

## **FIBRAS DE POLIPROPILENO MEJORADAS, MÉTODOS PARA PRODUCIRLAS Y SUS USOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS DE FIBROCEMENTO**

### **5 Campo de la invención**

La presente invención se relaciona con fibras de polipropileno mejoradas y métodos para producirlas como así también con los usos de tales fibras de polipropileno para la producción de productos de fibrocemento.

10

### **Antecedentes de la invención**

El polipropileno es una resina termoplástica obtenida mediante la polimerización del propileno. Las fibras de polipropileno se producen mediante un proceso muy conocido de hilado en estado de fusión, en el cual se bombea polímero fundido a través de un dado de extrusión que tiene un gran número de pequeñas aberturas para producir un cable de filamentos continuos. Los filamentos se enfrían y se estiran o alargan para aumentar el límite de elasticidad. Usualmente se aplica a los filamentos un dimensionamiento o terminación, seguido de secado y revenido si es necesario y opcionalmente el corte en la longitud deseada para proporcionar haces de fibras.

Dado que el polipropileno posee excelentes características tales como baja densidad, alta resistencia, y una excelente resistencia al calor y a los productos químicos, las fibras de polipropileno se usan en una amplia variedad de aplicaciones, tales como textiles, materiales de empaque, envases, componentes para automóviles, etc.

La patente europea EP1812628 como así también la solicitud equivalente de los

EE.UU. US2013/0302608 divulgan un proceso para producir multifilamentos de polipropileno hilados por fusión e hilos formados a partir de estos. El proceso supone formar una composición polimérica fundida que requiere como característica esencial la presencia de un agente nucleante, la extrusión de la

5 composición polimérica fundida formada, el templado de los filamentos formados en un baño líquido a una temperatura entre 50°C y 130°C y el estirado de los filamentos mientras se los calienta a una temperatura entre aproximadamente 120°C y aproximadamente 150°C, donde tanto la presencia del agente nucleante como la permanencia del filamento durante el tiempo suficiente en el baño líquido

10 aseguran un grado suficiente de cristalización del filamento. Las fibras divulgadas son por cierto altamente cristalinas, exhibiendo más de aproximadamente 80% de cristalinidad medida usando las técnicas dispersión de rayos X en ángulo grande (WAXS, por sus siglas en inglés) y de dispersión de rayos X en ángulo pequeño (SAXS, por sus siglas en inglés). También se divulga en EP1812628 (como así

15 también en US2013/0302608) que las fibras de polipropileno producidas mediante este proceso se pueden usar para formar sogas y telas tejidas y no tejidas. Si bien las fibras de polipropileno altamente cristalinas en efecto pueden tener sus beneficios en determinadas aplicaciones, tales como por ejemplo para producir textiles, la alta cristalinidad por cierto no es una propiedad ventajosa para producir

20 productos de cemento reforzados con fibras. En efecto, es sabido que las fibras de polipropileno que tienen un alto grado de cristalinidad, generalmente exhiben una tenacidad relativamente baja (es decir, una baja resistencia de la fibra). Sin embargo, para el refuerzo de productos de fibrocemento, la tenacidad de las fibras incorporadas es la propiedad principal y esencial que contribuye con la

25 resistencia mecánica del producto final de fibrocemento. Por lo tanto, los filamentos y las fibras altamente cristalinos como los divulgados en EP1812628 (y su equivalente US2013/0302608) no resultan adecuados para producir productos

de cemento reforzados con fibras, especialmente debido al hecho de que en todos los países del mundo estos productos están sometidos a estrictas normas y disposiciones nacionales, que establecen los requisitos mínimos de resistencia mecánica de tales productos a fin de garantizar tanto la seguridad de los  
5 trabajadores de la construcción como así también el buen desempeño de los productos para los usuarios finales.

