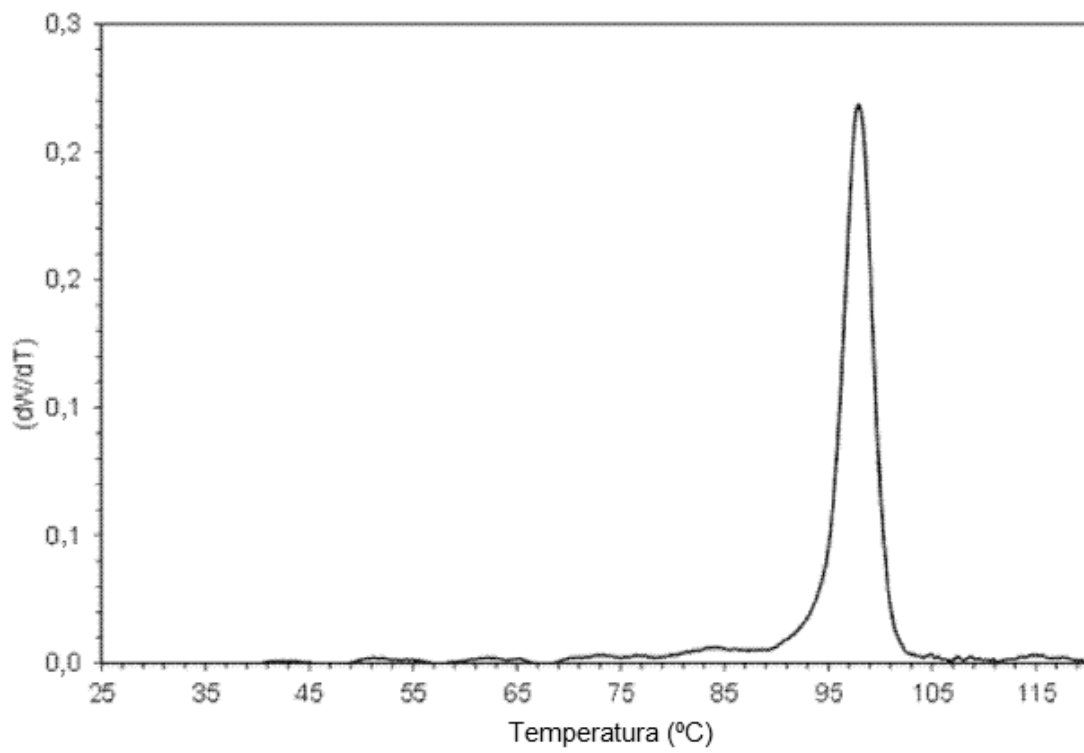


FIG. 3

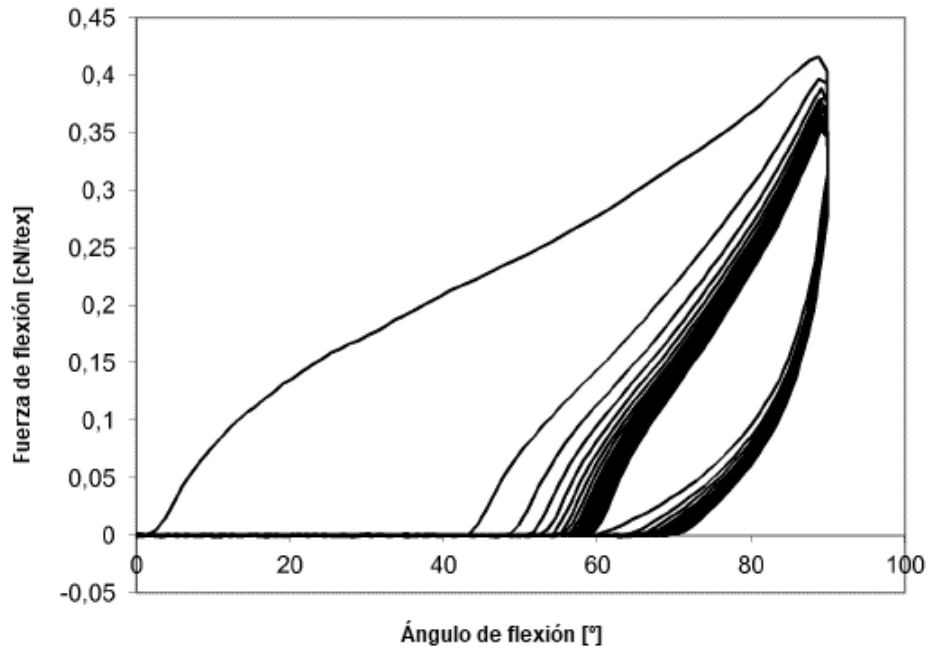


FIG. 4