

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 895**

51 Int. Cl.:

**C08F 10/06** (2006.01)

**C08L 23/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2009 E 09774120 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.02.2016 EP 2297212**

54 Título: **Mezclas de polipropileno y poli(ácido láctico) compatibilizadas y procedimientos de fabricación y uso de las mismas**

30 Prioridad:

**30.06.2008 US 165051**

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

**02.06.2016**

73 Titular/es:

**FINA TECHNOLOGY, INC. (100.0%)  
P.O. Box 674412  
Houston, TX 77267-4412, US**

72 Inventor/es:

**LI, FENGKUI;  
COFFY, TIM y  
DAUMERIE, MICHEL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 572 895 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

Mezclas de polipropileno y poli(ácido láctico) compatibilizadas y procedimientos de fabricación y uso de las mismas

### Antecedentes

#### 5 Campo técnico

La presente descripción se refiere a mezclas poliméricas. De modo más específico, esta descripción se refiere a composiciones poliméricas que comprenden un polímero biodegradable.

### Antecedentes

10 Los materiales poliméricos sintéticos, tales como resinas de polipropileno y polietileno, se emplean mucho en la fabricación de una diversidad de artículos de uso final, que varían desde dispositivos médicos a recipientes de alimentos. Muchas industrias, tales como la industria del envasado, emplean los materiales de polipropileno en diversos procedimientos de fabricación para crear una diversidad de artículos acabados, que incluyen películas de polipropileno orientadas biaxialmente (BOPP).

15 Aunque los artículos construidos a partir de materiales poliméricos sintéticos tienen una utilidad muy extendida, un inconveniente para su uso es que estos materiales tienden a permanecer de modo semipermanente en el entorno natural. En respuesta a los problemas ambientales, cada vez existe más interés en la producción y uso de materiales poliméricos más fácilmente biodegradables. Estos materiales, también conocidos como "materiales verdes", pueden sufrir una degradación acelerada en un entorno natural. La utilidad de estos materiales poliméricos biodegradables a menudo se ve limitada por sus malas propiedades mecánicas y/o físicas. Así, son  
20 necesarias composiciones poliméricas biodegradables que tengan unas propiedades físicas y/o mecánicas deseables.

### Sumario

En la presente se describe una composición que comprende una mezcla de una poliolefina, un poli(ácido láctico) y un modificador reactivo, en la que el modificador reactivo es un polipropileno funcionalizado con epoxi.

25 En la presente se describe además un procedimiento para producir una película orientada, que comprende mezclar por extrusión reactiva una mezcla que comprende polipropileno, poli(ácido láctico) y un modificador reactivo para formar una mezcla polimérica compatibilizada, moldear la mezcla polimérica compatibilizada en una película, y orientar la película.

30 En la presente también se describe un procedimiento para preparar un modificador reactivo, que comprende poner en contacto una poliolefina, un comonomero de acrilato multifuncional, y un iniciador bajo condiciones adecuadas para la formación de una poliolefina funcionalizada con epoxi, en el que la poliolefina funcionalizada con epoxi tiene un rendimiento de injerto del 0,2% en peso al 15% en peso.

### Breve descripción de los dibujos

35 Para una mayor comprensión de la presente descripción y sus ventajas, se ofrece la siguiente descripción breve, tomada en conexión con los dibujos adjuntos y la descripción detallada, en la que todas las referencias numéricas representan partes similares.

Las figuras 1 y 2 son espectros de espectroscopía de infrarrojos de la transformada de Fourier (FTIR) para las muestras procedentes del ejemplo 1.

40 La figura 3 es una gráfica de la presión de fusión como una función del tiempo para las muestras procedentes del ejemplo 2.

La figura 4 muestra fotografías de microscopía de fuerza atómica para las muestras procedentes del ejemplo 2.

La figura 5 es una gráfica de la resistencia elástica como una función de la temperatura de estiramiento para las muestras procedentes del ejemplo 3.

45 La figura 6 es una gráfica de la opacidad y el brillo a 45° para las muestras procedentes del ejemplo 3 estiradas a 135 °C.

La figura 7 es una gráfica de la opacidad como función de la temperatura de estiramiento para las muestras procedentes del ejemplo 3.

La figura 8 es una gráfica del brillo a 45° como función de la temperatura de estiramiento para las muestras procedentes del ejemplo 3.

La figura 9 es una gráfica del brillo a 45° como función de la temperatura de estiramiento correlacionada con las fotografías de microscopía de fuerza atómica para las muestras procedentes del ejemplo 2.

5 La figura 10 es una gráfica del módulo secante, la resistencia a la tracción en la rotura, y el alargamiento en la rotura para las muestras procedentes del ejemplo 2.

La figura 11 es una gráfica de la densidad de la película como una función de la temperatura de estiramiento para las muestras procedentes del ejemplo 3.

10 La figura 12 es una gráfica de la densidad de la película como una función de la temperatura de estiramiento para mezclas de PP/PLA compatibilizadas y no compatibilizadas.

La figura 13 es una gráfica de la densidad de BOPP como una función de la temperatura de estiramiento para las muestras procedentes del ejemplo 11.

### **Descripción detallada**

15 Debe entenderse desde el principio que, aunque a continuación se proporciona una aplicación ilustrativa de una o más realizaciones, los sistemas y/o procedimientos descritos pueden aplicarse empleando cualquiera de una serie de técnicas, tanto conocidas en la actualidad como existentes. La descripción no debería, de ninguna manera, limitarse a las aplicaciones ilustrativas, los dibujos y las técnicas ilustradas a continuación, incluyendo los ejemplos de diseños y las aplicaciones ilustradas y descritas en la presente, sino que pueden modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, junto con el alcance completo de sus equivalentes.

20 En la presente se describen composiciones poliméricas biodegradables y procedimientos para fabricarlas y utilizarlas. En la presente, las composiciones poliméricas biodegradables comprenden materiales que son capaces de ser degradados especialmente en productos inocuos mediante la acción de seres vivos. En una realización, las composiciones poliméricas biodegradables comprenden poli(ácido láctico), polipropileno, y al menos un modificador reactivo, y se denominan mezclas de PP/PLA compatibilizadas (CB). En una realización alternativa, la composición polimérica comprende poli(ácido láctico), polipropileno, y al menos un modificador reactivo, y se denomina mezcla de polietileno compatibilizada (CPEB).

25 Un procedimiento para preparar la CB y/o la CPEB puede comprender la mezcla concurrente del modificador reactivo con una poliolefina (por ejemplo, polipropileno o polietileno) y poli(ácido láctico) bajo condiciones adecuadas para la formación de un material mezclado. Las CB y/o CPEB del tipo descrito en la presente pueden mostrar propiedades físicas y/o mecánicas deseables cuando se comparan con la poliolefina o el poli(ácido láctico) por sí solos, o con una mezcla no compatibilizada de la poliolefina y el poli(ácido láctico).

30 En una realización, la CB comprende polipropileno. El polipropileno puede ser un homopolímero, con la condición de que el homopolímero pueda contener hasta 5% de otra alfa-olefina, que incluye, pero no se limita a alfa-olefinas C<sub>2</sub>-C<sub>8</sub>, tales como etileno y 1-buteno. A pesar de la presencia potencial de pequeñas cantidades de otras alfa-olefinas, el polipropileno en general se denomina un homopolímero de polipropileno.

35 En una realización, el homopolímero de polipropileno está presente en la CB en una cantidad del 51% en peso al 99% en peso total de la CB, como alternativa, del 70% en peso al 95% en peso, como alternativa del 80% en peso al 90% en peso.

40 Los homopolímeros de polipropileno adecuados para su uso en esta descripción pueden incluir cualquier tipo de polipropileno conocido en la técnica con la ayuda de esta descripción. Por ejemplo, el homopolímero de polipropileno puede ser un polipropileno atáctico, un polipropileno isotáctico, un polipropileno hemitáctico, sindiotáctico o sus combinaciones. Un polímero es "atáctico" cuando sus grupos colgantes están dispuestos de modo aleatorio a ambos lados de la cadena del polímero. Por contraste, un polímero es "isotáctico" cuando todos sus grupos colgantes están dispuestos en el mismo lado de la cadena, y es "sindiotáctico" cuando sus grupos colgantes alternan en los lados opuestos de la cadena. En un polímero hemisotáctico, cada unidad repetida alternante tiene un sustituyente aleatorio.

45 En una realización, un polipropileno adecuado para su uso en esta descripción puede tener una densidad de 0,895 g/cm<sup>3</sup> a 0,920 g/cm<sup>3</sup>, como alternativa de 0,900 g/cm<sup>3</sup> a 0,915 g/cm<sup>3</sup>, y como alternativa de 0,905 g/cm<sup>3</sup> a 0,915 g/cm<sup>3</sup>, determinada según ASTM D1505; una temperatura de fusión de 150 °C a 170 °C, como alternativa de 155 °C a 168 °C, y como alternativa de 160 °C a 165 °C, determinada mediante calorimetría de barrido diferencial; una velocidad de flujo en estado fundido de 0,5 g/10 min a 30 g/10 min, como alternativa de 1,0 g/10 min a 15 g/10 min, y como alternativa de 1,5 g/10 min a 5,0 g/10 min, determinada según la condición "L" de ASTM D1238; un

## ES 2 572 895 T3

5 módulo de tracción de 200.000 psi a 350.000 psi (1378951,46-2413165,05 kPa); como alternativa de 220.000 psi a 320.000 psi (1516846,6-2206322,33 kPa), y como alternativa de 250.000 psi a 320.000 psi (1723689,32-2206322,33 kPa), determinado según ASTM D638; una presión de tracción en el límite elástico de 3.000 psi a 6.000 psi (20684,27-41368,54 kPa), como alternativa de 3.500 psi a 5.500 psi (24131,65-37921,17 kPa), y como alternativa de 4.000 psi a 5.500 psi (27579,03-37921,17 kPa), determinada según ASTM D638; una tensión de tracción en el límite elástico del 5% al 30%, como alternativa del 5% al 20%, y como alternativa del 5% al 15%, determinada según ASTM D638; un módulo flexural de 120.000 psi a 330.000 psi (827370,875-2275269,91 kPa), como alternativa de 190.000 psi a 310.000 psi (1310003,89-2137374,76 kPa), y como alternativa de 220.000 psi a 300.000 psi (1516846,6-2068427,19 kPa), determinado según ASTM D790; un impacto de Gardner de 3 in-lb a 50 in-lb (0,339-5,6492 N-m), como alternativa de 5 in-lb a 30 in-lb (0,5649-3,3895 N-m), y como alternativa de 9 in-lb a 25 in-lb (1,0169-2,8246 N-m), determinado según ASTM D2463; una resistencia al impacto Izod con muesca de 0,2 pie lb/in a 20 pie lb/in (10,6-1.060 J/m), como alternativa de 0,5 pie lb/in a 15 pie lb/in (26,5-197 J/m), y como alternativa de 0,5 pie lb/in a 10 pie lb/in (26,5-530 J/m), determinada según ASTM D256A; una dureza Shore D de 30 a 90, como alternativa de 50 a 85, y como alternativa de 60 a 80, determinada según ASTM D2240; y una temperatura de distorsión térmica de 50 °C a 125 °C, como alternativa de 80 °C a 115 °C, y como alternativa de 90 °C a 110 °C, determinada según ASTM D648.

10 Los ejemplos de homopolímeros de polipropileno adecuados para su uso en esta descripción incluyen, sin limitación, 3371, 3271, 3270, y 3276, que son homopolímeros de polipropileno disponibles en el mercado en Total Petrochemicals USA, Inc. En una realización, el homopolímero de polipropileno (por ejemplo, 3371) tiene, en general, las propiedades físicas indicada en la tabla 1.

Tabla 1

Propiedades	Valor típico de 3371	Procedimiento de ensayo
<b>Físicas</b>		
Densidad, g/cm <sup>3</sup>	0,905	ASTM D1505
Velocidad de flujo en estado fundido (MFR), g/10 min	2,8	ASTM D1238 condición "L"
<b>Mecánicas</b>		
Módulo de tracción, psi (kPa)	235.000 (1620267,96)	ASTM D638
Presión de tracción en el límite elástico, psi (kPa)	5.100 (35163,26)	ASTM D638
Tensión de tracción en el límite elástico, %	7,5	ASTM D638
Módulo flexural, psi (kPa)	202.000 (1392740,97)	ASTM D790
<b>De impacto</b>		
Impacto de Gardner, in-lb (N-m)	149,2 (16,85)	ASTM D2463
Resistencia al impacto Izod con muesca, pie lb/in (J/m)	0,69 (36,57)	ASTM D256A
<b>Dureza</b>		
Dureza Shore D	75	ASTM D2240
<b>Térmicas</b>		
Temperatura de distorsión térmica, °F (°C)	207 (97,2)	ASTM D648
Temperatura de fusión (DSC), °F (°C)	325 (162,7)	DSC

25 En otra realización, el polipropileno puede ser un homopolímero de polipropileno de alta cristalinidad (HCPP). El HCPP puede contener principalmente polipropileno isotáctico. La isotacticidad en los polímeros puede medirse mediante espectroscopía de RMN de <sup>13</sup>C empleando mesopentadas y puede expresarse como porcentaje de mesopentadas (%mmmm). Tal como se emplea en la presente, el término "mesopentadas" se refiere a los

sucesivos grupos metilo localizados en el mismo lado de la cadena del polímero. En una realización, el HCPP tiene un porcentaje de mesopentadas mayor que 97%, o mayor que 98%, o mayor que 99%. El HCPP puede comprender una pequeña cantidad de polímeros atácticos o amorfos. La porción atáctica del polímero es soluble en xileno y, así, se denomina fracción soluble en xileno (XS%). Para determinar la XS%, el polímero se disuelve en xileno en ebullición y después la disolución se enfría hasta 0 °C, lo cual produce la precipitación de la porción isotáctica o cristalina del polímero. La XS% es la porción de la cantidad original que permanece soluble en el xileno frío. Por consiguiente, la XS% en el polímero es indicativa del grado de polímero cristalino formado. La cantidad total de polímero (100%) es la suma de la fracción soluble en xileno y la fracción insoluble en xileno, determinada según ASTM D5492-98. En una realización, el HCPP tiene una fracción soluble en xileno menor que 1,5%, menor que 1,0%, o menor que 0,5%.

En una realización, un HCPP adecuado para su uso en esta descripción puede tener una densidad de 0,895 g/cm<sup>3</sup> a 0,920 g/cm<sup>3</sup>, como alternativa de 0,900 g/cm<sup>3</sup> a 0,915 g/cm<sup>3</sup>, y como alternativa de 0,905 g/cm<sup>3</sup> a 0,915 g/cm<sup>3</sup>, determinada según ASTM D1505; una velocidad de flujo en estado fundido de 0,5 g/10 min a 30 g/10 min, como alternativa de 1,0 g/10 min a 15 g/10 min, y como alternativa de 1,5 g/10 min a 5,0 g/10 min, determinada según ASTM D1238; un módulo secante en la dirección de la máquina (MD) de 350.000 psi a 420.000 psi (2413165,05-2895798,06 kPa), como alternativa de 380.000 psi a 420.000 psi (2620007,77-2895798,06 kPa), y como alternativa de 400.000 psi a 420.000 psi (2757902,92-2895798,06 kPa), determinado según ASTM D882; un módulo secante en la dirección transversal (TD) de 400.000 psi a 700.000 psi (2757902,92-4826330,11 kPa), como alternativa de 500.000 psi a 700.000 psi (3447378,65-4826330,11 kPa), y como alternativa de 600.000 psi a 700.000 psi (4136854,38-4826330,11 kPa), determinado según ASTM D882; una resistencia a la tracción en la rotura en la MD de 19.000 psi a 28.000 psi (131000,39-193053,2 kPa), como alternativa de 22.000 psi a 28.000 psi (151684,66-193053,2 kPa), y como alternativa de 25.000 psi a 28.000 psi (172368,93-193053,2 kPa), determinada según ASTM D882; una resistencia a la tracción en la rotura en la TD de 20.000 psi a 40.000 psi (137895,15-275790,29 kPa), como alternativa de 30.000 psi a 40.000 psi (206842,72-275790,29 kPa), y como alternativa de 35.000 psi a 40.000 psi (241316,51-275790,29 kPa), determinada según ASTM D882; un alargamiento en la rotura en la MD del 50% al 200%, como alternativa del 100% al 180%, y como alternativa del 120% al 150%, determinado según ASTM D882; un alargamiento en la rotura en la TD del 50% al 150%, como alternativa del 60% al 100%, y como alternativa del 80% al 100%, determinado según ASTM D882; una temperatura de fusión de 150 °C a 170 °C, como alternativa de 155 °C a 170 °C, y como alternativa de 160 °C a 170 °C, determinada mediante calorimetría de barrido diferencial; un brillo a 45° de 70 a 95, como alternativa de 75 a 90, y como alternativa de 80 a 90, determinado según ASTM D2457; un porcentaje de opacidad del 0,5% al 2,0%, como alternativa del 0,5% al 1,5%, y como alternativa del 0,5% al 1,0%, determinado según ASTM D1003; y una velocidad de transmisión de vapor de agua de 0,15 a 0,30 g-mil/100 in<sup>2</sup>/día (645,16 cm<sup>2</sup>)/día, como alternativa de 0,15 a 0,25 g-mil/100 in<sup>2</sup> (645,16 cm<sup>2</sup>)/día, y como alternativa de 0,20 a 0,21 g-mil/100 in<sup>2</sup> (645,16 cm<sup>2</sup>)/día, determinada según ASTM F1249-90.

Un ejemplo de un HCPP adecuado para su uso en esta descripción incluye, sin limitación, 3270, que es un HCPP disponible en el mercado en Total Petrochemicals USA, Inc. El HCPP (por ejemplo, 3270) puede tener, en general, las propiedades físicas indicada en la tabla 2.

Tabla 2

Propiedades	Valor típico de 3270	Procedimiento de ensayo
<b>Físicas</b>		
Densidad, g/ cm <sup>3</sup>	0,910	ASTM D1505
Velocidad de flujo en estado fundido (MFR) (230 °C/2,16 kg), g/10 min	2,0	ASTM D1238
<b>Mecánicas</b>		
Módulo secante MD, psi (kPa)	420.000 (2895798,06)	ASTM 882
Módulo secante TD, psi (kPa)	700.000 (4826330,11)	ASTM 882
Resistencia a la tracción en la rotura MD, psi (kPa)	28.000 (193053,2)	ASTM 882
Resistencia a la tracción en la rotura TD, psi (kPa)	39.000 (268895,53)	ASTM 882
Alargamiento en la rotura MD, %	150	ASTM 882

(continuación)

Alargamiento en la rotura TD, %	60	ASTM 882
<b>Térmicas</b>		
Temperatura de fusión, °F (°C)	329 (165 °C)	DSC
<b>Ópticas</b>		
Brillo (a 45°)	85	ASTM D2457
Opacidad, %	1,0	ASTM D1003
<b>De barrera</b>		
Transmisión de vapor de agua, 100 °F (37,7 °C), 90% de H.R., g-mil/100 in <sup>2</sup> (645,16 cm <sup>2</sup> )/día	0,2	ASTM F1249-90

5 En otra realización, el polipropileno puede ser un copolímero heterofásico de polipropileno (PPHC), en el que una fase o un componente de homopolímero de polipropileno se une a una fase o componente de copolímero. El PPHC puede comprender desde más del 6,5% a menos del 11,5% en peso de etileno, como alternativa del 8,5% a menos del 10,5%, como alternativa del 9,5% de etileno basado en el peso total del PPHC. En la presente, los porcentajes de un componente se refieren al porcentaje en peso de ese componente en la composición total, a menos que se indique lo contrario.