A pesar del hecho de que se han desarrollado diversas variantes de los métodos de producción divulgados en EP1812628, las fibras de polipropileno producidas  
10 mediante estos procesos conocidos muestran un desempeño insuficiente para resultar adecuadas en aplicaciones en las que se demanda una resistencia de la fibra muy elevada, tal como en las aplicaciones de fibrocemento. Asimismo, mientras diferentes grupos de investigación han tratado de desarrollar métodos alternativos al/a los proceso/s industrial/es conocido/s a fin de obtener fibras de  
15 polipropileno con al menos una resistencia de la fibra superior, esos métodos han probado no ser viables a escala industrial. Por cierto, pasar de la escala de laboratorio a la escala industrial representa diversos desafíos tanto en cuanto a la factibilidad técnica como económica. Además, ciertos métodos a escala de laboratorio conducen a calidades inconsistentes y variables de filamentos o fibras  
20 cuando se trasladan aun tan solo a escala semi-industrial.

### **Síntesis de la invención**

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar métodos, en  
25 particular métodos industriales, para producir fibras de polipropileno con propiedades mejoradas, que son adecuadas para usar en la producción de productos de fibrocemento (es decir, productos de cemento reforzados con

fibras), más particularmente para usar en la producción de láminas planas o corrugadas de fibrocemento.

Al respecto, los inventores de la presente han desarrollado un novedoso proceso industrial para producir mono o multifilamentos de polipropileno y fibras derivadas de estos, que tienen características mejoradas con respecto a la densidad y la resistencia de la fibra. Contrariamente a los procesos anteriormente descritos en la técnica conocida, los procesos de la presente invención no requieren la presencia ni el agregado de un agente nucleante.

Asimismo, contrariamente a los procesos de la técnica conocida, los procesos de la presente invención por primera vez permiten la producción con alto rendimiento de mono o multifilamentos y fibras derivadas de estos con propiedades mecánicas mejoradas, con producción a escala industrial.

En particular, se halló que ciertos parámetros durante el proceso de extrusión son cruciales para obtener filamentos y fibras de polipropileno, que son particularmente adecuados para el refuerzo de productos cementicios y, por lo tanto, para la producción de productos de cemento reforzados con fibras.

En particular, se ha descubierto que al templar las fibras de polipropileno en una forma específica durante el proceso de producción, se obtienen filamentos y fibras particularmente adecuados para usar en materiales de fibrocemento.

Más particularmente, los métodos de acuerdo con la presente invención comprenden el paso de templar un filamento de polipropileno extrudido en un baño líquido que tiene una temperatura entre aproximadamente 5°C y aproximadamente 50°C, donde la distancia entre la superficie de dicho baño líquido y la hilera del extrusor está comprendida dentro del rango de aproximadamente 5 mm y aproximadamente 200mm.

En realizaciones particulares, los procesos de la presente invención comprenden el paso de templar un filamento de polipropileno extrudido en un baño líquido que tiene una temperatura entre aproximadamente 30 °C y aproximadamente 50 °C, tal como preferentemente entre aproximadamente 35 °C y 45 °C.

- 5 En otras realizaciones particulares, los procesos de la presente invención comprenden el paso de templar un filamento de polipropileno extrudido en un baño líquido donde la distancia entre la superficie de dicho baño líquido y la hilera del extrusor está comprendida dentro del rango de aproximadamente 5 mm y aproximadamente 15 mm.
- 10 En ciertas realizaciones, el tiempo de permanencia del filamento extrudido en el baño líquido está comprendido entre aproximadamente 1 segundo y 30 segundos, preferentemente menos que 10 segundos, preferentemente entre aproximadamente 1 y aproximadamente 10 segundos, más preferentemente entre aproximadamente 1 y 5 segundos.
- 15 Sin quedar limitados por ninguna teoría o hipótesis en particular, los inventores consideran que, en los procesos de la invención, la temperatura del baño líquido, el tiempo de permanencia del filamento extrudido en el baño líquido y la distancia entre la superficie de dicho baño líquido y la hilera del extrusor son tres parámetros que contribuyen de manera beneficiosa con el desempeño general de
- 20 los filamentos y fibras producidos en un producto final de fibrocemento.

Por cierto, los inventores han hallado que al templar un filamento de polipropileno extrudido durante un tiempo de permanencia limitado en un baño líquido que tiene una temperatura comprendida entre aproximadamente 5 °C y aproximadamente 50 °C, donde la distancia entre la superficie de dicho baño líquido y la hilera del

25 extrusor está comprendida dentro del rango de aproximadamente 5 mm y aproximadamente 200 mm, se obtiene un filamento con una cristalinidad relativamente baja a mediana y con muy buena resistencia de las fibras. Más

particularmente, los mono y multifilamentos o las fibras que se obtienen de acuerdo con los procesos de la invención tienen un grado de cristalinidad relativamente bajo a mediano de entre aproximadamente 40 % y aproximadamente 60 % (según se mide utilizando las técnicas de medición SAXS y calorimetría diferencial de barrido (DSC, por sus siglas en inglés)) y tienen una tenacidad de por lo menos 7 cN/dtex, tal como entre aproximadamente 7 cN/dtex y aproximadamente 20 cN/dtex.

Además, los inventores de la presente han hallado que el proceso se realiza preferentemente sin la presencia de un agente nucleante. En efecto, los agentes nucleantes generalmente inducen un alto nivel de cristalización de los filamentos y las fibras resultantes, lo cual no es deseable para los filamentos y las fibras de la presente invención.

Por lo cual, en realizaciones particulares, los procesos de acuerdo con la presente invención se realizan sin la presencia de un agente nucleante.

Con el uso del proceso de producción de la presente invención, los inventores han tenido éxito en producir monofilamentos de polipropileno, multifilamentos y fibras derivadas de estos, caracterizados por una densidad lineal comprendida entre aproximadamente 1 y aproximadamente 75 dtex por filamento (dpf) y una resistencia o tenacidad de las fibras comprendida entre aproximadamente 7 cN/dtex y aproximadamente 15 cN/dtex o más, tal como entre aproximadamente 8 cN/dtex y aproximadamente 20 cN/dtex o más.

Asimismo y lo que es importante, se halló que al usar las fibras obtenidas mediante los métodos de acuerdo con la presente invención como materia prima en la producción de fibrocemento, se obtuvieron productos de fibrocemento con resistencia al impacto (es decir, resistencia al impacto Charpy) significativamente mejorada.

En un primer aspecto, la presente invención proporciona procesos para producir un filamento de polipropileno estirado (es decir, monofilamento o multifilamento) o una fibra (o fibras) derivada de este para el refuerzo de productos cementicios, que comprende los siguientes pasos:

- 5           (i) formar una composición de polipropileno fundida que comprende al menos un polipropileno,
- (ii) extrudir la composición polimérica fundida a través de la hilera de extrusión para formar un filamento con la composición polimérica,
- (iii) templar el filamento de polipropileno extrudido en un baño líquido que  
10           tiene una temperatura entre aproximadamente 5 °C y aproximadamente 50 °C, donde la distancia entre la superficie de dicho baño líquido y la superficie de dicha hilera de extrusión está comprendida dentro del rango de aproximadamente 5 mm y aproximadamente 200 mm, y
- (iv) estirar dicho filamento con una temperatura entre aproximadamente 130  
15           °C y 180 °C para formar un filamento de polipropileno estirado, y opcionalmente
- (v) cortar dicho filamento en fibras que tienen una longitud entre aproximadamente 3 y aproximadamente 50 mm.

En realizaciones particulares, los procesos de la presente invención son procesos  
20   industriales, es decir, procesos que se pueden realizar a escala industrial con una alta consistencia y sin afectar la calidad ni las propiedades mecánicas de los filamentos y las fibras producidas.

En otras realizaciones particulares, los procesos de la presente invención están  
25   destinados a la producción de multifilamentos o fibras de polipropileno estirados y comprenden los siguientes pasos:

- (i) formar una composición de polipropileno fundida que comprende al menos un polipropileno,
- (ii) extrudir la composición polimérica fundida a través de una hilera de extrusión para formar múltiples filamentos con la composición polimérica,
- (iii) templar el filamento de polipropileno extrudido en un baño líquido que tiene una temperatura entre aproximadamente 5 °C y aproximadamente 50 °C, donde la distancia entre la superficie de dicho baño líquido y la superficie de dicha hilera de extrusión está comprendida dentro del rango de aproximadamente 5 mm y aproximadamente 200 mm,
- (iv) recoger los filamentos múltiples para formar un multifilamento,
- (v) estirar dicho multifilamento con una temperatura entre aproximadamente 130 °C y 180 °C para formar un multifilamento de polipropileno estirado, y opcionalmente
- (vi) cortar dicho filamento en fibras que tienen una longitud entre aproximadamente 3 y aproximadamente 50 mm.