10 La fase de copolímero de un PPHC puede ser un copolímero aleatorio de propileno y etileno, también denominado una goma de etileno/propileno (EPR). Los copolímeros de impacto de PP muestran unas fases homopoliméricas diferenciadas que están interrumpidas por secuencias cortas o bloques que tienen una disposición aleatoria de etileno y propileno. En comparación con los copolímeros aleatorios, los segmentos de bloques que comprenden el EPR pueden tener ciertas características poliméricas (por ejemplo, viscosidad intrínseca) que pueden diferir de las del copolímero como un todo. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, la porción de EPR del PPHC tiene unas características gomosas que, cuando se incorporan dentro de la matriz del componente homopolimérico, pueden actuar para proporcionar una mayor resistencia al impacto al PPHC. En una realización, la porción de EPR del PPHC comprende más del 14% en peso del PPHC, como alternativa más del 18% en peso del PPHC, y como alternativa del 14% en peso al 18% en peso del PPHC.

20 La cantidad de etileno presente en la porción de EPR del PPHC puede ser del 38% en peso al 50% en peso, como alternativa del 40% en peso al 45% en peso, basado en el peso total de la porción de EPR. La cantidad de etileno presente en la porción de EPR del PPHC puede determinarse de modo espectrofotométrico empleando un procedimiento de espectroscopía de infrarrojos de la transformada de Fourier (FTIR). De modo específico, se registra el espectro de FTIR de una muestra polimérica para una serie de muestras que tienen un contenido en etileno de EPR conocido. Se calcula la proporción de transmitancia a  $720\text{ cm}^{-1}/900\text{ cm}^{-1}$  para cada concentración de etileno y después puede construirse una curva de calibración. Después puede realizarse un análisis de la regresión lineal sobre la curva de calibración para derivar una ecuación que después se utiliza para determinar el contenido en etileno de EPR para un material de muestra.

30 La porción de EPR del PPHC puede mostrar una viscosidad intrínseca diferente de la del componente de homopolímero de propileno. En la presente, la viscosidad intrínseca se refiere a la capacidad de un polímero en disolución para aumentar la viscosidad de dicha disolución. La viscosidad se define en la presente como la resistencia al flujo debida a la fracción interna. En una realización, la viscosidad intrínseca de la porción de EPR del PPHC puede ser mayor que 2,0 dl/g, como alternativa de 2,0 dl/g a 3,0 dl/g, como alternativa de 2,4 dl/g a 3,0 dl/g, como alternativa de 2,4 dl/g a 2,7 dl/g, y como alternativa de 2,6 dl/g a 2,8 dl/g. La viscosidad intrínseca de la porción de EPR del PPHC se determina según ASTM D5225.

35 En una realización, el PPHC puede tener una velocidad de flujo en estado fundido (MFR) de 65 g/10 min a 130 g/10 min, como alternativa de 70 g/10 min a 120 g/10 min, como alternativa de 70 g/10 min a 100 g/10 min, como alternativa de 70 g/10 min a 90 g/10 min, como alternativa de 75 g/10 min a 85 g/10 min, como alternativa de 90 g/10 min. Unas excelentes propiedades de flujo, tal como indica un alto MFR, permiten una fabricación de alta capacidad de procesamiento de componentes poliméricos moldeados. En una realización, el PPHC es una resina de calidad de reactor sin modificaciones, que también puede denominarse un PP de orden bajo. En algunas realizaciones, el PPHC es una resina de calidad de reología controlada, en la que la velocidad de flujo en estado fundido se ha ajustado mediante diversas técnicas, tales como la viscorreducción. Por ejemplo, la MFR puede aumentar mediante una viscorreducción, según se describe en la patente de EEUU n.º 6.503.990, que se incorpora por referencia en su totalidad. Tal como se describe en esta publicación, se mezclan unas cantidades de peróxido

5 con una resina polimérica en forma copos, de polvos, o de gránulos para aumentar la MFR de la resina. La MFR, tal como se define en la presente, se refiere a la cantidad de una resina polimérica fundida que fluye a través de un orificio a una temperatura especificada y bajo una carga especificada. La MFR puede determinarse utilizando un plastómetro de pistón de peso muerto que extruye polipropileno a través de un orificio de dimensiones especificadas a una temperatura de 230 °C y una carga de 2,16 kg según ASTM D 1238.

Los ejemplos representativos de PPHC adecuados incluyen, sin limitación, 4920W y 4920WZ, que son resinas de copolímeros de impacto que están disponibles en el mercado en Total Petrochemicals USA Inc. En una realización, el PPHC (por ejemplo, 4920W) tiene, en general, las propiedades físicas indicadas en la tabla 3.

Tabla 3

Propiedades	Valor típico	Procedimiento ASTM
<b>Físicas</b>		
Flujo en estado fundido, g/10 min	100	D1238
Densidad, g/ cm <sup>3</sup>	0,905	D1505
Punto de fusión, °C	160-165	DSC
<b>Mecánicas</b>		
Resistencia a la tracción en el límite elástico, psi (MPa)	3700 (25)	D638
Alargamiento en el límite elástico, %	6	D638
Módulo flexural, psi (MPa)	190.000 (1.300)	D790
Izod con muesca, pie.lb/in (J/m)	1,0 (50)	ASTM D256A
<b>Térmicas</b>		
Deflexión térmica, °C	90	D648

10 En una realización, la CPEB comprende polietileno, como alternativa polietileno de alta densidad, como alternativa polietileno de baja densidad, como alternativa polietileno de baja densidad lineal, o sus combinaciones.

15 En una realización, la CPEB comprende polietileno de alta densidad (HDPE). En la presente, un HDPE tiene una densidad igual o mayor que 0,941 g/ cm<sup>3</sup>, como alternativa de 0,941 g/ cm<sup>3</sup> a 0,965 g/ cm<sup>3</sup>, como alternativa de 0,945 g/ cm<sup>3</sup> a 0,960 g/ cm<sup>3</sup>. El HDPE puede ser un homopolímero o un copolímero, por ejemplo, un copolímero de etileno con uno o más monómeros de alfa-olefina, tales como propileno, buteno, hexeno, etc. En una realización, el HDPE es un homopolímero. Un HDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, una velocidad de flujo de masa en estado fundido, determinada mediante ASTM D1238, de 0,01 g/10 min a 50 g/10 min, o de 0,5 g/10 min a 20 g/10 min, o de 1,0 g/10 min a 10 g/10 min. En una realización, un HDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, un módulo de tracción, determinado mediante ASTM D638, de 100.000 psi a 350.000 psi (689475,73-2413165,05 kPa), o de 150.000 psi a 300.000 psi (1034213,59-2068427,19 kPa), o de 180.000 psi a 220.000 psi (1241056,31-1516846,6 kPa). En una realización, un HDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, un módulo flexural, determinado mediante ASTM D790, de 30.000 psi a 350.000 psi (206842,72-2413165,05 kPa), o de 100.000 psi a 300.000 psi (689475,73-2068427,19 kPa), o de 150.000 psi a 200.000 psi (1034213,59-1378951,46 kPa). En una realización, un HDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, una temperatura de fusión, determinada mediante, calorimetría de barrido diferencial (DSC), de 120 °C a 140 °C, o de 125 °C a 135 °C, o de 130 °C a 133 °C.

30 Los ejemplos de HDPE adecuados para su uso en esta descripción incluyen, sin limitación, 6450 HDPE, que es una resina de polietileno, y mPE ER 2283 POLYETHYLENE, que es una resina de polietileno de alta densidad de metaloceno con hexeno como comonómero, estando ambas disponibles en el mercado en Total Petrochemicals USA, Inc. En una realización, un HDPE adecuado tiene, en general, las propiedades físicas indicadas en la tabla 4 (por ejemplo, 6450 HDPE) o tabla 5 (por ejemplo, ER 2283).

Tabla 4

ES 2 572 895 T3

Propiedades	Valor típico	Procedimiento ASTM
<b>Resina<sup>(1)</sup></b>		
Índice de flujo en estado fundido, 190 °C, 12,16 kg, g/10 min	5,0	D 1238
Densidad, g/cm <sup>3</sup>	0,962	D 792
Punto de fusión, °F (°C)	265 (129,4)	D 3417
<b>Película<sup>(1)(2)</sup></b>		
Opacidad, %	5,0	D 1003
Brillo, %	85	D 523
Resistencia a la tracción en la rotura (MD), psi	3500 (24131,65)	D 882
Resistencia a la tracción en la rotura (TD), psi	3800 (2620,01)	D 882
Alargamiento en la rotura (MD), %	850	D 882
Alargamiento en la rotura (TD), %	650	D 882
Módulo secante con tensión del 2% (MD), psi	100.000 (689475,73)	D 882
Módulo secante con tensión del 2% (TD), psi	130.000 (896318,448)	D 882
WVTR <sup>(3)</sup> a 100 °F (37,7 °C), g/100 in <sup>2</sup> (645,16 cm <sup>2</sup> )/día	0,5	E 96/66
Fragilidad a baja temperatura, °F (°C)	<- 112 (44,4)	D 746
<p><sup>(1)</sup> Los datos se obtuvieron bajo condiciones de laboratorio y no se deben emplear como especificación, máxima o mínima.</p> <p><sup>(2)</sup> Los datos listados se determinaron con una película moldeada de 1,0 mil.</p> <p><sup>(3)</sup> Velocidad de transmisión de vapor de agua.</p>		

Tabla 5

Propiedades	Procedimiento	Unidad	Valor
<b>Físicas</b>			
Densidad	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	0,950
Índice de fusión (2,16 kg)	ISO 1133	g/10 min	2,0
Punto de fusión	EN ISO 11357	°C	133
Temperatura Vicat	ISO 306	°C	130
<b>Película moldeada</b>			
Impacto Dart	ISO 7765-1	g	36
Resistencia a la tracción en el límite elástico MD/TD	ISO 527-3	MPa	23/24

## ES 2 572 895 T3

(continuación)

Resistencia a la tracción en la rotura MD/TD	ISO 527-3	MPa	43/41
Alargamiento en la rotura MD/TD	ISO 527-3	%	640/820
Elmendorf MD/TD	ISO 6393	N/mm	8/130
Opacidad	ISO 14782	%	10
Brillo a 45°	ASTM D2457		68

- 5 En una realización, la CPEB comprende un polietileno de baja densidad (LDPE). En la presente, un LDPE se define con un intervalo de densidad de 0,910 g/cm<sup>3</sup> a 0,940 g/cm<sup>3</sup>, como alternativa de 0,917 g/cm<sup>3</sup> a 0,935 g/cm<sup>3</sup>, y como alternativa de 0,920 g/cm<sup>3</sup> a 0,930 g/cm<sup>3</sup>. El LDPE también puede caracterizarse por la presencia de una mayor ramificación, cuando se compara con un HDPE. El LDPE puede ser un homopolímero o un copolímero, por ejemplo, un copolímero de etileno con uno o más monómeros de alfa-olefina, tales como propileno, buteno, hexeno, etc. En una realización, el LDPE es un homopolímero. Un LDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, una velocidad de flujo de masa en estado fundido, determinada mediante ASTM D1238, de 0,1 g/10 min a 60 g/10 min, o de 0,5 g/10 min a 30 g/10 min, o de 1 g/10 min a 20 g/10 min. En una realización, un LDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, un módulo de tracción, determinado mediante ASTM D638, de 10.000 psi a 70.000 psi (68947,57-482633,01 kPa), o de 15.000 psi a 65.000 psi (103421,36-448159,22 kPa), o de 20.000 psi a 60.000 psi (137895,15-413685,44 kPa). En una realización, un LDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, un módulo flexural, determinado mediante ASTM D790, de 9.000 psi a 60.000 psi (62052,82-413685,44 kPa), o de 10.000 psi a 55.000 psi (68947,57-379211,65 kPa), o de 15.000 psi a 50.000 psi (103421,36-344737,86 kPa). En una realización, un LDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, una temperatura de fusión, determinada mediante calorimetría de barrido diferencial (DSC), de 85 °C a 125 °C, o de 90 °C a 120 °C, o de 95 °C a 120 °C.
- 10
- 15
- 20 Un ejemplo representativo de un LDPE adecuado es 1020 FN 24, que es un LDPE disponible en el mercado en Total Petrochemicals USA, Inc. El LDPE (por ejemplo, 1020 FN 24) puede tener, en general, las propiedades físicas indicada en la tabla 6.

Tabla 6

	Unidades inglesas	SI	Procedimiento
<b>Propiedades físicas nominales</b>			
Densidad	-	0,922 g/cm <sup>3</sup>	ASTM D1505
Índice de fusión, 190 °C/2,16 kg	-	2,1 g/10 min	ASTM D1238
Punto de fusión	232 °F	109 °C	ASTM D3418
Temperatura de ablandamiento Vicat	209 °F	94 °C	ASTM D1525
<b>Propiedades de película soplada nominal a 40 µm<sup>(1)</sup></b>			
Opacidad	7,0%	7,0%	ASTM D1003
Resistencia a la tracción en el límite elástico MD/TD	1595 psi/1523 psi	11 MPa/10,5 MPa	ISO 527-3
Resistencia a la tracción en la rotura MD/TD	4061 psi/3190 psi	28/22 MPa	ISO 527-3
Alargamiento en la rotura MD/TD	360%/630%	360%/630%	ISO 527-3
Elmendorf MD/TC	-	75/45 N/m	ISO 6383-2
Ensayo Dart	-	120 g	ISO 7765-1

# ES 2 572 895 T3

(continuación)

Opacidad	7%	7%	ISO 14782
<sup>(1)</sup> Los datos se obtuvieron empleando especímenes de laboratorio producidos con las siguientes condiciones de extrusión: diámetro del tornillo = 45 mm, L/D = 30, diámetro del troquel = 120 mm, hueco del troquel = 1,4 mm, BUR = 2,5:1, temperatura = 185 °C.			

En una realización, la CPEB comprende un polietileno de baja densidad lineal (LLDPE). El LLDPE es un polietileno sustancialmente lineal, con un número significativo de ramificaciones cortas. Los LLDPE se generan habitualmente mediante la copolimerización del etileno con olefinas de cadena más larga. Los LLDPE se diferencian estructuralmente del polietileno de baja densidad por la ausencia de ramificaciones de cadena larga. En una realización, el LLDPE es un copolímero, por ejemplo, un copolímero de etileno con uno o más monómeros de alfa-olefina, tales como propileno, buteno, hexeno, etc. Un LLDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener una densidad, determinada mediante ASTM D792, de 0,900 g/cm<sup>3</sup> a 0,920 g/cm<sup>3</sup>, o de 0,905 g/cm<sup>3</sup> a 0,918 g/cm<sup>3</sup>, o de 0,910 g/cm<sup>3</sup> a 0,918 g/cm<sup>3</sup>. En una realización, un LLDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, una velocidad de flujo de masa en estado fundido, determinada mediante ASTM D1238, de 0,1 g/10 min, o de 0,5 g/10 min a 30 g/10 min, o de 1 g/10 min a 20 g/10 min. En una realización, un LLDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, un módulo de tracción tensil, determinado mediante ASTM D638, de 20.000 psi a 250.000 psi (137895,15-1723689,32 kPa), o de 50.000 psi a 220.000 psi (344737,86-1516846,6 kPa), o de 100.000 psi a 200.000 psi (689475,73-1378951,46 kPa). En una realización, un LLDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, un módulo flexural, determinado mediante ASTM D790, de 5.000 psi a 150.000 psi (34473,79-1034213,59 kPa), o de 10.000 psi a 130.000 psi (68947,57-896318,448 kPa), o de 50.000 psi a 110.000 psi (344737,86-758423,302 kPa). En una realización, un LLDPE adecuado para su uso en esta descripción puede tener, en general, una temperatura de fusión, determinada mediante calorimetría de barrido diferencial (DSC), de 70 °C a 140 °C, o de 80 °C a 130 °C, o de 90 °C a 120 °C.

Un ejemplo representativo de un LLDPE adecuado es FINATHENE LL 4010 FE 18, que es un LLDPE disponible en el mercado en Total Petrochemicals. El LLDPE (por ejemplo, FINATHENE LL 4010 FE 18) puede tener, en general, las propiedades físicas indicada en la tabla 7.

Tabla 7

Propiedades	Unidades inglesas	SI	Procedimiento
<b>Resina nominal</b>			
Densidad	-	0,918 g/cm <sup>3</sup>	ASTM D792
Índice de fusión	-	1,0 g/10 min	ASTM D1238
<b>Térmicas</b>			
Punto de fusión	252 °F	122 °C	ISO 11357-3
<b>Ópticas</b>			
Opacidad	10,0%	10,0%	ASTM D1003
<b>Propiedades de película nominal a 0,984 mil (25 um)</b>			
Resistencia a la tracción en el límite elástico de la película, MD	1600 psi	11,0 MPa	ISO 527
Resistencia a la tracción en el límite elástico de la película, TD	1600 psi	11,0 MPa	ISO 527
Alargamiento en la rotura de la película, MD	600%	600%	ISO 527
Alargamiento en la rotura de la película, TD	750%	750%	ISO 527
Módulo secante, MD	23,2 ksi	0,160 GPa	ISO 5527

(continuación)

Módulo secante, TD	24,7 ksi	0,170 GPa	ISO 5527
Ensayo de caída Dart	0,198 lb	90,0 g	ISO 7765-1
Resistencia a la tracción en la rotura de la película, MD	5800 psi	40,0 MPa	ISO 527
Resistencia a la tracción en la rotura de la película, TD	4350 psi	30,0 MPa	ISO 527

5 Las poliolefinas adecuadas para su uso en esta descripción (por ejemplo, polipropileno, polietileno) pueden prepararse utilizando cualquier procedimiento adecuado. Por ejemplo, la poliolefina puede prepararse empleando un catalizador de Ziegler-Natta, un catalizador de metaloceno, o sus combinaciones. El polietileno, por ejemplo, puede prepararse empleando un catalizador de óxido de cromo, o cualquier otro catalizador adecuado.

10 En una realización, la poliolefina se prepara utilizando catalizadores de Ziegler-Natta, que se basan generalmente en compuestos de titanio y de aluminio organometálico, por ejemplo, trietilaluminio ( $C_2H_5$ )<sub>3</sub>Al. Los catalizadores de Ziegler-Natta y los procedimientos para formar dichos catalizadores se describen en las patentes de EEUU n.<sup>os</sup> 4.298.718; 4.544.717; y 4.767.735, cada una de las cuales se incorpora por referencia en la presente en su totalidad.

15 En otra realización, la poliolefina puede prepararse utilizando un catalizador de metaloceno. Los catalizadores de metaloceno puede caracterizarse en general como compuestos de coordinación que incorporan uno o más grupos ciclopentadienilo (Cp) (que pueden estar sustituidos o no sustituidos, siendo cada sustitución igual o diferente) coordinados con un metal de transición a través de un enlace. Los ejemplos de catalizadores de metaloceno y de procedimientos para formar estos catalizadores se describen en las patentes de EEUU n.<sup>os</sup> 4.794.096 y 4.975.403, cada una de las cuales se incorpora por referencia en la presente en su totalidad. Se describen con más detalle ejemplos de poliolefinas preparadas mediante el uso de catalizadores de metaloceno en las patentes de EEUU n.<sup>os</sup> 5.158.920; 5.416.228; 5.789.502; 5.807.800; 5.968.864; 6.225.251; 6.777.366; 6.777.367; 6.579.962; 6.468.936; 20 6.579.962; y 6.432.860, cada una de las cuales se incorpora por referencia en la presente en su totalidad.

La poliolefina también puede prepararse utilizando cualquier otro procedimiento, tal como una combinación de catalizadores de Ziegler-Natta y metaloceno, por ejemplo tal como se describe en las patentes de EEUU n.<sup>os</sup> 7.056.991 y 6.653.254, cada una de las cuales se incorpora por referencia en la presente en su totalidad.