En realizaciones particulares, el proceso de acuerdo con la presente invención se realiza sin la presencia de un agente nucleante.

En otras realizaciones particulares de los procesos de la presente invención, el tiempo de permanencia del filamento extrudido en el baño líquido está comprendido entre aproximadamente 1 segundo y 30 segundos, preferentemente menos que 10 segundos, preferentemente entre aproximadamente 1 y aproximadamente 10 segundos, más preferentemente entre aproximadamente 1 y 5 segundos.

25

En incluso otras realizaciones particulares, en los procesos de acuerdo con la presente invención, el baño líquido tiene una temperatura entre aproximadamente

30 °C y aproximadamente 50 °C, más particularmente entre aproximadamente 35 °C y aproximadamente 45 °C.

En ciertas realizaciones particulares, en los procesos de acuerdo con la presente invención, la distancia entre la superficie del baño líquido y la superficie de la hilera de extrusión oscila entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 160 mm, tal como, por ejemplo, entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 10 mm.

En ciertas otras realizaciones particulares, en los procesos de acuerdo con la presente invención, la distancia entre la superficie del baño líquido y la superficie de la hilera de extrusión oscila entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 15 mm, tal como, por ejemplo, entre aproximadamente 10 mm y aproximadamente 15 mm.

En ciertas realizaciones particulares, en los procesos de acuerdo con la presente invención, después de haber realizado el paso (ii) de extrusión y antes de realizar el paso (iii) de templado, la composición polimérica fundida se mantiene a una temperatura comprendida entre aproximadamente 150 °C y aproximadamente 200 °C, tal como, entre otras, a una temperatura comprendida entre aproximadamente 165 °C y aproximadamente 180 °C.

De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención proporciona filamentos de polipropileno estirados o multifilamentos de polipropileno estirados que se obtienen mediante los procesos definidos en la presente, donde los filamentos o multifilamentos se caracterizan por una densidad lineal entre aproximadamente 1 dtex y aproximadamente 75 dtex por filamento (dpf) y una tenacidad entre aproximadamente 7 cN/dtex y aproximadamente 15 cN/dtex o

más.

En realizaciones particulares, la presente invención proporciona monofilamentos de polipropileno estirados o multifilamentos de polipropileno estirados o fibras derivadas de estos que se obtienen mediante los procesos definidos en la presente, donde los monofilamentos o multifilamentos se caracterizan por una densidad lineal entre aproximadamente 1 dtex y aproximadamente 75 dtex por filamento (dpf) y una tenacidad entre aproximadamente 7 cN/dtex y aproximadamente 20 cN/dtex o más.

En realizaciones particulares, la presente invención proporciona filamentos de polipropileno estirados o multifilamentos de polipropileno estirados que se obtienen mediante los procesos definidos en la presente, donde los filamentos o multifilamentos se caracterizan por una densidad lineal entre aproximadamente 5 dtex por filamento y aproximadamente 25 dtex por filamento y una tenacidad entre aproximadamente 10 y aproximadamente 15 cN/dtex.

En otras realizaciones particulares, la presente invención proporciona monofilamentos de polipropileno estirados o multifilamentos de polipropileno estirados o fibras derivadas de estos que se obtienen mediante los procesos definidos en la presente, donde los monofilamentos o multifilamentos o fibras se caracterizan por una densidad lineal entre aproximadamente 5 dtex por filamento y aproximadamente 25 dtex por filamento y una tenacidad entre aproximadamente 8 y aproximadamente 20 cN/dtex.

En realizaciones particulares, la presente invención proporciona monofilamentos de polipropileno estirados o multifilamentos de polipropileno estirados o fibras derivadas de estos que se obtienen mediante los procesos definidos en la presente, donde los monofilamentos o multifilamentos o fibras se caracterizan por

una cristalinidad entre aproximadamente 40 % y aproximadamente 60 % según se determina usando las técnicas de medición WAXS y DSC.

En otras realizaciones particulares, la presente invención proporciona monofilamentos de polipropileno estirados o multifilamentos de polipropileno estirados o fibras derivadas de estos que se obtienen mediante los procesos  
5 definidos en la presente, donde los monofilamentos o multifilamentos o fibras se caracterizan por una cristalinidad entre aproximadamente 45 % y aproximadamente 50 % según se determina usando las técnicas de medición WAXS y DSC.

10 En otras realizaciones particulares, la presente invención proporciona filamentos de polipropileno estirados o multifilamentos de polipropileno estirados que se obtienen mediante los procesos definidos en la presente, donde los filamentos o multifilamentos se caracterizan por tener una elongación a la rotura entre aproximadamente 5 % y 40 %, tal como, entre otras, una elongación a la rotura  
15 entre aproximadamente 10 % y aproximadamente 25 %.

En un tercer aspecto, la presente invención proporciona el uso de filamentos de polipropileno estirados o multifilamentos de polipropileno estirados, que se obtienen mediante los procesos definidos en la presente, para la producción de un  
20 producto de fibrocemento.

En un cuarto aspecto, la presente invención proporciona procesos para la producción de productos de fibrocemento, procesos los cuales al menos comprenden el paso de manufacturar un producto de fibrocemento a partir de  
25 material de fibras derivadas de filamentos de polipropileno estirados obtenibles mediante los procesos definidos en la presente.

En un quinto aspecto, la presente invención proporciona productos de fibrocemento obtenibles mediante los procesos para la producción de productos de fibrocemento definidos en la presente, los cuales al menos comprenden el paso de manufacturar un producto de fibrocemento a partir de material de fibras derivadas de filamentos de polipropileno estirados obtenibles mediante los procesos definidos en la presente.

Las reivindicaciones independientes y dependientes describen las características particulares y preferidas de la invención. Las características de las reivindicaciones dependientes se pueden combinar con características de las reivindicaciones independientes y de otras reivindicaciones dependientes, y/o con características descritas en la descripción precedente y/o a continuación, como resulte apropiado.

Las características precedentes y otras propiedades características y ventajas de la presente invención se tornarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, considerada conjuntamente con los dibujos adjuntos, que ilustran, a modo de ejemplo, los principios de la invención. Esta descripción se proporciona solamente con el fin de brindar un ejemplo, sin limitar el alcance de la invención. Los números de referencia citados a continuación se refieren a los dibujos adjuntos.

#### **Breve descripción de los dibujos**

La **Figura 1** es una vista esquemática de una línea de extrusión de monofilamentos.

(1) Aparato extrusor

- (2) Entrada
- (3) Hilera de extrusión
- (4) Filamento
- (5) Baño líquido
- 5 (6) Rodillo
- (7) Horno
- (8) Rodillo/s de estiramiento
- (9) Primer rodillo de estiramiento
- (10) Último rodillo de estiramiento
- 10 Los mismos signos de referencia se refieren al mismo elemento, a un elemento similar o análogo en las diferentes figuras.

### **Descripción de realizaciones ejemplares**

- 15 Se describirá la presente invención con respecto a realizaciones particulares.  
Cabe destacar que el término "que comprende", usado en las reivindicaciones, no deberá interpretarse como que está restringido a los significados enumerados a continuación; este no excluye otros elementos o pasos. Por lo tanto se ha de interpretar que especifica la presencia de las características, los pasos o los
- 20 componentes citados según se refiera, pero no excluye la presencia o el agregado de una o más características, pasos o componentes diversos, o grupos de estos. Por lo tanto, el alcance de la expresión "un dispositivo que comprende A y B" no deberá limitarse a los dispositivos que consisten únicamente en los componentes A y B. Esto significa que con respecto a la presente invención, los únicos
- 25 componentes relevantes del dispositivo son A y B.  
A lo largo de esta memoria descriptiva, se hace referencia "a una realización" o "una realización". Tales referencias indican que una característica particular,

descripta en relación con la realización está incluida en al menos una realización de la presente invención. Por lo tanto, la aparición de las frases "en una realización" o "en una realización" en varios lugares a lo largo de esta memoria descriptiva no se refieren necesariamente a la misma realización, aunque podría ser así. Asimismo, las características o las propiedades se pueden combinar de cualquier manera apropiada en una o más realizaciones, tal como resultará evidente para el experto en la técnica.