25 La poliolefina puede formarse colocando uno o más monómeros de olefina (por ejemplo, etileno, propileno), solos o con otros monómeros, en un recipiente de reacción adecuado en presencia de un catalizador (por ejemplo, de Ziegler-Natta, de metaloceno, etc.) y bajo las condiciones de reacción adecuadas para su polimerización. Puede emplearse cualquier equipo y procedimiento adecuados para polimerizar la olefina y producir un polímero. Por ejemplo, estos procedimientos pueden incluir procedimientos de fase en disolución, de fase gaseosa, de fase en suspensión, de fase en masa, de alta presión o sus combinaciones. Estos procedimientos se describen con más detalle en las patentes de EEUU n.<sup>os</sup> 5.525.678; 6.420.580; 6.380.328; 6.359.072; 6.346.586; 6.340.730; 30 6.339.134; 6.300.436; 6.274.684; 6.271.323; 6.248.845; 6.245.868; 6.245.705; 6.242.545; 6.211.105; 6.207.606; 6.180.735; y 6.147.173, que se incorporan por referencia en la presente en su totalidad.

35 En una realización, la poliolefina se forma mediante un procedimiento de polimerización en fase gaseosa. Un ejemplo de un procedimiento de polimerización en fase gaseosa incluye un sistema de ciclo continuo, en el que una corriente de gas que está circulando (que también se denomina una corriente de reciclaje o un medio fluidificante) se calienta en un reactor mediante el calor de la polimerización. El calor se retira de la corriente gaseosa que está circulando en otra parte del ciclo mediante un sistema de enfriamiento externo al reactor. La corriente gaseosa en circulación que contiene uno o más monómeros puede ciclarse continuamente a través de un lecho fluido en presencia de un catalizador bajo condiciones reactivas. La corriente gaseosa que está en 40 circulación generalmente se retira del lecho fluido y se vuelve a reciclar hacia el reactor. De modo simultáneo, el producto polimérico puede extraerse del reactor y puede añadirse monómero fresco para reemplazar al monómero polimerizado. La presión del reactor en un procedimiento de fase gaseosa puede variar de 100 psig a 500 psig (689,476-3447,38 kPa), o de 200 psig a 400 psig (1378,95-2757,9 kPa), o de 250 psig a 350 psig (1723,69-2413,17 kPa). La temperatura del reactor en un procedimiento de fase gaseosa puede variar de 30 °C a 120 °C, o de 60 °C a 115 °C, o de 70 °C a 110 °C, o de 70 °C a 95 °C, por ejemplo, como se describe en las patentes de EEUU n.<sup>os</sup> 4.543.399; 4.588.790; 5.028.670; 5.317.036; 5.352.749; 5.405.922; 5.436.304; 5.456.471; 5.462.999; 45 5.616.661; 5.627.242; 5.665.818; 5.677.375; y 5.668.228, que se incorporan por referencia en la presente en su totalidad.

En una realización, la poliolefina se forma mediante un procedimiento de polimerización en fase de suspensión. Los procedimientos de fase de suspensión incluyen, en general, formar una suspensión del polímero sólido en partículas en un medio de polimerización líquido, al cual se le añaden monómeros y, opcionalmente, hidrógeno, junto con el catalizador. La suspensión (que puede incluir diluyentes) puede retirarse de modo intermitente o continuo del reactor, en donde los componentes volátiles pueden separarse del polímero y reciclarse, opcionalmente después de una destilación, al reactor. El diluyente licuado empleado en el medio de polimerización puede incluir un alcano C<sub>3</sub> a C<sub>7</sub> (por ejemplo, hexano o isobuteno). El medio empleado en general es líquido bajo las condiciones de polimerización y relativamente inerte. Un procedimiento en fase de masa es similar al procedimiento de suspensión. Sin embargo, el procedimiento puede ser un procedimiento en masa, un procedimiento en suspensión o un procedimiento en suspensión en masa.

En una realización, la CB y/o CPEB comprenden poli(ácido láctico). En esta descripción puede utilizarse cualquier poli(ácido láctico) adecuado. Por ejemplo, el poli(ácido láctico) puede comprender poli-L-lactida (PLLA), poli-D-lactida (PDLA), poli-LD-lactida (PDLLA), o sus combinaciones. El poli(ácido láctico) puede prepararse empleando cualquier procedimiento adecuado. Por ejemplo, el poli(ácido láctico) puede prepararse mediante condensación de deshidratación del ácido láctico, tal como se describe en la patente de EEUU n.º 5.310.865, que se incorpora por referencia en la presente en su totalidad. Como alternativa, el poli(ácido láctico) puede prepararse mediante la síntesis de una lactida cíclica (también conocida como dímero cíclico) a partir del ácido láctico, seguido de la polimerización por apertura del anillo de la lactida cíclica. Un ejemplo de dicho procedimiento se describe en la patente de EEUU n.º 2.758.987, que se incorpora por referencia en la presente en su totalidad.

Pueden utilizarse catalizadores en la producción del poli(ácido láctico). Los catalizadores pueden ser de cualquier tipo adecuado para el procedimiento. Los ejemplos de dichos catalizadores incluyen, sin limitación, compuestos de estaño, tales como octilato de estaño, compuestos de titanio, tales como titanato de tetraisopropilo, compuestos de circonio, tales como isopropóxido de circonio, y compuestos de antimonio, tales como trióxido de antimonio.

Pueden introducirse aditivos, tales como los descritos previamente, en la composición de poli(ácido láctico). Otros procedimientos para producir poli(ácido láctico) se describen en las patentes de EEUU n.ºs 5.821.327; 5.770.682; 5.508.378; 5.470.944; y 4.797.468, que se incorporan por referencia en la presente en su totalidad.

En una realización, un poli(ácido láctico) adecuado para su uso en esta descripción puede tener una densidad de 1,238 g/ cm<sup>3</sup> a 1,265 g/ cm<sup>3</sup>, como alternativa de 1,24 g/ cm<sup>3</sup> a 1,26 g/ cm<sup>3</sup>, y como alternativa de 1,245 g/ cm<sup>3</sup> a 1,255 g/ cm<sup>3</sup>, determinada según ASTM D792; un índice de fusión (210 °C, 2,16 kg) de 5 g/10 min a 35 g/10 min, como alternativa de 10 g/10 min a 30 g/10 min, y como alternativa de 10 g/10 min a 20 g/10 min, determinado según ASTM D1238; una temperatura de fusión cristalina de 150 °C a 180 °C, como alternativa de 160 °C a 175 °C, y como alternativa de 160 °C a 170 °C, determinada según ASTM D3418; una temperatura de transición vítrea de 45 °C a 85 °C, como alternativa de 50 °C a 80 °C, y como alternativa de 55 °C a 75 °C, determinada según ASTM D3417; una resistencia elástica de tracción de 4.000 psi a 25.000 psi (27579,03-172368,93 kPa), como alternativa de 5.000 psi a 20.000 psi (34473,79-137895,15 kPa), y como alternativa de 5.500 psi a 20.000 psi (37921,17-137895,15 kPa), determinada según ASTM D638; un alargamiento de tracción del 1,5% al 10%, como alternativa del 2% al 8%, y como alternativa del 3% al 7%, determinado según ASTM D638; un módulo flexural de 250.000 psi a 600.000 psi (1723689,32-4136854,38 kPa), como alternativa de 300.000 psi a 550.000 psi (2068427,19-3792116,51 kPa), y como alternativa de 400.000 psi a 500.000 psi (2757902,92-3447378,65 kPa), determinado según ASTM D790; un impacto Izod con muesca de 0,1 pie-lb/in a 0,8 pie-lb/in (5,3-53,8 J/m), como alternativa de 0,2 pie-lb/in a 0,7 pie-lb/in (10,6-37,1 J/m), y como alternativa de 0,4 pie-lb/in a 0,6 pie-lb/in, determinado según ASTM D256.

Un ejemplo de un poli(ácido láctico) adecuado para su uso en esta descripción incluye, sin limitación, NatureWorks 3051D, que está disponible en el mercado en Nature Works LLC. En una realización, el poli(ácido láctico) adecuado para su uso en esta descripción (por ejemplo, Natureworks 3051D) puede tener, en general, las propiedades físicas indicada en la tabla 8.

Tabla 8

Propiedades	Valor típico de 3051D	Procedimiento de ensayo
<b>Físicas</b>		
Densidad, g/ cm <sup>3</sup>	1,25	ASTM D792
Índice de fusión 8210 °C, 2,16 kg), g/10 min	10-25	ASTM D1238
Temperatura de fusión cristalina, °C	150-165	ASTM D3418

(continuación)

Temperatura de transición vítrea, °C	55-65	ASTM D3417
<b>Mecánicas</b>		
Resistencia elástica de tracción, psi (kPa)	7000 (48263,3)	ASTM D638
Alargamiento de tracción, %	2,5	ASTM D638
Módulo flexural, psi (kPa)	555.000 (3826590,3)	ASTM D790
Impacto Izod con muesca, pie-lb/in (J/m)	0,3 (15,9)	ASTM D256

5 En una realización, el poli(ácido láctico) está presente en la CB y/o CPEB en una cantidad del 1% en peso al 40% en peso en peso total de la CB, como alternativa del 5% en peso al 30% en peso, como alternativa del 10% en peso al 20% en peso.

10 En una realización, la CB y/o CPEB comprenden un modificador reactivo. En la presente, los modificadores reactivos se refieren a aditivos poliméricos que, cuando se añaden a una mezcla fundida de polímeros inmiscibles (por ejemplo, PP y PLA o PE y PLA), forman compuestos in situ que actúan para estabilizar la mezcla. Los compuestos formados in situ actúan como compatibilizadores, y los modificadores reactivos son los precursores de estos compatibilizadores.

El modificador reactivo comprende una poliolefina funcionalizada con epoxi. Los ejemplos de poliolefinas funcionalizadas con epoxi adecuadas para su uso en esta descripción incluyen, sin limitación, polipropileno funcionalizado con epoxi, tal como polipropileno injertado con metacrilato de glicidilo (PP-g-GMA).

15 El PP-g-GMA puede prepararse mediante cualquier procedimiento adecuado tal como, por ejemplo, injertando GMA al polipropileno en presencia de un iniciador, tal como peróxido. Los ejemplos de iniciadores adecuados para su uso en esta descripción incluyen, sin limitación, LUPERSOL 101 y TRIGANOX 301, cuyos peróxidos están disponibles en el mercado en Arkema. En una realización, el iniciador puede emplearse en una cantidad del 0,03% al 2% en peso total de la mezcla (es decir, CB o CPEB), como alternativa del 0,2% en peso al 0,8% en peso, como alternativa del 0,3% en peso al 0,5% en peso.

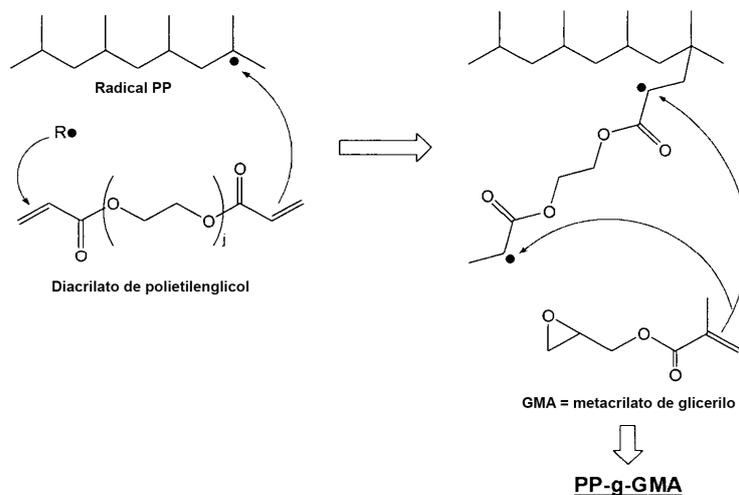
20 La reacción de injertado del GMA en el PP puede realizarse en estado fundido dentro de un extrusor, tal como, por ejemplo, un extrusor de un solo tornillo o de doble tornillo. En lo sucesivo, este procedimiento se denomina extrusión reactiva. Una materia prima que comprende PP, GMA y un iniciador (es decir, peróxido) puede introducirse en un reactor de extrusión secuencialmente a lo largo del extrusor, o como alternativa, la materia prima (por ejemplo, PP, GMA y un iniciador) puede premezclarse fuera y después introducirse en el extrusor.

25 En una realización alternativa, el PP-g-GMA se prepara injertando GMA en el polipropileno en presencia de un iniciador y un comonomero de acrilato multifuncional. Los comonomeros de acrilato multifuncionales pueden comprender diacrilato de polietilenglicol, triacrilato de trimetilolpropano (TMPTA), o sus combinaciones.

30 El comonomero de acrilato multifuncional puede caracterizarse también por un punto de relámpago alto. El punto de relámpago de un material es la temperatura más baja a la que puede formar una mezcla inflamable en el aire, determinada según ASTM D93. Cuanto más alto sea el punto de relámpago, menos inflamable es el material, lo cual es un atributo beneficioso para la extrusión reactiva en estado fundido. En una realización el comonomero de acrilato multifuncional puede tener un punto de relámpago de 50 °C a 120 °C, como alternativa de 70 °C a 100 °C, como alternativa de 80 °C a 100 °C. Los ejemplos de comonomeros de acrilato multifuncionales adecuados para su uso en esta descripción incluyen, sin limitación, SR259 (diacrilato de polietilenglicol), CD560 (diacrilato de hexandiol alcoxilado), y SR351 (TMPTA), que están disponibles en el mercado en Sartomer.

35 La reacción de injerto del GMA en el polipropileno en presencia de un peróxido y el comonomero de acrilato multifuncional diacrilato de polietilenglicol se muestra en el esquema 1.

Esquema 1



Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, los hidrógenos sobre el carbono terciario de las moléculas de polipropileno puede sustraerse fácilmente en presencia de un peróxido durante la extrusión reactiva, formando macrorradicales de polipropileno con electrones desapareados. Los macrorradicales de polipropileno, que en general son inestables, tienden a formar radicales libre a través de una etapa denominada "β-escisión". La β-escisión se refiere a una familia de reacciones, en las que los enlaces que están en posición beta con respecto al radical se rompen, lo cual resulta en la formación de un doble enlace y un nuevo radical. Se cree que la reacción de β-escisión es responsable principalmente de la formación de dobles enlaces internos y, así, su aparición se correlaciona con el contenido alílico del polímero final. Generalmente se prefiere la β-escisión frente a la reacción de injerto (es decir, la adición de GMA), que produce un menor injerto de GMA y un propileno con un peso molecular ponderado menor. Sin embargo, en las reacciones que comprenden un comonomero de acrilato multifuncional, el comonomero de acrilato multifuncional puede actuar para capturar con facilidad los microrradicales de polipropileno, lo cual resulta en la formación de un intermedio más estable (es decir, radicales de polipropileno-acrilato). Los radicales de propileno-acrilato, relativamente estables, tienden a reaccionar más fácilmente con GMA, que es un monómero de tipo acrilato, y, en consecuencia, favorecen la reacción de injerto.

Además, tal como se muestra en el esquema 1, pueden existir múltiples radicales libres en las moléculas de propileno-acrilato injertadas, lo cual facilita la captura y el inicio de la reacción del GMA. La reactividad del GMA hacia los radicales libres de acrilato puede ser mayor que hacia los macrorradicales de polipropileno terciario. Por consiguiente, el PP-g-GMA preparado utilizando una mezcla de reacción que comprende un comonomero de acrilato multifuncional puede mostrar un grado mayor de injerto que un PP-g-GMA preparado utilizando una composición, por lo demás similar, en ausencia de un comonomero de acrilato multifuncional. El PP-g-GMA preparado utilizando un comonomero de acrilato multifuncional se denomina en lo sucesivo en la presente un GMA con un grado alto de injerto (HGGMA).

En una realización, el HGGMA, que es un modificador reactivo, se prepara a partir de una mezcla de reacción que comprende un polipropileno presente en una cantidad del 80% en peso al 99,5% en peso, como alternativa del 90% en peso al 99% en peso, y como alternativa del 95% en peso al 99% en peso; GMA presente en una cantidad del 0,5% en peso al 20% en peso, como alternativa del 1,0% en peso al 10% en peso, y como alternativa del 1,0% en peso al 5,0% en peso; un comonomero de acrilato multifuncional presente en una cantidad del 0,5% en peso al 15% en peso, como alternativa del 1,0% en peso al 10% en peso, y como alternativa del 1,0% en peso al 5,0% en peso; y un iniciador presente en una cantidad del 0,05% en peso al 1,5% en peso, como alternativa del 0,2% en peso al 0,8% en peso, y como alternativa del 0,3% en peso al 0,5% en peso. La proporción de GMA:comonomero de acrilato multifuncional en el HGGMA puede variar de 1:5 a 10:1, como alternativa de 1:2 to 5:1, y como alternativa de 1:1 a 3:1.

La cantidad de injerto del GMA en la poliolefina puede variar dependiendo de una diversidad de factores, tales como el tipo de materiales utilizados y las condiciones de procesamiento. Los expertos en la técnica pueden variar estos parámetros aprovechándose de esta descripción, para producir modificadores reactivos que tengan un rendimiento de injerto deseado por el usuario.

El rendimiento de injerto puede determinarse empleando cualquier procedimiento adecuado. Por ejemplo, el rendimiento de injerto puede determinarse mediante una espectroscopía de infrarrojos de la transformada de Fourier (FTIR). En una realización, un procedimiento para determinar el rendimiento de injerto comprende obtener los espectros de FTIR de muestras poliméricas que presentan una mezcla de PP y GMA, en las que se conoce la

cantidad de cada componente. Puede generarse una curva de calibración representando gráficamente la intensidad de la señal en una o más longitudes de onda como una función de la concentración de los componentes. Después pueden determinarse los espectros de FTIR de una muestra de PP-g-GMA y compararse con la curva de calibración para determinar el rendimiento de injerto. Este procedimiento se describe con más detalles en Angew. Makromol. Chem., 1995, V229, pp. 1-13, que se incorpora por referencia en la presente en su totalidad. En una realización, un HGGMA puede tener un rendimiento de injerto del 0,2% en peso al 15% en peso, como alternativa del 0,5% en peso al 10% en peso, como alternativa del 1,0% en peso al 5,0% en peso.

En una realización, el modificador reactivo está presente en la CB y/o CPEB en una cantidad del 0,5% en peso al 15% en peso, basado en el peso total de la mezcla, como alternativa del 1,0% en peso al 10% en peso, y como alternativa del 3,0% en peso al 5,0% en peso.

En una realización, el PP, PE, PLA, CB y/o CPEB también pueden contener aditivos para impartir propiedades físicas deseadas, tales como facilidad de impresión, mayor brillo, o una menor tendencia al bloqueo. Los ejemplos de aditivos incluyen, sin limitación, estabilizantes, agentes de pantalla para el ultravioleta, oxidantes, antioxidantes, agentes antiestáticos, absorbentes de la luz ultravioleta, piroretardantes, aceites de procesamiento, agentes de liberación del molde, agentes colorantes, pigmentos/tintes, cargas y/u otros aditivos adecuados. Los aditivos mencionados anteriormente pueden utilizarse por sí solos o en combinación para formar diversas formulaciones del polímero. Por ejemplo, los estabilizantes o agentes de estabilización pueden emplearse para ayudar a proteger a la resina polimérica de la degradación debida a la exposición a temperaturas excesivas y/o luz ultravioleta. Estos aditivos pueden incluirse en cantidades eficaces para impartir las propiedades deseadas. Las cantidades eficaces de los aditivos y los procedimientos para la inclusión de estos aditivos en las composiciones poliméricas pueden ser determinados por los expertos en la técnica con la ayuda de esta descripción.

En una realización, una CB comprende PP, PLA, y un HGGMA, todos del tipo previamente descrito en la presente. A continuación, la descripción se centrará en una CB que comprende PP, PLA, y un modificador reactivo, aunque también se contemplan otras mezclas compatibilizadas (por ejemplo, CPEB).

En una realización, una CB puede prepararse poniendo en contacto un homopolímero de PP, PLA, y un modificador reactivo (es decir, poliolefina funcionalizada con epoxi), cada uno del tipo descrito previamente en la presente, bajo condiciones adecuadas para la formación de una mezcla polimérica. El PP, PLA, y el modificador reactivo pueden mezclarse en seco, introducirse en un extrusor y fundirse dentro del extrusor. El mezclado puede realizarse empleando un mezclado continuo, tal como, por ejemplo, un mezclador que consiste en un extrusor de doble tornillo corrotante ensamblado para mezclar/fundir los componentes de la CB, y un extrusor de un único tornillo o una bomba de engranajes para bombear. La CB después puede secarse en una estufa o al vacío. Según la invención, el modificador reactivo es un polipropileno funcionalizado con epoxi.

Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, la formación de un copolímero injertado de PP-epoxi-PLA se produce tras la extrusión reactiva, en la que al menos una porción del modificador reactivo (es decir, la poliolefina funcionalizada con epoxi), que en un principio está asociado con el PP, migra hacia la interfase de PP/PLA. El modificador reactivo puede ponerse en contacto con las moléculas de PLA en la interfase entre las fases de PP y PLA, y reaccionar con la PLA para formar copolímero injertados de PP-epoxi-PLA en la interfase. El compatibilizador (es decir, copolímero de PP-epoxi-PLA) que se forma in situ a partir de la extrusión reactiva del modificador reactivo (es decir, la poliolefina funcionalizada con epoxi), PP y PLA, puede realizar múltiples funciones. En un estado fundido, el compatibilizador puede disminuir la tensión interfacial entre PP y PLA y mejorar la dispersión de la fase de PLA en el PP. Cuando la CB se solidifica, el compatibilizador permanece en la interfase de PP y PLA, en donde puede actuar para enlazar químicamente el PP y la PLA. Así, los compatibilizadores forman una capa adhesiva o de unión que actúa para mejorar la unión interfacial, lo cual produce CB con mejores dispersiones de fase y propiedades, comparados con una mezcla de PP/PLA no compatibilizada.

Las CB de esta descripción pueden convertirse en artículos de uso final mediante cualquier procedimiento adecuado. En una realización, esta conversión es un procedimiento de conformación de plásticos, tal como moldeado por soplado, extrusión, moldeado por soplado de inyección, moldeado por soplado de estiramiento de inyección, termoconformación y similares. En una realización, el artículo de uso final es un artículo moldeado por inyección. Los ejemplos de artículos de uso final en los que puede conformarse la mezcla polimérica incluyen envases alimentarios, suministros de oficina, madera plástica, madera de sustitución, tablas para exteriores, soportes estructurales, composiciones de suelos laminados, sustratos de espuma polimérica; superficies decorativas (es decir, moldeado en corona, etc.), materiales para exteriores resistentes a la meteorología, señales y pancartas de promoción, artículos para el hogar y de consumo, aislamiento de edificios, envases para cosméticos, materiales de sustitución para exteriores, tapas y recipientes (es decir, para embudidos, fruta, dulces y galletas), aparatos, utensilios, partes electrónicas, partes de automoción, cierres, equipos protectores del cráneo, pelotas de paintball reutilizables, juguetes (por ejemplo, ladrillos de LEGO), instrumentos musicales, cabezas de

5 palos de golf, conductos, máquinas de trabajo y componentes de teléfonos, cabezas de ducha, manijas de puertas, manijas de grifos, cubiertas de ruedas, rejillas frontales de automoción, etc. Las CB de esta descripción pueden convertirse en fibras (por ejemplo, fibras de múltiples componentes, fibras de dos componentes, etc.) para su uso en tejidos planos, tales como tejidos que posteriormente puede procesarse para formar materiales textiles, por ejemplo, mediante urdido, tricotado, crochet, anudado, compresión de fibras o sus combinaciones. En algunas realizaciones, estas fibras pueden emplearse en un refuerzo concentrado, y las fibras tejidas, tales como hilos y tejidos, pueden utilizarse como fibras de unión en tejidos planos de múltiples fibras. Estos tejidos planos de múltiples fibras pueden utilizarse para la fabricación de alfombras. Otros artículos de uso final serán evidentes para los expertos en la técnica empleando las ventajas de esta descripción. En una realización, las CB se emplean para la producción de películas de BOPP, tal como se describirá con más detalle en la presente.

10 La CB y los artículos de uso final construidos a partir de ella pueden mostrar mejores propiedades mecánicas, de resistencia y/o de tracción, cuando se comparan con una composición, por lo demás similar, que carezca de compatibilizador. En lo sucesivo, las comparaciones de propiedades (por ejemplo, mecánicas, físicas, ópticas) se realizan comparando una composición polimérica que comprende una composición de polipropileno, por lo demás similar, o una composición de poli(ácido láctico), por lo demás similar, o una composición de polipropileno y poli(ácido láctico), por lo demás similar, que carece de compatibilizador.

15 En una realización, una CB del tipo descrito en la presente tiene una velocidad de flujo en estado fundido (MFR) de 0,5 a 100 g/10 min, como alternativa de 1,5 a 50 g/10 min, como alternativa de 5,0 a 20 g/10 min. La MFR, tal como se define en la presente, se refiere a la cantidad de una resina polimérica fundida que fluye a través de un orificio a una temperatura especificada y bajo una carga especificada. La MFR puede determinarse empleando un plastómetro de pistón de peso muerto que extruye polipropileno a través de un orificio de dimensiones especificadas a una temperatura de 230 °C y una carga de 2,16 kg según ASTM D 1238.

20 En una realización, el artículo es un artículo moldeado por inyección. En esta realización, un artículo moldeado por inyección construido a partir de una CB del tipo descrito en la presente muestra un mayor módulo de tracción. El módulo de tracción es la proporción de tensión de presión a elástica en la tensión. Por tanto, cuanto más grande sea el módulo de tracción, más rígido es el material, y se requiere más presión para producir una cantidad dada de tensión. En una realización, el artículo puede mostrar un módulo de tracción de 200 kpsi a 350 kpsi (1378951,458-2413165,052 kPa), como alternativa de 220 kpsi a 300 kpsi (1516846,604-2068427,187 kPa), como alternativa de 250 kpsi a 300 kpsi (1723689,323-2068427,187 kPa), determinado según ASTM D638.

25 En una realización, un artículo moldeado por inyección construido a partir de una CB del tipo descrito en la presente muestra una resistencia al impacto comparable a una mezcla de polipropileno y/o de PP/PLA no compatibilizada, según se refleja por una resistencia al impacto Izod con muesca similar. El impacto Izod se define como la energía cinética necesaria para iniciar una fractura en un espécimen y continuar la fractura hasta que el espécimen se rompe. Los ensayos de la resistencia al impacto Izod determinan la resistencia de una muestra polimérica a la rotura por choque flexural, indicada por la energía gastada por un martillo de tipo péndulo para romper un espécimen patrón de un solo golpe. El espécimen está marcado con muescas, que actúan para concentrar la presión y estimular una fractura friable, en lugar de dúctil. De modo específico, el ensayo de impacto Izod mide la cantidad de energía perdida por el péndulo durante la rotura del espécimen de ensayo. La energía perdida por el péndulo es la suma de las energías necesarias para iniciar la fractura de la muestra, para propagar la fractura a lo largo del espécimen, y cualquier otra pérdida de energía asociada con el sistema de medición (por ejemplo, la fricción en el soporte del péndulo, la vibración del brazo del péndulo, la energía de sacudida de la muestra, etc.). En una realización, el artículo puede mostrar una resistencia al impacto Izod con muesca de 0,2 pie-lb/in a 2,0 pie-lb/in (10,6-106 J/m), como alternativa de 0,5 pie-lb/in a 1,5 pie-lb/in (26,5-79,5 J/m), y como alternativa de 0,6 pie-lb/in a 1,0 pie-lb/in (31,8-53 J/m), determinada según ASTM D256.

30 En esta realización, un artículo moldeado por inyección construido a partir de una CB del tipo descrito en la presente muestra una mayor resistencia a la tracción en el límite elástico. La resistencia a la tracción en el límite elástico es la fuerza por unidad de área requerida para que un material se doble. En una realización, el artículo puede mostrar una resistencia a la tracción en el límite elástico 4.000 psi a 6.000 psi (27579,03-41368,54 kPa), como alternativa de 4.500 psi a 5.800 psi (31026,41-39989,59 kPa), y como alternativa de 5.000 psi a 5.500 psi (34473,79-37921,17 kPa), determinada según ASTM D882.

35 En una realización, un artículo moldeado por inyección construido a partir de una CB del tipo descrito en la presente muestra una mayor rigidez, según se refleja en un mayor módulo flexural. El ensayo del módulo flexural, de forma general, mide la fuerza requerida para doblar una barra del material de muestra. La fuerza se aplica al centro de la barra de muestra, mientras la barra está soportada sobre ambos extremos. En una realización, el artículo puede mostrar un módulo flexural de 170 kpsi a 300 kpsi (1172108,739-2068427,187 kPa), como alternativa de 180 kpsi a 250 kpsi (1241056,312-1723689,323 kPa), como alternativa de 200 kpsi a 250 kpsi (1378951,458-1723689,323 kPa), determinado según ASTM D790.

- En una realización, el artículo es una película, como alternativa una película biaxialmente orientada. En general, la orientación de una composición polimérica se refiere al procedimiento por el cual se impone una direccionalidad (la orientación de las moléculas entre sí) a las disposiciones poliméricas en la película. Esta orientación se emplea para impartir propiedades deseables a películas, tales como dureza y opacidad, por ejemplo. Tal como se emplea en la presente, la expresión "orientación biaxial" se refiere a un procedimiento en el cual una composición polimérica se calienta hasta una temperatura en la temperatura de transición vítrea, o mayor, pero menor que su punto de fusión cristalino. Inmediatamente después de calentar, el material después puede extrusionarse en una película y estirarse en una dirección longitudinal (es decir, la dirección de la máquina) y en una dirección transversal o lateral (es decir, la dirección del bastidor).
- En una realización, una CB del tipo descrito en la presente se calienta en un extrusor hasta una temperatura igual o menor que 210 °C, o de 180 °C a 250 °C, o de 200 °C a 220 °C. El polímero fundido después puede salir a través de un troquel, y la placa fundida puede utilizarse para formar una película extrusionada, una película moldeada, una película biaxialmente orientada o similares. En una realización, la placa fundida puede salir a través del troquel y llevarse a un rodillo, sin más estiramiento, para formar una película extrusionada. Como alternativa, la placa fundida puede salir a través del troquel y ser uniaxialmente estirada mientras se lleva a un rodillo de enfriamiento en donde se enfría para producir una película moldeada.
- En una realización, la placa fundida sale a través del troquel y se hace pasar sobre un primer rodillo (por ejemplo, un rodillo de enfriamiento) que solidifica la composición polimérica (es decir, CB) para formar una película. Después, la película puede orientarse estirando dicha película en una dirección longitudinal y en una dirección transversal. La orientación longitudinal en general se logra mediante el uso de dos rodillos dispuestos secuencialmente, y el segundo rodillo (o rodillo rápido) funciona a una velocidad, con relación al rodillo más lento, que se corresponde con la proporción de orientación deseada. La orientación longitudinal puede lograrse, como alternativa, mediante una serie de rodillos con velocidades crecientes, a veces con rodillos intermedios adicionales para el control de la temperatura y otras funciones.
- Después de la orientación longitudinal, la película puede enfriarse, precalentarse y trasladarse hacia una sección de orientación lateral. La sección de orientación lateral puede incluir, por ejemplo, un mecanismo de marco de bastidor, en el que la película se somete a una presión en la dirección transversal. Después de dicha orientación puede realizarse un reasociado y/u otro procesamiento adicional.
- Como alternativa, la película puede estirarse en ambas direcciones al mismo tiempo. En una realización, la película puede producirse utilizando una fuerza de estiramiento de 0,2 MPa a 15 MPa, como alternativa de 1,0 MPa a 10 MPa, y como alternativa de 2,0 MPa a 7 MPa. En una realización, la película se orienta en la dirección de la máquina a una temperatura de 90 °C a 170 °C, como alternativa de 100 °C a 165 °C, y como alternativa de 125 °C a 160 °C, y se orienta en la dirección transversal a una temperatura de 100 °C a 180 °C, como alternativa de 115 °C a 170 °C, y como alternativa de 125 °C a 165 °C.
- Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, tras el enfriamiento, el alineamiento molecular impuesto por el estiramiento compite favorablemente con la cristalinización, y las moléculas de polímero estiradas se condensan en una red cristalina con los dominios cristalinos alineados en la dirección de la fuerza de estiramiento. Pueden encontrarse otras descripciones de la producción de películas biaxiales en la patente de EEUU n.º 4.029.876 y la patente de EEUU n.º 2.178.104, cada una de las cuales se incorpora por referencia en la presente en su totalidad.
- Además, las películas preparadas a partir de CB del tipo descrito en la presente pueden formar una o más capas de una película de múltiples capas. Las capas adicionales de la película de múltiples capas pueden ser cualquier película coextrusionable adecuada, tal como polipropileno sindiotáctico, polietileno de baja densidad, polietileno de baja densidad lineal, polietileno de densidad intermedia, polietileno de alta densidad, copolímeros de etileno-propileno, copolímeros de butileno-propileno, copolímeros de etileno-butileno, terpolímeros de etileno-propileno-butileno, copolímeros de etileno-acetato de vinilo, copolímeros de etileno-alcohol vinílico, náilon y similares, o sus combinaciones.
- En una realización, una película de BOPP construida a partir de una CB del tipo descrito en la presente puede mostrar una mayor rigidez, según se refleja por un aumento en el módulo secante al 1%. El módulo secante es una medida de la respuesta de presión frente a la tensión de un material o la capacidad de aguantar la deformación bajo una fuerza aplicada. En una realización, la película de BOPP puede tener un módulo secante al 1% de 200 kpsi a 400 kpsi (1378951,458-2757902,917 kPa), como alternativa de 250 kpsi a 380 kpsi (1723689,323 2620007,771 kPa), como alternativa de 300 kpsi a 350 kpsi (2068427,187-2413165.052 kPa), determinado según ASTM D882.
- La CB puede mostrar mejores propiedades de tracción, tal como se refleja en un aumento en la resistencia a la tracción en la rotura (también denominada resistencia en la rotura/en el límite elástico) y un alargamiento de

tracción en la rotura (también denominado alargamiento en la rotura/en el límite elástico). Los ensayos para determinar las propiedades de tracción pueden realizarse en la dirección de la máquina (MD), que es paralela a la dirección de la orientación del polímero y/o en una dirección transversal (TD), que es perpendicular a la dirección de la orientación del polímero. La resistencia a la tracción en la rotura es la fuerza por unidad de área necesaria para romper un material. En una realización, la resistencia a la tracción en la rotura en la MD varía de 20 kpsi a 40 kpsi (137895,145-275790,291 kPa), o de 25 kpsi a 35 kpsi (172368,932-241316,505 kPa), o de 30 kpsi a 33 kpsi (206842,718-227526,990 kPa), determinada según ASTM D882. El alargamiento de tracción en la rotura es el porcentaje de aumento en la longitud que se produce antes de que un material se rompa bajo tensión. En una realización, el alargamiento de tracción en la rotura en la MD varía del 50% al 150%, o del 70% al 120%, o del 80% al 100%, determinado según ASTM D882.

La película de BOPP producida a partir de las CB descritas en la presente puede mostrar un mayor encogimiento, propiedades ópticas, propiedades de barrera, y/o facilidad de impresión, cuando se compara con una película de BOPP similar producida utilizando un homopolímero de PP, por lo demás similar, o un homopolímero de PLA, por lo demás similar, o una mezcla de PP/PLA no compatibilizada.

En una realización, una película de BOPP construida a partir de una CB del tipo descrito en la presente puede mostrar un menor encogimiento. El encogimiento de la película puede calcularse midiendo, en primer lugar, la longitud de contracción tras un enfriamiento en la dirección del flujo (denominado MD cuando se mide el encogimiento diferencial) y la longitud de contracción que se produce en la dirección transversal al flujo (denominada TD cuando se mide el encogimiento diferencial). La diferencia entre las contracciones en la dirección del flujo y transversal al flujo a una temperatura concreta, multiplicada por 100%, produce el porcentaje de encogimiento. En una realización, las películas de BOPP producidas a partir de las CB del tipo descrito en la presente tienen un encogimiento a 125 °C del 5% al 20%, o del 8% al 15%, o del 10% al 12%.

En una realización, una película de BOPP construida a partir de una CB del tipo descrito en la presente muestra un mayor brillo y una menor opacidad. El brillo de un material se basa en la interacción de la luz con la superficie de un material, y de modo más específico, es la capacidad de la superficie para reflejar la luz en una dirección especular. El brillo se mide midiendo el grado de brillo como una función del ángulo de la luz incidente, por ejemplo, a un ángulo incidente de 45° (también conocido como "brillo a 45°"). En una realización, las películas de BOPP producidas a partir de las CB del tipo descrito en la presente tienen un brillo a 45° de 50 a 130, o de 80 a 130, o de 100 a 130, determinado según ASTM D2457.

La opacidad es el aspecto turbio de un material provocado por la luz dispersada desde el interior del material o desde su superficie. La opacidad de un material puede determinarse según ASTM D1003-00 para un porcentaje de opacidad igual o menor que 30%. Un material que tiene un porcentaje de opacidad mayor que 30% puede determinarse según ASTM E167. En una realización, las películas de BOPP producidas a partir de las CB del tipo descrito en la presente tienen un porcentaje de opacidad del 1% al 90%, o del 3% al 50%, o del 5% al 10%.

Las películas de BOPP producidas a partir de las CB de esta descripción pueden mostrar una velocidad de transmisión de oxígeno (OTR) similar. La OTR es la velocidad en estado estacionario a la que el oxígeno gaseoso permea a través de una película a una condición especificada de temperatura y humedad relativa. La OTR puede medirse exponiendo un lado de una película a una atmósfera de oxígeno. A medida que el oxígeno se solubiliza en la película y permea a través del material, el nitrógeno barre el lado opuesto de la película y transporta las moléculas de oxígeno transmitido hacia un detector culométrico. Este valor se indica como la velocidad de transmisión. Cuando esta velocidad se multiplica por el espesor promedio del material, los resultados se consideran una velocidad de permeabilidad. En una realización, las películas de BOPP producidas a partir de las CB de esta descripción tienen una velocidad de transmisión de oxígeno de 100 a 300 cm<sup>3</sup>/100 in<sup>2</sup> (645,16 cm<sup>2</sup>)/24 h a 100 °F (37,7 °C), o de 150 a 250 cm<sup>3</sup>/100 in<sup>2</sup> (645,16 cm<sup>2</sup>)/24 h a 100 °F (37,7 °C), o de 180 a 220 cm<sup>3</sup>/100 in<sup>2</sup> (645,16 cm<sup>2</sup>)/24 h a 100 °F (37,7 °C), determinadas según ASTM D3895.

Las películas de BOPP producidas a partir de las CB de esta descripción pueden mostrar una mayor tensión superficial. La tensión superficial de las películas de BOPP producidas a partir de las CB de esta descripción puede determinarse determinando el ángulo de contacto entre una gota de agua y la película de BOPP. El ángulo de contacto es el ángulo en el que una interfase de líquido/vapor (por ejemplo, una gota de agua) se junta con la superficie de la película. En una realización, las películas de BOPP producidas a partir de las CB del tipo descrito en la presente tienen un ángulo de contacto de 90° a 110°, o de 95° a 106°, o de 100° a 103°, determinado según ASTM D5946.

En una realización alternativa, una CB del tipo descrito en la presente se emplea para preparar una película moldeada. La película moldeada puede tener un ángulo de contacto que varía de 90° a 110°, como alternativa de 95° a 105°, y como alternativa de 98° a 102°, determinado según ASTM D5946. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, un alto ángulo de contacto sugiere una menor tensión superficial y una mayor facilidad de impresión.

En una realización alternativa, una CB del tipo descrito en la presente, cuando se conforma en una película, puede tener una menor rugosidad superficial. Puede realizarse una medición de la rugosidad superficial empleando un microscopio de fuerza atómica (AFM). En las fotografías de topología de AFM, Ra es el parámetro que se emplea más habitualmente para describir el promedio de rugosidad superficial y se define como una integral del valor absoluto del perfil de rugosidad medido a lo largo de una longitud de evaluación. El intervalo Z se refiere al promedio de desplazamiento en la dirección z, que refleja la rugosidad superficial de pico a valle.

### Ejemplos

Habiendo descrito en general la descripción, se ofrecen los siguientes ejemplos como realizaciones concretas de la descripción y para demostrar la práctica y las ventajas de la misma. Se entiende que los ejemplos se ofrecen como ilustración y no pretenden limitar la memoria descriptiva ni las reivindicaciones adjuntas de ninguna manera. En lo sucesivo, a menos que se indique lo contrario, la cantidad de componentes en una composición o formulación se presenta como porcentaje que indica el porcentaje en peso del componente, basado en el peso total de la composición.

#### Ejemplo 1

Se investigó el grado de injerto de GMA en el polipropileno durante la preparación de un modificador reactivo (es decir, PP-g-GMA). Las muestras se prepararon utilizando una resina polipropileno base, 3276, que es un homopolímero de polipropileno disponible en el mercado en Total Petrochemicals, y GMA con un punto de relámpago de 85 °C y una viscosidad de 2,7 cps que está disponible en el mercado en Dow Chemicals. Los comonomeros de acrilato multifuncionales son diacrilato de polietilenglicol SR259 (200) con una viscosidad de 25 cps, y ésteres de triacrilato de trimetilopropano (TMTPA) SR351 con una viscosidad de 106 cps; ambos están disponibles en el mercado en Sartomer. El iniciador utilizado fue peróxido LUPERSOL 101 (L101). Las formulaciones se indican en la tabla 9 como partes en peso por cien partes de la resina base (phr).

La pelusa de 3276 se mezcló con el comonomero de acrilato multifuncional (es decir, GMA) y el iniciador en un mezclador de 50 litros en cantidades de 30 lbs (13,6078 kg). Después, la pelusa mezclada se introdujo en un extrusor de doble tornillo MICRO-27 a una velocidad de tornillo de 100 rpm con la desvolatilización al vacío accionada y una capacidad de procesamiento de 10 lbs/hr (4,5 kg/h). Los perfiles de zona fueron 400 °F (204,4 °C) - 400 °F (204,4 °C) - 395 °F (201,6 °C) - 390 °F (198,8 °C) - 380 °F (193,3 °C) - 375 °F (190,5 °C) - 370 °F (187,7 °C) - 365 °F (185 °C) - 360 °F (182,2 °C). Los parámetros de procesamiento experimentales se resumen en la tabla 9.

Tabla 9

Muestra n.º	Formulaciones				Parámetros de extrusión				Productos	
	Resina base	GMA (phr)	Comon. (phr)	L-101 (phr)	Entrada (lb/hr) (kg/h)	Tornillo (rpm)	Momento de torsión (%)	Temp./presión de fusión (°F/psi) (°C/kPa)	MFR (g/10 mn)	GMA (%)
n.º 1 (PP)	pelusa 3276	0		0,05	10 (4,5)	100	33	385,6/310 (196,4/2137,37)	15,6	0
n.º 2 (PP-g-GMA-3)	pelusa 3276	3		0,30	10 (4,5)	100	32	389,0/250 (198,3/1723,69)	25,5	~0,2%
n.º 3 (PP-g-GMA-6)	pelusa 3276	3	1(SR259)	0,30	10 (4,5)	100	29	386/200 (196,6/1378,95)	36,2	~3,0%
n.º 4 (PP-g-GMA-7)	pelusa 3276	31,7	1(SR351)	0,30	10 (4,5)	100	-	-/-	25,6	~2,0%

Después se midió el rendimiento de injerto basándose en los espectros de espectroscopía de infrarrojos de la transformada de Fourier (FTIR) de los productos de PP-g-GMA resultantes. Los productos de PP-g-GMA se disolvieron en xileno caliente y se precipitaron en una cantidad en exceso de acetona. Los oligómeros de GMA son solubles en acetona. El PP-g-GMA precipitado después se secó al vacío y se comprimió con KBr en discos para el análisis de FTIR. La figura 1 es el espectro de FTIR de las diversas muestras de PP-g-GMA. Remitiéndose a la

figura 1, la presencia de polipropileno puede detectarse por la aparición de un pico a  $2722\text{ cm}^{-1}$  para todas las muestras. La muestra 1 es la reextrusión de la resina base con 0,05 phr de peróxido. La muestra 2 es un PP injertado con GMA, que se prepara utilizando formulaciones de extrusión reactiva convencionales (es decir, en ausencia de un comonomero de acrilato multifuncional), que muestra una intensidad de pico C=O insignificante a  $1730\text{ cm}^{-1}$ , el pico asignado al GMA, lo cual indica que se obtuvo un rendimiento de injerto de GMA mínimo. Sin embargo, cuando está presente un comonomero de acrilato multifuncional (muestras 3 y 4), se observa un pico C=O fuerte.

Un examen más cercano del pico C=O a  $1730\text{ cm}^{-1}$  para las muestras 3 y 4, que aparece en la figura 2, sugiere que la señal realmente son dos picos solapantes que indican que el GMA y el comonomero de acrilato multifuncional se injertaron sobre el esqueleto de polipropileno. Un débil pico de epoxi a aproximadamente  $860\text{ cm}^{-1}$ , que se asignó a moléculas de GMA injertada sobre las cadenas principales del polipropileno, también es visible en el espectro de FTIR.

Después se calculó el rendimiento de injerto (GMA%) basándose en los resultados de FTIR y también se tabula en la tabla 9. Con GMA como un monómero puro (sin comonomero de acrilato multifuncional), el rendimiento de injerto observado en la muestra 2 es insignificante. Sin embargo, a una proporción de GMA:comonomero de acrilato multifuncional 3:1, el rendimiento de injerto aumenta, tal como se muestra en las muestras 3 y 4. El PP-g-GMA preparado como se describe en este ejemplo puede combinarse con otros componentes, según se describen en la presente (por ejemplo, PP y PLA) para formar las CB. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, un PP-g-GMA con alto grado de injerto puede ser más eficaz para compatibilizar mezclas de PP/PLA para formar CB.

## 20 Ejemplo 2

Se controló la presión de fusión de la CB fabricada a partir de 3271 y PLA 6201D con y sin diversos modificadores reactivos durante la extrusión. La muestra 5 es una mezcla de PP/PLA sin modificador reactivo, la muestra 6 es una mezcla de PP/PLA que incluye PP-g-GMA-3 como modificador reactivo, la muestra 7 es una mezcla de PP/PLA que incluye PP-g-GMA-6 como modificador reactivo, y la muestra 8 es una mezcla de PP/PLA que incluye LOTADER AX8840 como modificador reactivo. LOTADER AX8840 es una resina de polietileno reactiva funcionalizada con GMA disponible en el mercado en Arkema. El PP-g-GMA-3 es un polipropileno funcionalizado de bajo grado de injerto empleado para preparar PP-g-GMA injertado que comprende menos del 0,5% de GMA, PP-g-GMA-6 es un polipropileno funcionalizado de alto grado de injerto empleado para preparar PP-g-GMA de alto grado de injerto que comprende 3% de GMA que se prepara como se describió en el ejemplo 1, y LOTADER AX8840 es una resina funcionalizada de polietileno empleada para preparar un PP-g-GMA de alto grado de injerto que comprende 8% de GMA.

Las formulaciones de la mezcla de reacción y MFR de las mezclas de PP/PLA producidas se resumen en la tabla 10.

Tabla 10

Muestra	Mezclas	MFR (g/10 min)	Reacciones en estado fundido	Copolímero de injerto	Compatibilización
5	PP/PLA	2,2	No	No	No
6	PP/PLA/PP-g-GMA-3	2,2	epóxido con -COOH	PP-g-GMA-co-PLA	Sí
7	PP/PLA/PP-g-GMA-6	2,0	epóxido con -COOH	PP-g-GMA-co-PLA	Sí
8	PP/PLA/Lotader	1,9	epóxido con -COOH	PP-g-GMA-co-PLA	Sí

El 3271 se mezcló con 10% de PLA 6201D (previamente secado a  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 6 horas al vacío antes de la extrusión) y 5% del compatibilizador indicado. Las mezclas se extruyeron en un extrusor de doble tornillo corrotante de 27 mm. La velocidad del tornillo del extrusor se ajustó a 100 rpm y la velocidad de salida a 15 lbs/hr (6,8 kg/hr). Las entradas devolvieron al vacío para eliminar cualquier compuesto volátil generado durante la extrusión.

La figura 3 muestra los datos de presión de fusión para cada muestra como una función del tiempo de extrusión. Comparado con la mezcla de PP/PLA no compatibilizada (muestra 5), la adición de PP-g-GMA-3 (muestra 6) no afecta a la presión de fusión de la composición, mientras que la presencia de PP-g-GMA-6 de alto grado de injerto (muestra 7) aumenta ligeramente la presión de fusión de la mezcla de PP/PLA. Sin pretender quedar limitado por

5 teoría alguna, el ligero aumento puede ser debido a la reacción de los grupos epóxido en el PP-g-GMA con los grupos PLA-COOH, formando copolímeros de PP-g-GMA-co-PLA y provocando el ligero aumento en la presión de fusión. La mezcla de PP/PLA/LOTADER (muestra 8) demuestra la presión de fusión más alta, que puede atribuirse al alto contenido en GMA en la muestra 8 que puede haber actuado como un extensor de cadena eficaz para la PLA durante la extrusión en estado fundido.

10 Los gránulos extrusionados se moldearon por compresión y después se caracterizaron para las dispersiones de fase mediante un microscopio de fuerza atómica (AFM). Las fotografías de AFM resultantes se muestran en la figura 4. Remitiéndose a la figura 4, se observó que todas las muestras formaron una mezcla inmiscible, en la que la fase de PLA 10 se dispersa en la fase de polipropileno 20. Se observa que las fases de PLA 10 en la mezcla de PP/PLA no compatibilizada (muestra 5) tenían una diversidad de tamaños, que varían hasta 5 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ) y mayores. Las fases de PLA 10 en PP-g-GMA-3 (muestra 6) fueron más pequeñas y estaban más dispersadas que en la mezcla de PP/PLA no compatibilizada (muestra 5). Las fases de PLA 10 en la mezcla de PP/PLA/LOTADER (muestra 8) fueron más pequeñas y estaban más dispersadas que las observadas en la mezcla de PP/PLA no compatibilizada y la mezcla de PP-g-GMA-3. Por último, las fases de PLA 10 observadas en la mezcla de PP-g-GMA-6 (muestra 7) fueron más pequeñas con tamaños más uniformes y estaban más dispersadas que las observadas en otras muestras (muestra 5, 6, 8).

### Ejemplo 3

20 Se investigó la resistencia elástica de las películas orientadas biaxialmente preparadas a partir de las CB producidas con diversos modificadores reactivos y se comparó con PP. Se prepararon cuatro muestras, denominadas muestras 10-13, a partir de las formulaciones listadas en la tabla 11. Los modificadores reactivos fueron PP funcionalizado con epoxi (GMA-3 y GMA-6) y PE funcionalizado con epoxi (LOTADER) según se indica. Las mezclas se prepararon y se moldearon en láminas de 16 mil de espesor y se estiraron empleando un Bruckner Karo IV. La proporción de estiramiento areal fue de 6 x 6 con una velocidad de estiramiento de 30 m/min en la dirección de la máquina y transversal. Los materiales pudieron estirarse con una amplia ventana de temperatura de 130 °C a 155 °C.

Tabla 11

Muestra	Nombre de la muestra	Descripción
10	PP/PLA	3271/10% de PLA
11	GMA-3	3271/10% de PLA/5% de PP-g-GMA-3
12	GMA-6	3271/10% de PLA/5% de PP-g-GMA-6
13	LOTADER	3271/10% de PLA/5% de LOTADER AX8840

Los resultados se tabulan en la tabla 12 y se representan gráficamente en la figura 5.

Tabla 12

Temp. de estiramiento, °C	PP 3271	Muestra 10 de PP/PLA	Muestra 11 de PP/PLA/GMA-3	Muestra 12 de PP/PLA/GMA-6	Muestra 13 de PP/PLA/Lotader
130		6,54	6,19	6,54	5,53
135	5,5	5,24	5,21	5,48	4,55
140	4,5	4,48	4,28	4,36	3,6
145	3	2,92	2,9	2,97	2,6
150	1,5	1,72	1,71	1,76	1,64
155	0,7	0,84	0,8	0,88	0,87

30 La figura 5 es una gráfica de la resistencia elástica en la dirección de la máquina como una función de la temperatura de estiramiento. Remitiéndose a la figura 5, la mayoría de las muestras pueden estirarse con una fuerza de estiramiento comparable para una temperatura concreta, con la excepción de la muestra 13. La muestra

13, que comprende 5% de LOTADER, muestra una fuerza de estiramiento que disminuye en 15%, cuando se compara con la mezcla de PP/PLA no compatibilizada (muestra 10). Así, la mezcla de PP/PLA compatibilizada con LOTADER puede presentar un estiramiento más fácil y una ventana de procesamiento más amplia para una resina de polipropileno, tal como un polipropileno de alta cristalinidad (HCPP).

#### 5 Ejemplo 4

Se investigaron las propiedades ópticas de las películas de BOPP producidas a partir de las diversas muestras de CB estiradas a 135 °C del ejemplo 3. Se determinó el porcentaje de opacidad y de brillo a 45°, y los resultados se tabulan en la tabla 13 y se representan gráficamente en la figura 6.

Tabla 13

Muestras	Opacidad (%)	Brillo (%)
PP 3271	0,5	93
Muestra 10 de PP/PLA	67,8	113,3
Muestra 11 de PP/PLA/GMA-3	52,1	106,3
Muestra 12 de PP/PLA/GMA-6	21,7	83,6
Muestra 13 de PP/PLA/Lotader	20,3	55,3

10

Remitiéndose a la figura 6, las películas de BOPP de la mezcla de PP/PLA no compatibilizada (muestra 10) tienen un aspecto opaco con un porcentaje de opacidad del 70%. La presencia de modificadores reactivos en general reduce la opacidad de las películas. Las muestras preparadas con GMA-6 y LOTADER, las muestras 12 y 13 respectivamente, produjeron películas de BOPP más transparentes con unos porcentajes de opacidad que disminuyen en 20% cuando se comparan con la mezcla de PP/PLA no compatibilizada. Los resultados de bajo porcentaje de opacidad para GMA-6 y LOTADER sugieren que ambos modificadores reactivos pueden ser capaces de reducir la tensión interfacial durante la mezcla en estado fundido y proporcionar una buena dispersión del PLA. Además, sin pretender quedar limitado por teoría alguna, estos sistemas compatibilizados pueden tener interfases reforzadas en estado sólido, que evitan la separación de los límites de matriz-partícula durante la orientación biaxial, y minimizando la cavitación que reduce aún más la transparencia de la película.

15

20

#### Ejemplo 5

Se investigó también la opacidad de las películas de BOPP producidas a partir de una mezcla de PP/PLA que comprende GMA-6 o LOTADER. Las muestras 10, 12, y 13 del ejemplo 3 se estiraron a seis temperaturas de estiramiento diferentes que varían de 130 °C a 155 °C. Después se determinó el porcentaje de opacidad de cada película y los resultados se tabulan en la tabla 14 y se presentan en la figura 7, en la que el porcentaje de opacidad se representa gráficamente como una función de la temperatura de estiramiento.

25

Tabla 14

Temp. de estiramiento, °C	Muestra 10 de PP/PLA	Muestra 12 de PP/PLA/GMA-6	Muestra 13 de PP/PLA/Lotader
130	88	49	34
135	64	20	20
140	35	10	15
145	13	9	13
150	14	11	13,4
155	15	12	13

Los resultados demuestran que la muestra 10, una mezcla de PP/PLA no compatibilizada, tiene un aspecto opaco con un alto porcentaje de opacidad a bajas temperaturas, y tiene un aspecto más transparente con unos porcentajes de opacidad reducidos a temperaturas de estiramiento más altas. El porcentaje de opacidad alcanza el

30

valor más bajo a 145 °C, y aumenta ligeramente a medida que aumentan las temperaturas de estiramiento. Las mezclas de PP/PLA con los modificadores reactivos se comportan de modo similar a temperaturas más bajas, y los porcentajes de opacidad para las muestras 12 y 13 fueron menores que los observados para la muestra 10. A temperaturas más altas, los porcentajes de opacidad para las muestras 12 y 13 fueron similares a la muestra 10. Además, la muestra 12 con GMA-6 como modificador reactivo produjo unos porcentajes de opacidad más bajos que la muestra 13 con LOTADER como modificador reactivo a través de un intervalo más amplio de temperaturas de estiramiento.

También se investigó el brillo a 45° a diversas temperaturas de estiramiento para las muestras 10, 12, y 13. Los resultados se tabulan en la tabla 15 y se representan gráficamente en la figura 8.

Tabla 15

Temp. de estiramiento, °C	Muestra 10 de PP/PLA	Muestra 12 de PP/PLA/GMA-6	Muestra 13 de PP/PLA/Lotader
130	123	120	70
135	106	85	55
140	86	63	50
145	56	63	51
150	51	58	52
155	51	53	52

La figura 8 es una gráfica del brillo a 45° como función de la temperatura de estiramiento. Se observó que la tendencia para el brillo a 45° era similar a la tendencia para el porcentaje de opacidad. Remitiéndose a la figura 8, ambas muestras 10 y 12 estiradas a 130 °C fueron muy brillantes, tal como muestra el alto brillo a 45°. El brillo a 45° para la muestra 13 fue menor comparado con las muestras 10 y 12. De modo global, el brillo a 45° disminuye a medida que aumenta la temperatura de estiramiento hasta una temperatura de 145 °C, y después el brillo a 45° se nivela de 145 °C a 155 °C.

También se investigó la rugosidad superficial para las películas de BOPP. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, la opacidad superficial habitualmente contribuye significativamente a la opacidad total de la película, puesto que las superficies son habitualmente rugosas para las películas de BOPP de alta opacidad. Se obtuvieron fotos de AFM para ambas muestras 10 y 12 del ejemplo 3 a dos temperaturas de estiramiento, 130 °C y 145 °C, tal como se muestra en la figura 9. La rugosidad de la superficie también se cuantifica basándose en las fotografías de AFM, y los resultados se muestran en la tabla 16. Ra es el parámetro que se emplea más habitualmente para describir el promedio de rugosidad superficial y se define como una integral del valor absoluto del perfil de rugosidad medido a lo largo de una longitud de evaluación. El intervalo Z se refiere al promedio de desplazamiento en la dirección z, que refleja la rugosidad superficial de pico a valle.

Tabla 16

Muestra	PP	PLA	Compatibilizador	Propo. de estiram.	Temp. °C	Rugosidad				
						Ra (nm)		Intervalo Z (µm)		
						Prom.	Desv. est.	Prom.	Desv. est.	
10	PP/PLA	90	10	0%	6x6	130	155,56	48,9	1,9	0,75
		90	10	0%	6x6	145	89,25	19,44	1,66	0,74
12	PP/PLA/GMA-6	85	10	5% de GMA-6	6x6	130	75,3	22,53	1,39	0,73
		85	10	5% de GMA-6	6x6	145	51,26	5,12	0,95	0,17

Remitiéndose a la figura 9A, la muestra 10, que comprende una mezcla de PP/PLA no compatibilizada a una temperatura de estiramiento de 130 °C, muestra un gran número de picos no gaussianos anchos de alta amplitud 220, que tienden a solaparse sustancialmente. Esta muestra presenta un grado más alto de rugosidad superficial, cuando se compara con las otras muestras. Además, la muestra 10 también tiene el porcentaje de opacidad más alto a 130 °C. Sin embargo, resulta interesante advertir que la muestra 10 también tiene un alto brillo a 45° a 130 °C. Esta alta opacidad junto con un alto comportamiento de brillo resulta inesperada, puesto que generalmente una alta opacidad está asociada con un bajo brillo, y una baja opacidad está asociada con un alto brillo. La muestra 10 con alta opacidad y alto brillo a 130 °C produce un aspecto de la película exclusivo. Cuando las películas se arrugan, el aspecto es similar a las láminas de aluminio. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, el alto brillo puede estar relacionado con la presencia de fases de PLA sobre la superficie.

En comparación, la muestra 12, que es una mezcla de PP/PLA compatibilizada con el modificador reactivo GMA-6, cuando se estira a 130 °C, figura 9B, tiende a tener menos número de picos 230, con un aspecto en general gaussiano con una menor amplitud, que indica una superficie más lisa. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, los resultados del AFM sugieren que el sistema compatibilizado en la muestra 12 puede utilizarse para procedimientos que requieran una rugosidad superficial mínima, tales como los procedimientos de metalización.

Se realizó una AFM sobre las muestras 10 y 12 estiradas a 145 °C y las micrografías se muestran en las figuras 9C y 9D, respectivamente. Los resultados demuestran que las películas preparadas a partir de la mezcla compatibilizada (CB) también muestran una superficie más lisa que las películas preparadas a partir de las mezclas de PP/PLA no compatibilizadas.

**Ejemplo 6**

Se realizó un estudio comparativo de los ángulos de contacto entre la película de BOPP producida a partir de polipropileno (PP) y una mezcla de PP/PLA compatibilizada. Se prepararon tres muestras de una película moldeada, láminas moldeadas para BOPP, y películas de BOPP, denominadas muestras 16, 17, y 18, a partir de una resina con base de polipropileno, una mezcla de PP/PLA no compatibilizada, y PP/PLA/PP-g-GMA-6 compatibilizado, denominadas muestras 16, 17, y 18, respectivamente. El ángulo de contacto se obtuvo empleando agua DI como medio de contacto superficial, según ASTM D5946. Los resultados se tabulan en la tabla 17.

Tabla 17

Muestra	Resultados del ángulo de contacto	PP	PP/PLA	PP/PLA/PP-g-GMA-6
16	película moldeada	106°	102°	102°
17	láminas moldeadas para BOPP	106°	100°	100°
18	películas de BOPP	107°	106°	106°

Los resultados demuestran que los ángulos de contacto para los materiales de polipropileno fueron de aproximadamente 106-107°. Las películas orientadas no muestran mejoras en la tensión superficial en presencia de PLA. Se advierte que las películas moldeadas de la mezcla de PP/PLA compatibilizada muestran un ángulo de contacto ligeramente menor, lo cual indica que la presencia de PLA puede haber aumentado la tensión superficial de las películas moldeadas de polipropileno. Sin embargo, un ángulo de contacto mayor que 100° significa que la tensión superficial de la película aún es mucho menor que la del agua.

Se investigó el efecto de emplear diferentes homopolímeros de polipropileno en la mezcla de PP/PLA sobre la facilidad de impresión de películas preparadas a partir de estas mezclas. Se prepararon cinco muestras de película moldeada, denominadas muestras 19 a 23. La muestra 19 se preparó empleando el homopolímero de polipropileno 3271 como resina base. Las muestras 20 y 21 fueron muestras no compatibilizadas preparadas empleando PPH5060 y MR2002, respectivamente, como resina base con 10% de PLA. El PPH5060 es un homopolímero de polipropileno que tiene una velocidad de flujo en estado fundido de 6 g/10 min, y el MR2002 es un homopolímero de polipropileno preparado con un catalizador de metaloceno que tiene una velocidad de flujo en estado fundido de 15,0 g/10 min. Ambos PPH5060 y MR2002 están disponibles en el mercado en Total Petrochemicals. Las muestras 22 y 23 son PP-g-GMA-3 y PP-g-GMA-6, producidos y utilizados como modificadores reactivos en mezclas de PP/PLA. Se determinaron los ángulos de contacto de estas películas y se tabulan en la tabla 18.

Tabla 18

Muestra	Película moldeada	Ángulo de contacto
19	PP	106°
20	PPH5060/PLA	90°
21	MR2002/PLA	98°
22	PP-g-GMA-3	100°
23	PP-g-GMA-6	100°

Los resultados demuestran que el ángulo de contacto para todas las muestras es similar. El ángulo de contacto para la mezcla de PPH5060/PLA (muestra 20) es ligeramente menor que el observado para la mezcla de MR2002/PLA (muestra 21), que también es ligeramente menor que el del homopolímero de PP (muestra 19). El ángulo de contacto para las películas moldeadas preparadas a partir de PP-g-GMA-3 (muestra 22) es el mismo que el de PP-g-GMA-6 (muestra 23). Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, un mayor ángulo de contacto sugiere una menor tensión superficial, que es una indicación de que la película tiene unas buenas propiedades de facilidad de impresión. Puesto que los ángulos de contacto para estas películas son similares, se espera que las propiedades de facilidad de impresión de estas películas sean similares.

#### Ejemplo 7

Se investigaron las propiedades mecánicas de las películas de BOPP preparadas a partir de las CB y se compararon con PP. El módulo secante al 1%, la resistencia a la tracción en la rotura, y el alargamiento y la rotura se determinaron en la dirección de la máquina (MD) para las muestras del ejemplo 3, y los resultados se tabulan en la tabla 19 y se representan gráficamente en la figura 10.

Tabla 19

	PP 3271	Muestra 10 de PP/PLA	Muestra 12 de PP/PLA/GMA-6	Muestra 13 de PP/PLA/Lotader
Módulo secante al 1%, MD, kpsi (kPa)	256 (1765057,86)	244 (1682320,77)	343 (2364901,75)	265 (1827110,68)
Resist. a la tracción en la rotura, MD, kpsi (kPa)	30,5 (210290,09)	23,8 (164095,22)	29,7 (204774,29)	24,9 (171679,45)
Alargamiento en la rotura, MD	96,7	73,8	81,1	74,1

Puesto que el PLA tiene un módulo mayor que PP, se espera que la presencia de PLA en las películas preparadas a partir de la mezcla de PP/PLA aumente la rigidez de la película. Sin embargo, remitiéndose a la figura 10, las películas preparadas a partir de la mezcla de PP/PLA muestran un módulo secante al 1% comparable al homopolímero de polipropileno. Las películas de BOPP preparadas utilizando una mezcla de PP/PLA y GMA-6 como modificador reactivo muestran un aumento del 35% al 40% en el módulo secante al 1%. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, una explicación para esta diferencia en la actuación puede ser la débil adhesión interfacial entre las fases de PP y PLA en la mezcla de PP/PLA no compatibilizada. Esta débil adhesión interfacial provoca una transferencia poco eficaz de una carga aplicada desde la matriz de PP hacia los dominios de PLA, más rígidos, durante el estiramiento en estado sólido.

La compatibilización refuerza la interfase de modo eficaz, y la contribución de PLA a la rigidez del material aumenta. Nótese que LOTADER es un modificador basado en polietileno. Aunque LOTADER parece eficaz para reducir la opacidad, tal como se muestra en el ejemplo 4, provoca solo un ligero aumento en el módulo del sistema. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, se cree que la incapacidad de reforzar el sistema en estado sólido resulta de la incompatibilidad entre el PE y PP en estado sólido, que apoya aún más la importancia de la interfase entre el PP y PLA en el sistema compatibilizado con GMA-6.

#### Ejemplo 8

Las propiedades de tracción, el módulo flexural, y el impacto Izod de los artículos preparados a partir del homopolímero de polipropileno 3271 se compararon con los valores para un artículo preparado a partir de una

5 mezcla de PP/PLA no compatibilizada, una mezcla de PP/PLA con el compatibilizador PP-g-GMA-6, y una mezcla de PP/PLA con el compatibilizador LOTADER para muestras moldeadas por inyección. La composición de PP/PLA y PP-g-GMA-6 contiene 85% en peso de PP, 10% en peso de PLA, y 5% en peso de PP-g-GMA-6. La composición de PP/PLA y LOTADER contiene 85% en peso de PP, 10% en peso de PLA, y 5% en peso de PP-g-GMA-6. Los artículos fueron especímenes ASTM y se prepararon mediante moldeo por inyección, según la metodología previamente indicada. Los resultados se tabulan en la tabla 20.

Tabla 20

Parámetros	PP	PP/10% de PLA	PP/PLA/PP-g-GMA-6	PP/PLA/LOTADER
<b>Tracción (ASTM)</b>				
Módulo de tracción, kpsi (kPa)	220 (1516846,60)	236 (1627162,72)	250 (1723689,32)	227 (1565109,90)
Resistencia a la tracción, psi (kPa)	4630 (31922,73)	4900 (33784,31)	5200 (35852,74)	4880 (33646,42)
Resistencia en la rotura, psi (kPa)	2360 (16271,63)	1710 (11790,03)	1770 (12203,72)	1700 (11721,09)
Alargamiento de tracción (%)	9,2	6,4	6,1	7,2
Alargamiento en la rotura (%)	50	46	85	229
<b>Módulo flexural, kpsi (kPa)</b>	186 (1282424,85)	233 (1606478,44)	244 (1682320,77)	231 (1592688,93)
<b>Impacto Izod, pie-lb/in (J/m)</b>	0,6 (31,8)	0,61 (32,33)	0,51 (27,03)	0,85 (45,05)

10 Los resultados demuestran que la mezcla de PP/PLA compatibilizada con GMA-6 muestra una mayor rigidez, tal como evidencia un módulo de tracción mayor, que las mezclas de PP/PLA compatibilizadas con LOTADER y no compatibilizadas. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, la mayor rigidez en la mezcla de PP/PLA compatibilizada con GMA-6 puede ser debida a las interfases reforzadas de PP/PLA en los sistemas compatibilizados con GMA-6, que aprovechan al máximo las ventajas de las fases de PLA, más rígidas.

15 Sin embargo, a diferencia de las películas de BOPP, para las muestras moldeadas por inyección, la mezcla de PP/PLA no compatibilizada y la mezcla de PP/PLA/LOTADER poseen una mayor rigidez que PP. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, esta observación puede ser debida al compromiso de la interfase interfacial (por procesos tales como la cavitación) durante la orientación biaxial en las películas de BOPP. Para las muestras moldeadas por inyección, la adhesión interfacial entre PP y PLA permanece intacta, lo cual hace posible aprovechar la alta rigidez de PLA hasta cierto punto, incluso en una mezcla de PP/PLA no compatibilizada.

20 **Ejemplo 9**

Se investigó el encogimiento a 125 °C y las propiedades de barrera a temperatura ambiente para las películas de BOPP fabricadas a partir de las mezclas del ejemplo 8 y los resultados se tabulan en la tabla 21.

Tabla 21

Películas de BOPP	PP	PP/PLA		PP/PLA/PP-g-GMA-6	PP/PLA/LOTADER
Temp. de estiramiento	135 °C	135 °C	145 °C	135 °C	135 °C
Espesor de BOPP (mil)	0,53	0,6	0,51	0,65	0,55
OTR (cm <sup>3</sup> /100 in <sup>2</sup> (645,16 cm <sup>2</sup> )/día)	231,5	181,7	197,8	165	178,9

(continuación)

Encogimiento MD (%)	10,6	11,8	-	10,7	12,5
Encogimiento TD (%)	10,6	11,7	-	10,3	12,8

5 Como puede observarse en la tabla 21, la diferencia en el encogimiento para las películas de BOPP a 135 °C con y sin PLA es mínima. Se observa una disminución en las propiedades de barrera de oxígeno para la mezcla de PP/PLA no compatibilizada, la mezcla PP/PLA compatibilizada con PP-g-GMA-6, y la mezcla de PP/PLA compatibilizada con LOTADER, comparado con PP. Además, la película de la mezcla de PP/PLA no compatibilizada estirada a 135 °C parece ser relativamente opaca, comparada con la mezcla estirada a 145 °C, que parece ser relativamente transparente.

### Ejemplo 10

10 Se investigó la cavitación en películas de BOPP producidas a partir de las muestras del ejemplo 3 y se comparó con PP. Puesto que la cavitación se relaciona con la densidad de la película, se determinó la densidad de las películas del ejemplo 5 y se comparó con la densidad de la película de BOPP preparada a partir de polipropileno. Los resultados se tabulan en las tablas 22 y 23 y se representan gráficamente en las figuras 11 y 12.

Tabla 22

Temperatura de estiramiento, °C	135 °C	145 °C
PP, 3271	0,87	0,88
Muestra 10, PP/PLA	0,81	0,87
Muestra 11, PP/PLA/GMA-3	0,84	0,89
Muestra 12, PP/PLA/GMA-6	0,88	0,9
Muestra 13, PP/PLA/Lotader	0,89	0,89

15

Tabla 23

Temp. de estiramiento, °C	Muestra 10, PP/PLA	Muestra 11, PP/PLA/GMA3	Muestra 12, PP/PLA/GMA6	Muestra 13, PP/PLA/Lotader
130	0,76	0,81	0,87	0,88
135	0,81	0,84	0,88	0,89
140	0,83	0,86	0,89	0,89
145	0,87	0,89	0,9	0,89
150	0,86	0,86	0,91	0,9

20 La figura 11 es una gráfica de la densidad de la película de BOPP a unas temperaturas de estiramiento de 135 °C y 145 °C para un homopolímero de PP Total Petrochemicals 3371 no compatibilizado y mezclas de PP/PLA compatibilizadas, mientras que la figura 12 es una gráfica de la densidad de la película como una función de la temperatura de estiramiento. Se calculó la densidad esperada de una mezcla de PP/PLA y se muestra como la línea de referencia 300. Se calculó la línea de referencia empleando la siguiente ecuación:

$$\Phi_{PP}\rho_{PP} + \Phi_{PLA}\rho_{PLA},$$

25 en la que  $\Phi$  y  $\rho$  son la fracción de volumen y densidad de los componentes individuales en las mezclas, respectivamente. Remitiéndose a la figura 11, las películas de polipropileno estiradas a baja y alta temperatura parecen poseer densidades de película comparables. Sin embargo, las mezclas de PP/PLA no compatibilizadas producen películas con menores densidades que las esperadas, lo cual sugiere la presencia de huecos en las películas. Se observó una tendencia similar cuando las muestras se estiran en el intervalo de temperatura de 130

5 °C a 150 °C, figura 12. Se descubrió que las mezclas de PP/PLA compatibilizadas tienen un menor grado de cavitación que las mezclas de PP/PLA no compatibilizadas. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, se requiere una fase dispersada de módulo alto para facilitar la cavitación, porque no se deforma ni se orienta a lo largo de la matriz de polipropileno durante la orientación biaxial, iniciando así la formación de huecos en los límites de la matriz-partícula. Los resultados demuestran que el uso de modificadores reactivos que forman compatibilizadores cuando se someten a una extrusión de reacción con PP/PLA dan como resultado la formación de mezclas de PP/PLA con interfases reforzadas. La presencia de modificadores reactivos retrasa la formación de huecos en las interfases de las mezclas de PP/PLA compatibilizadas.

### Ejemplo 11

10 Se investigó la densidad de las películas de BOPP con una mayor cantidad de PLA. Se prepararon tres muestras de BOPP, denominadas muestras 14, 15, y 16. La muestra 14 se preparó a partir del polipropileno Total Petrochemicals 3371, la muestra 15 se preparó mezclando 70% de polipropileno Total Petrochemicals y 30% de PLA 6201, y la muestra 16 se preparó mezclando 70% de polipropileno Total Petrochemicals y 30% de PLA 6201, y 3% de Lotader. Después todas las muestras se estiraron para la orientación biaxial empleando un Bruckner Karo IV a una velocidad de estiramiento de 30 m/min y una proporción de estiramiento 6x6 simultánea. Sin embargo, las muestras 15 y 16 no pudieron estirarse con facilidad bajo dichas condiciones. Las condiciones se revisaron a una velocidad de estiramiento de 3 m/min y una proporción de estiramiento 4x4 simultánea. El estiramiento se realizó en un intervalo de temperatura de aproximadamente 145 °C a aproximadamente 155 °C. Los resultados se tabulan en la tabla 23 y se muestran en la figura 13.

20

Tabla 23

Temp. de estiramiento, °C	Muestra 14, densidad de BOPP, g/ cm <sup>3</sup>	Muestra 15, densidad de BOPP, g/ cm <sup>3</sup>	Muestra 16, densidad de BOPP, g/ cm <sup>3</sup>
145	0,89	0,32	0,41
150	0,90	0,43	0,57
155	0,83	0,56	0,67

25 Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, la presencia de una mayor cantidad de PLA disminuye la fuerza de estiramiento, en especial en la dirección transversal, lo cual probablemente es debido a la cavitación durante el estiramiento. La figura 13 es una gráfica de la densidad de BOPP como función de la temperatura de estiramiento. Remitiéndose a la figura 13, muestra 15, que es la muestra no compatibilizada, se observó que tenía una densidad de BOPP menor cuando se compara con la muestra 14, y una menor cantidad de PLA (muestra 10), tal como se muestra en la figura 12. Sin pretender quedar limitado por teoría alguna, unas temperaturas de estiramiento menores, una menor velocidad de estiramiento y/o una menor proporción de estiramiento fueron más favorables para la cavitación de la película, lo cual produce unas densidades menores, tal como se observa en la muestra 15.

30 Además, las muestras 15 y 16 tienen un aspecto blanco y opaco con una superficie rugosa. Ambas muestras 15 y 16 también se observaron bajo un microscopio óptico y se descubrió que presentaban grandes poros.

35 Aunque se han mostrado y descrito realizaciones, los expertos en la técnica pueden modificarlas sin apartarse del espíritu y las indicaciones de la descripción. Las realizaciones descritas en la presente son solo ejemplos, y no pretenden ser limitantes. Son posibles muchas variaciones y modificaciones de la invención descrita en la presente, y estas están dentro del alcance de la invención. Cuando se mencionan expresamente limitaciones o intervalos numéricos, debe entenderse que dichas limitaciones o intervalos incluyen las limitaciones o intervalos iterativos de magnitud similar que se encuentran dentro de las limitaciones o intervalos mencionados expresamente (por ejemplo, de 1 a 10 incluye , 2, 3, 4, etc.; mayor que 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,13, etc.). Por ejemplo, cuando se describe un intervalo numérico con un límite inferior,  $R_L$ , y un límite superior,  $R_U$ , cualquier número que se encuentre dentro del intervalo se describe específicamente. En particular, se describen específicamente los siguientes números dentro del intervalo:  $R = R_L + k * (R_U - R_L)$ , en el que  $k$  es una variable que varía del 1% al 100% con un incremento del 1% es decir,  $k$  es 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, ...50%, 51%, 52%, ..., 95%, 96%, 97%, 98%, 99%, o 100%. Además, cualquier intervalo numérico definido por dos números  $R$ , según se definió anteriormente, también se describe específicamente. El uso del término "opcionalmente" con respecto a cualquier elemento de una reivindicación significa que el elemento concreto es necesario o, como alternativa, no es necesario. Ambas alternativas están dentro del alcance de la reivindicación. Debe entenderse que el uso de términos más amplios, tales como comprende, incluye, tiene, etc. proporcionan apoyo a términos más restringidos, tales como consiste, consiste fundamentalmente, comprende sustancialmente, etc.

45

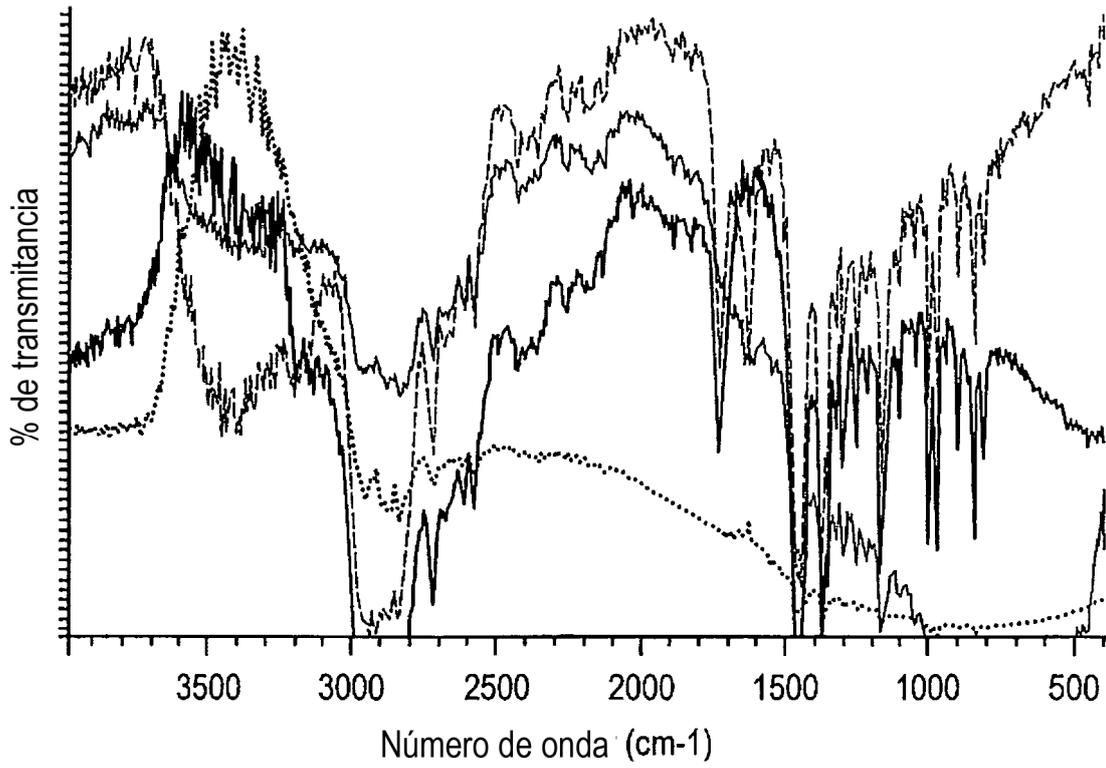
5 Por consiguiente, el alcance de la protección no está limitado por la descripción indicada anteriormente, sino que solo está limitado por las siguientes reivindicaciones, y ese alcance incluye todos los equivalentes del contenido de la reivindicaciones. Cada una y todas las reivindicaciones se incorporan en la memoria descriptiva como una realización de la presente invención. Así, las reivindicaciones son otra descripción y se añaden a las realizaciones de la presente invención. El análisis de una referencia no es una admisión de que sea de la técnica anterior a la presente invención, en especial cualquier referencia que pueda tener una fecha de publicación posterior a la fecha de prioridad de esta solicitud. Las descripciones de todas las patentes, solicitudes de patente y publicaciones citadas en la presente se incorporan por referencia en la presente, en la medida en que proporcionan ejemplos, procedimientos u otros detalles suplementarios a los indicados en la presente.

10

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Una composición que comprende una mezcla de una poliolefina, un poli(ácido láctico) y un modificador reactivo, en la que el modificador reactivo es un polipropileno funcionalizado con epoxi.
- 5 2.- La composición de la reivindicación 1, en la que la poliolefina comprende polietileno, preferiblemente comprende polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, polietileno de baja densidad lineal, polipropileno, o combinaciones de los mismos.
- 3.- La composición de la reivindicación 2, en la que el polipropileno es un homopolímero que comprende hasta 5% en peso de otra alfa-olefina C<sub>2</sub>-C<sub>8</sub>, un homopolímero de polipropileno de alta cristalinidad, un copolímero heterofásico de polipropileno, o combinaciones de los mismos.
- 10 4.- La composición de la reivindicación 1, en la que el poli(ácido láctico) comprende poli-L-lactida, poli-D-lactida, poli-LD-lactida, o combinaciones de las mismas.
- 5.- La composición de la reivindicación 1, en la que la poliolefina funcionalizada con epoxi comprende polipropileno injertado con metacrilato de glicerilo.

FIG. 1



- .....PP puro
- PP-g-GMA-3
- PP-g-GMA-6
- PP-g-GMA-7

FIG. 2

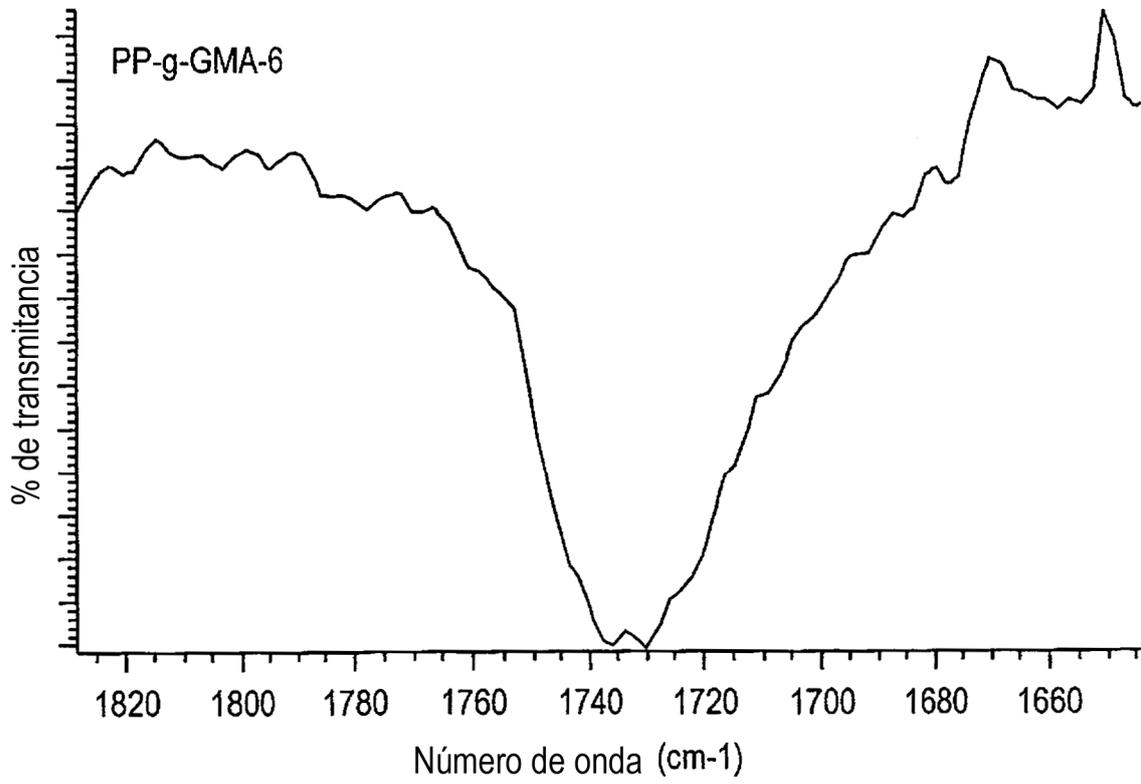
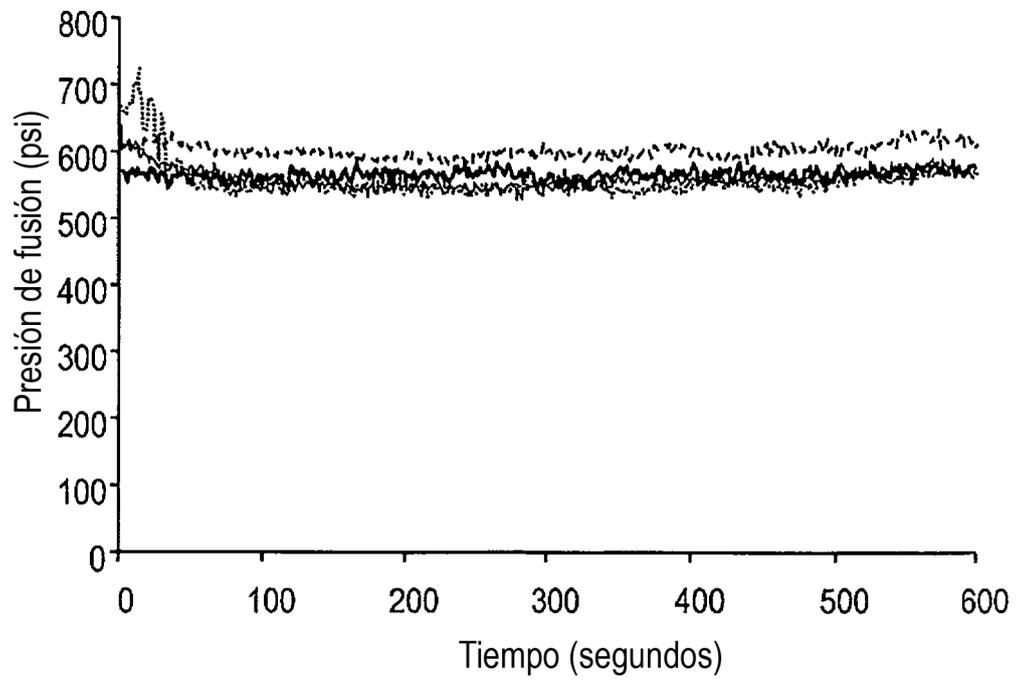


FIG. 3



- ..... PP/PLA
- PP/PLA/PP-g-GMA-3
- PP/PLA/PP-g-PLA-6
- PP/PLA/Lotader

FIG. 4

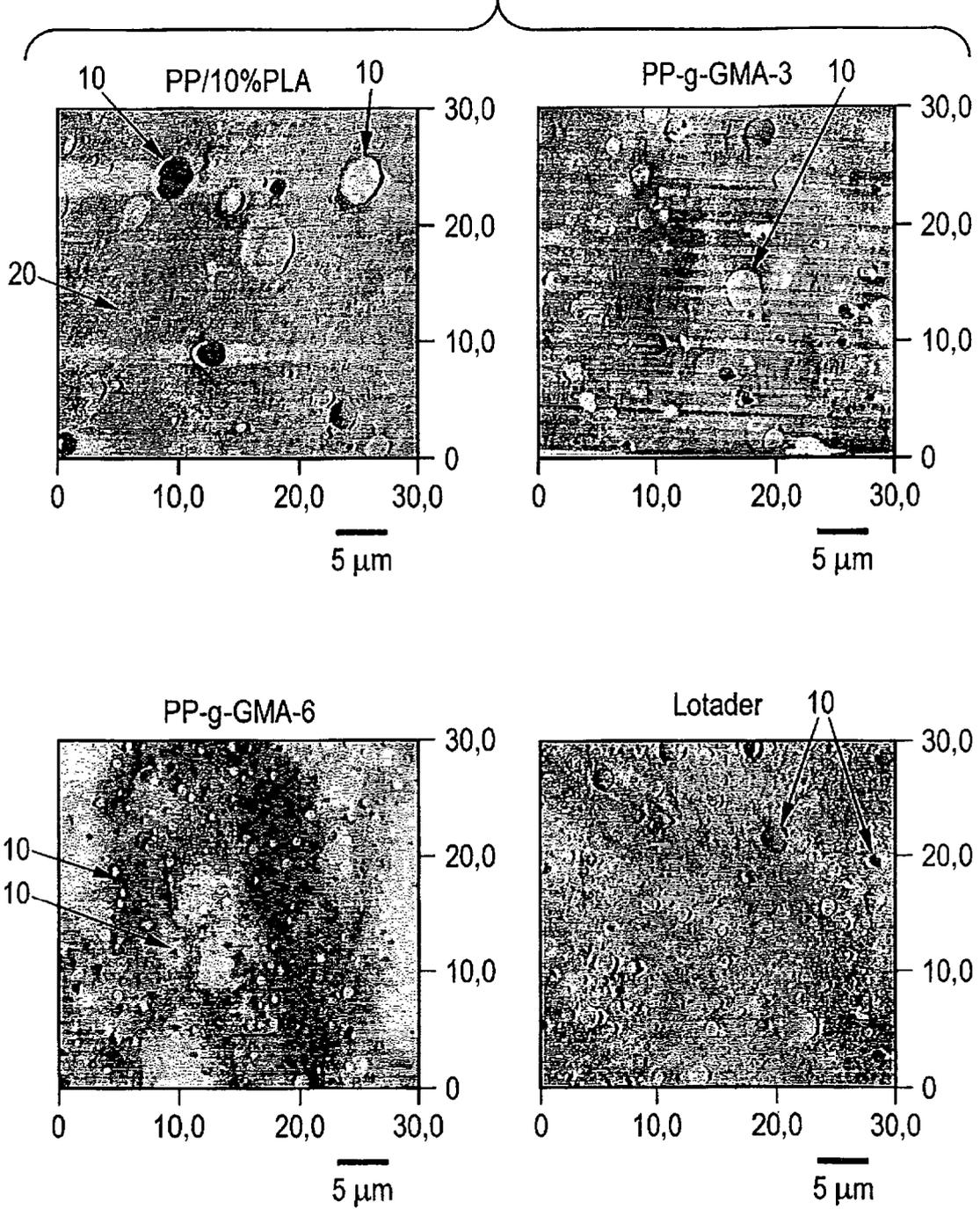
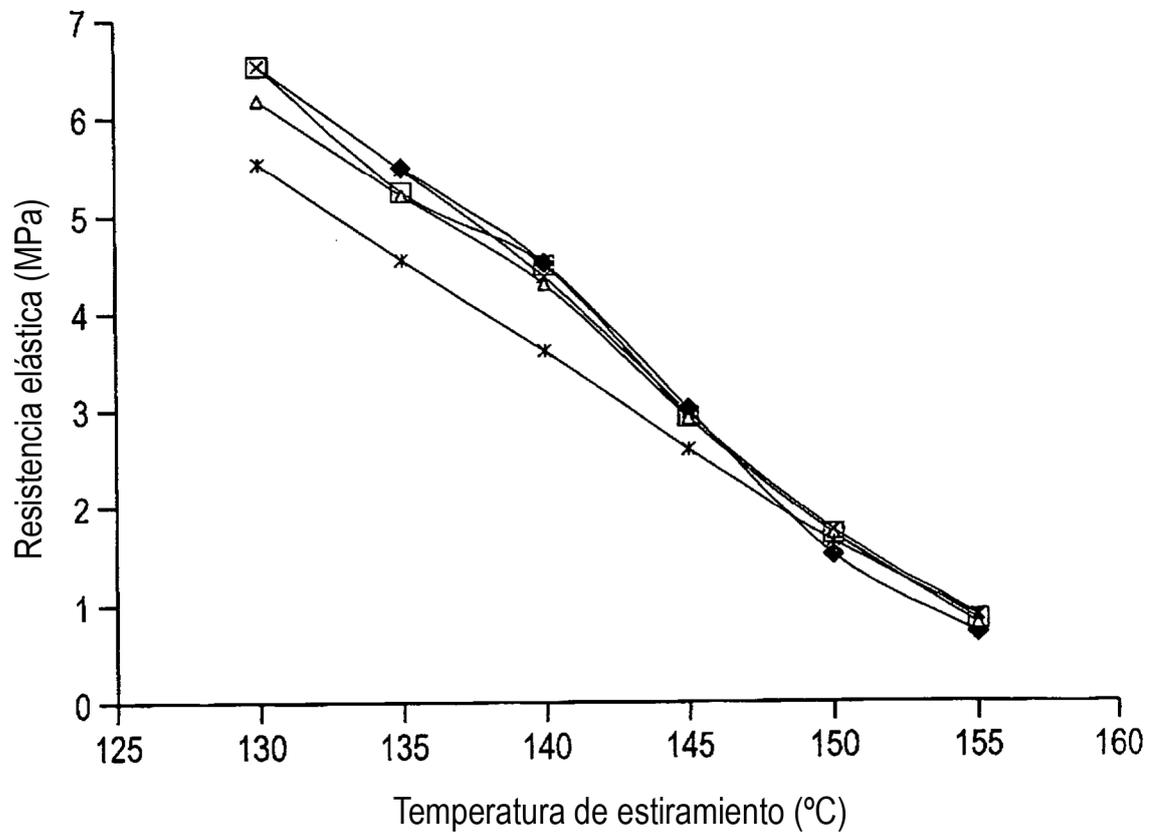


FIG. 5



- ◆ PP
- PP/PLA
- △ PP/PLA/GMA-3
- \* PP/PLA/GMA-6
- × PP/PLA/Lotader

FIG. 6

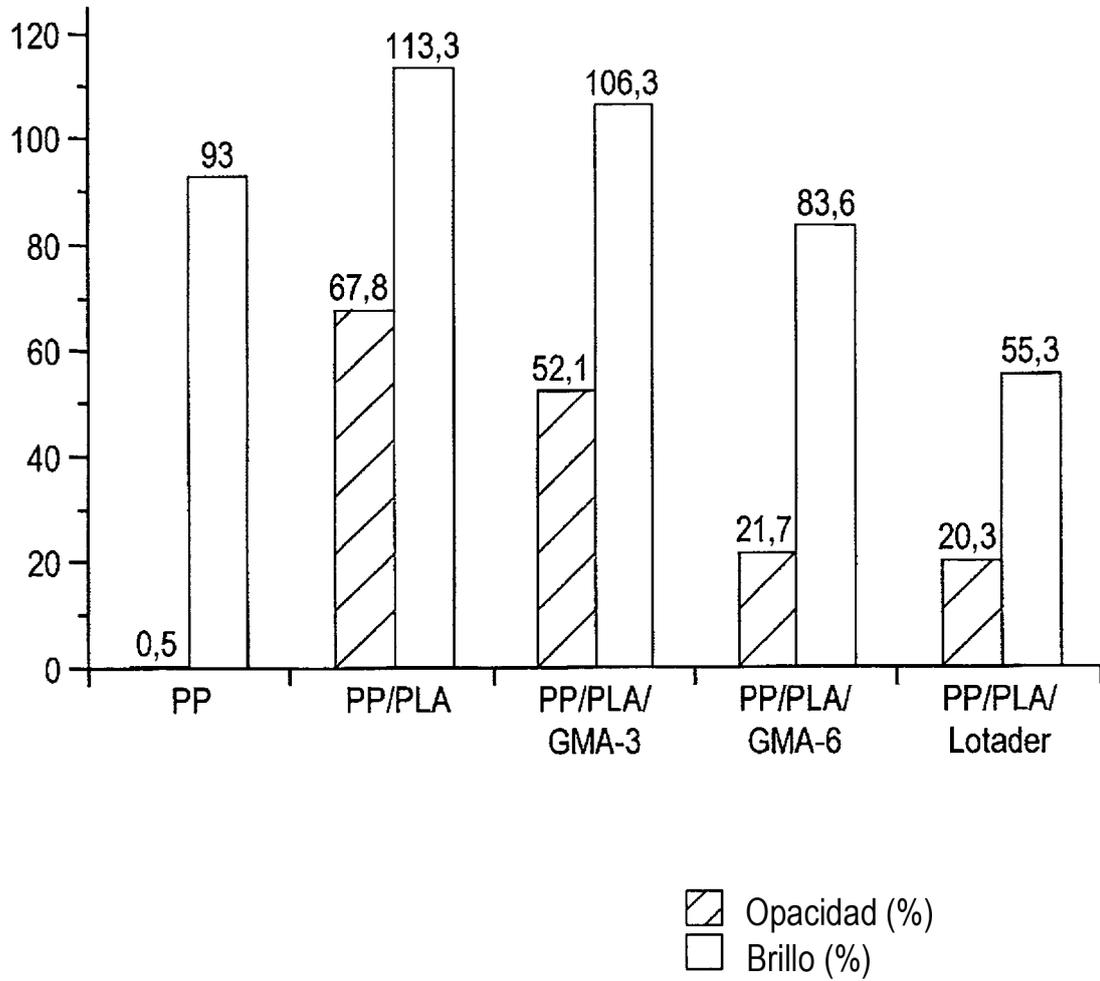
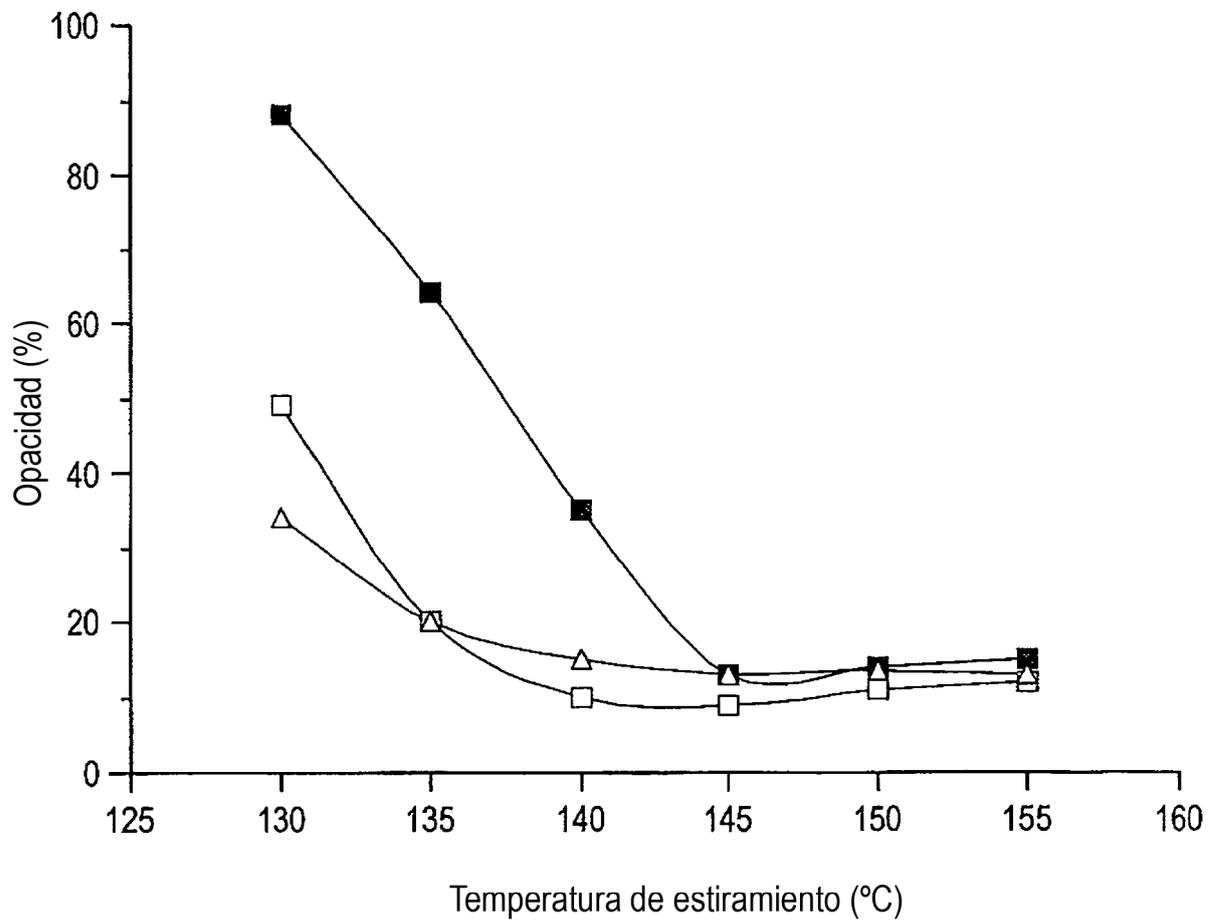
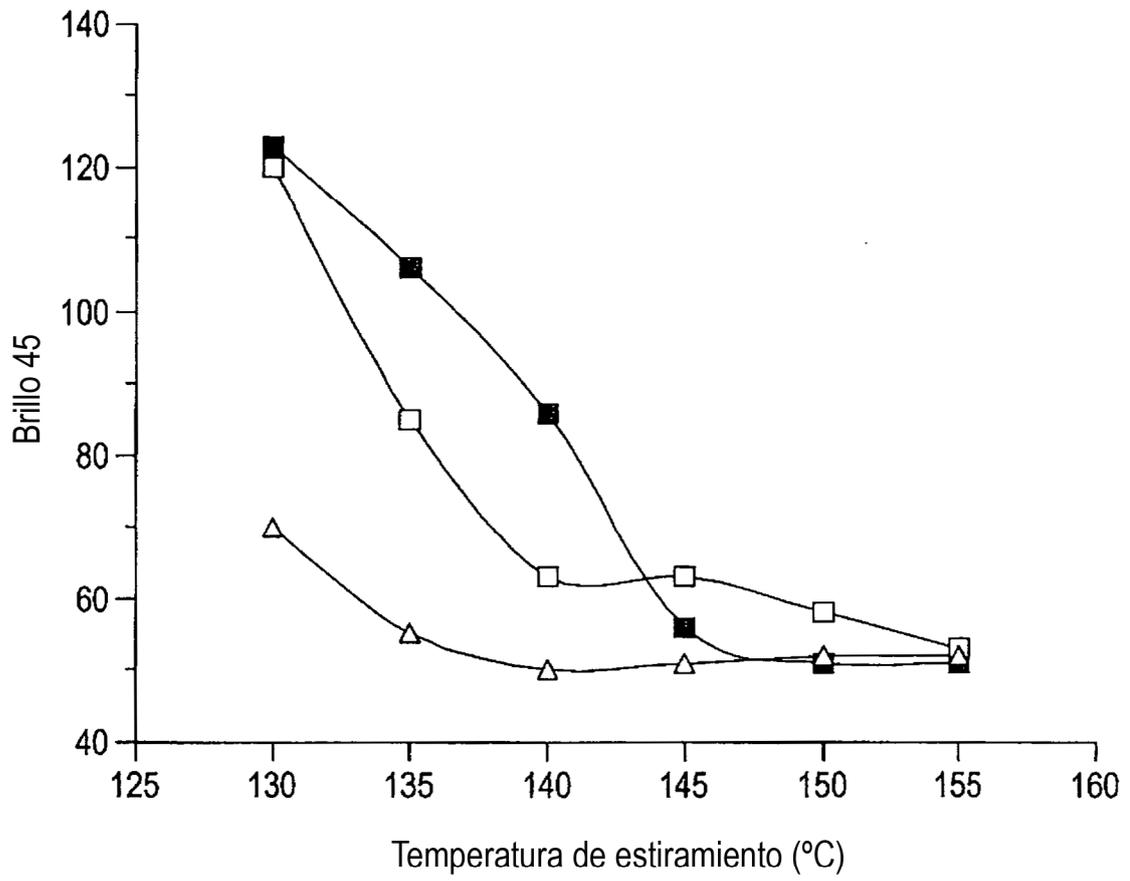


FIG. 7



- PP/PLA
- PP/PLA/GMA-6
- △ PP/PLA/Lotader

FIG. 8



- PP/PLA
- PP/PLA/GMA-6
- △ PP/PLA/Lotader

FIG. 9

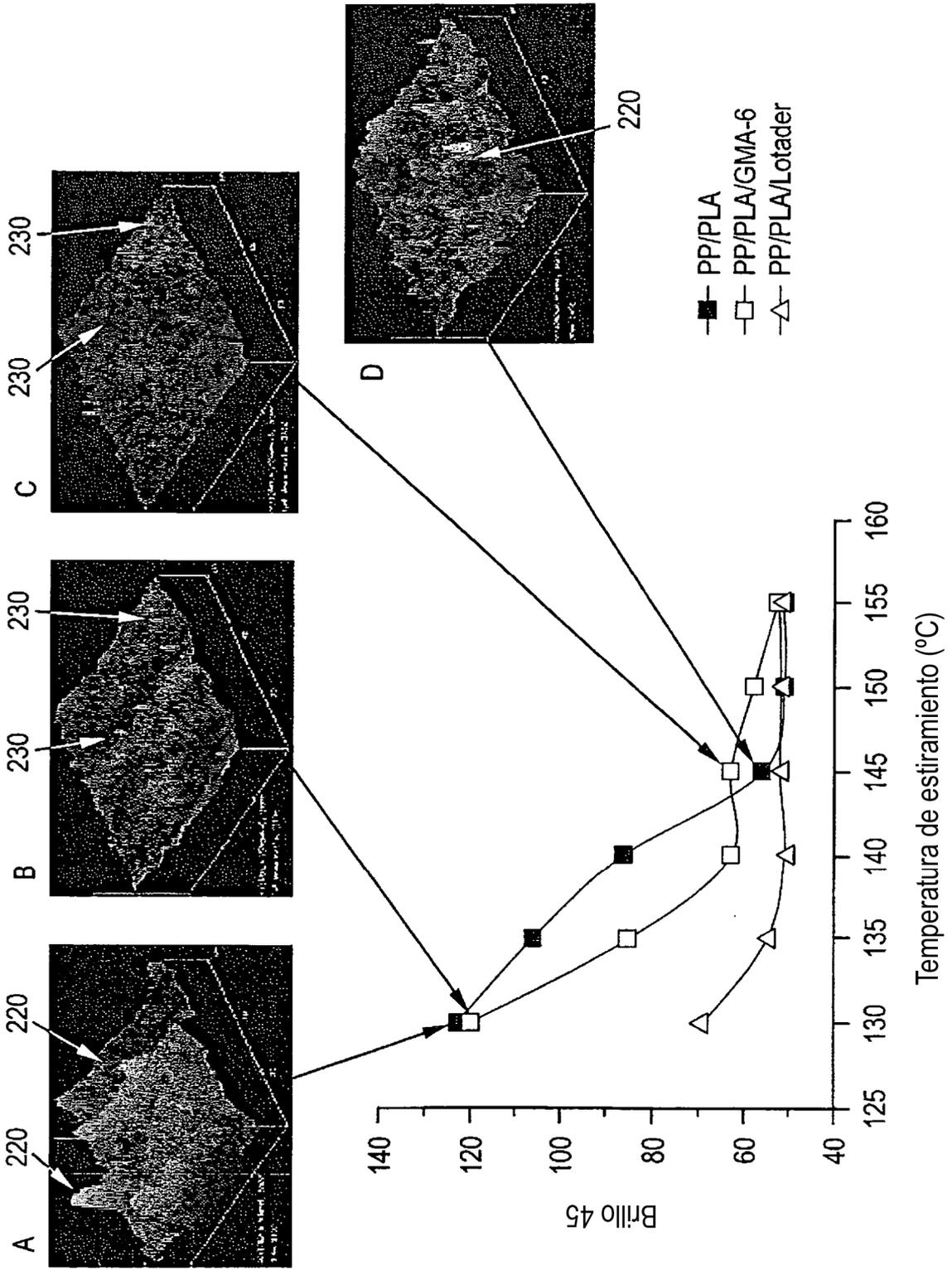
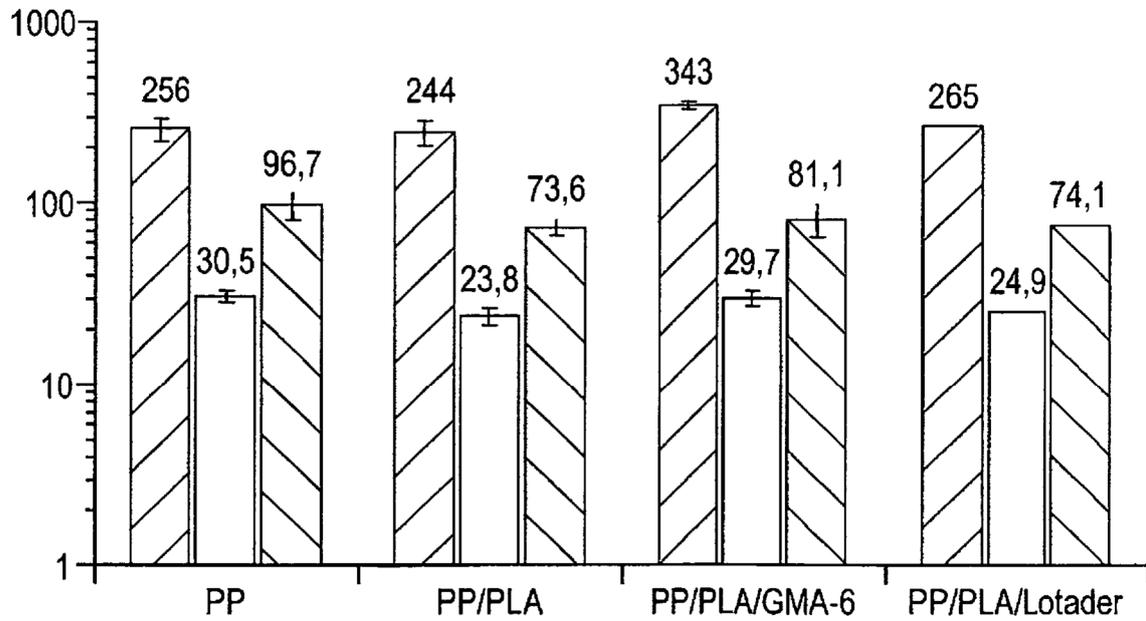


FIG. 10



-  Módulo secante al 1%, MD (kpsi)
-  Resistencia a la tracción, rotura, MD (kpsi)
-  Alargamiento, rotura, MD

FIG. 11

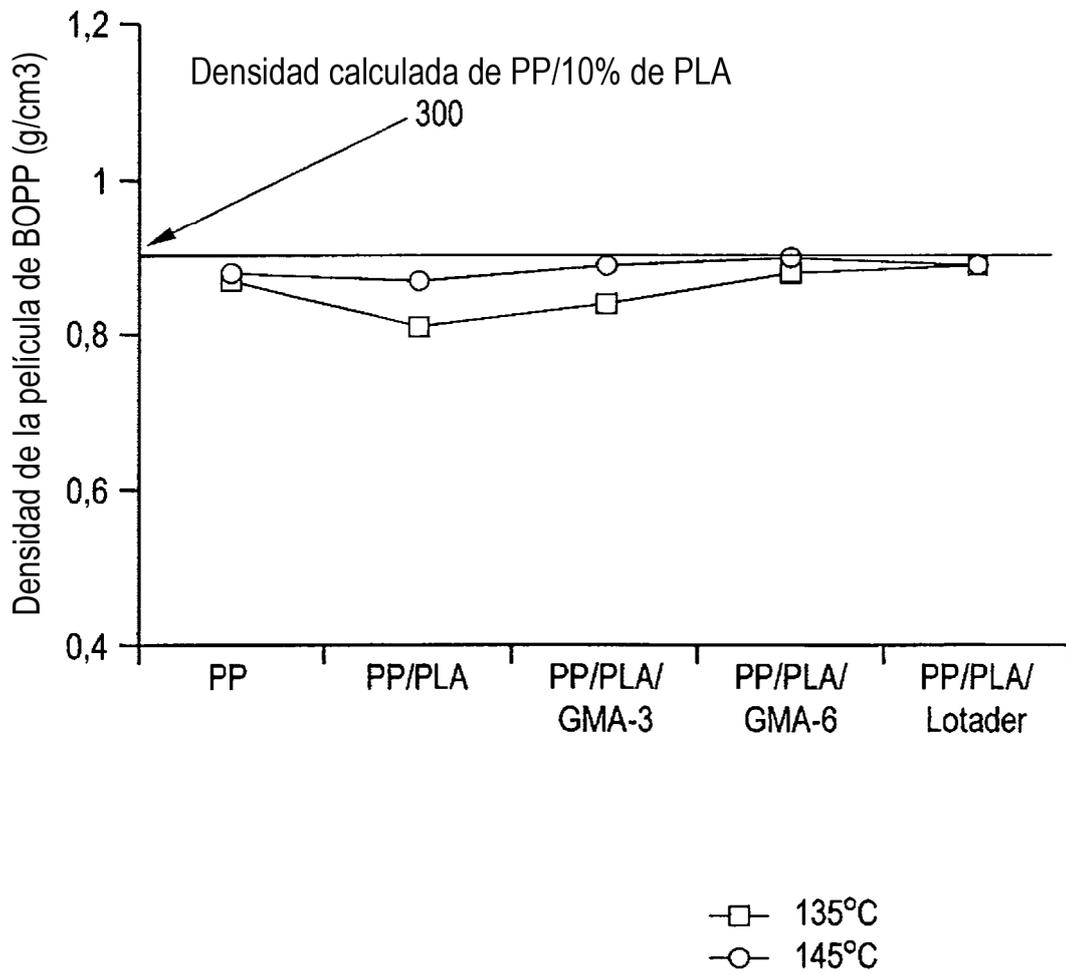
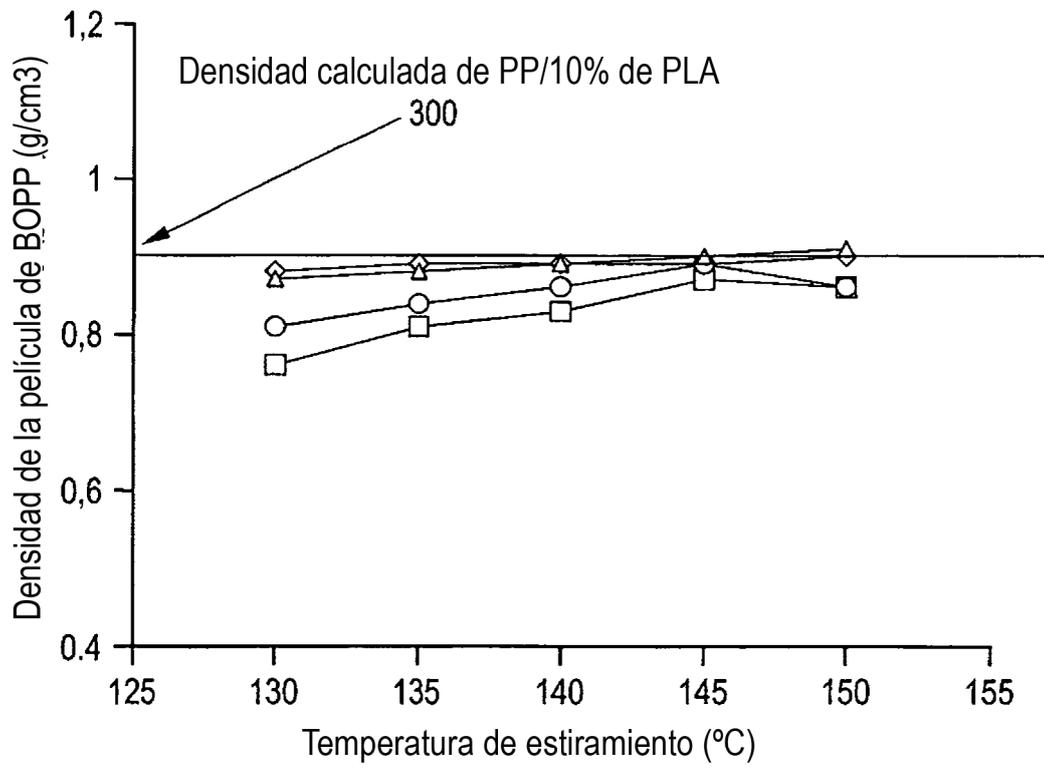


FIG. 12



- PP/PLA
- PP/PLA/GMA3
- △ PP/PLA/GMA6
- ◇ PP/PLA/Lotader

FIG. 13