Los términos a continuación se proporcionan solamente para ayudar a comprender la invención.

10 Como se usan en la presente, las formas singulares "una", "un" "uno" y "el" y "la" incluyen tanto los referentes singulares como plurales a menos que el contexto indique claramente otra cosa.

Los términos "que comprende", "comprende" y "compuesto por" como se usan en la presente son sinónimos de "que incluye", "incluye" o "que contiene", "contiene", y son inclusivos o con final abierto y no excluyen miembros no enumerados, elementos ni pasos de métodos adicionales.

La mención de rangos numéricos mediante puntos extremos incluye todos los números y las fracciones subsumidas dentro de los respectivos rangos, como así también los puntos extremos mencionados.

El término "aproximadamente" como se usa en la presente cuando se refiere a un valor mensurable tal como un parámetro, una cantidad, una duración temporal, y valores similares, se considera que abarca variaciones de  $\pm 10\%$  o menores, preferentemente  $\pm 5\%$  o menores, más preferentemente  $\pm 1\%$  o menores, y aun con mayor preferencia  $\pm 0,1\%$  o menores del y desde el valor especificado,

en tanto que tales variaciones sean adecuadas para llevar a cabo la invención divulgada. Se ha de entender que el valor al cual se hace referencia con el modificador "aproximadamente" también está divulgado de manera específica y preferida.

5

El término "cementicio" como en "producto cementicio" o "material cementicio" tal como se usa en la presente se refiere a cualquier producto o material que comprende cemento, tal como entre otros, cemento Portland, cemento con alto contenido de alúmina, cemento Portland de acero, cemento trass, cemento de  
10 escorias, yeso, silicatos de calcio formados por tratamiento en autoclave y combinaciones de aglutinantes particulares. En realizaciones más particulares, el cemento en los productos de la invención es cemento Portland.

El término "producto de fibrocemento" como se usa en la presente se refiere a  
15 productos que comprenden al menos fibras y cemento. Los productos de fibrocemento como se usan en el contexto de la presente invención también pueden comprender otros componentes, tales como, entre otros, piedra caliza, tiza, cal viva, cal apagada o hidratada, arena molida, harina de arena de sílice, harina de cuarzo, sílice amorfa, humo de sílice condensado, microsílice,  
20 metacaolín, wollastonita, mica, perlita, vermiculita, hidróxido de aluminio, pigmentos, agentes anti-espuma, floculantes y otros aditivos.

El término "producto de cemento reforzado con fibras" como se usa en la presente se refiere a productos que comprenden al menos fibras de refuerzo y cemento.  
25 Los productos de cemento reforzados con fibras como se usan en el contexto de la presente invención también pueden comprender otras fibras que no son de refuerzo (también denominadas "fibras para proceso") como así también otros

componentes, tales como, entre otros, piedra caliza, tiza, cal viva, cal apagada o hidratada, arena molida, harina de arena de sílice, harina de cuarzo, sílice amorfa, humo de sílice condensado, microsílice, metacaolín, wollastonita, mica, perlita, vermiculita, hidróxido de aluminio, pigmentos, agentes anti-espuma, floculantes y  
5 otros aditivos.

El término "filamento" como se usa en la presente se refiere a una fibra de polipropileno sin fin.

10 El término "monofilamento" como se usa en la presente se refiere a un filamento que ha sido extrudido o hilado a partir de un fundido como un filamento individual. Es decir, si bien los filamentos extrudidos se pueden someter a un procesamiento posterior a la extrusión (por ejemplo, templado, secado, estirado, procesamiento térmico, acabado, etc.), los filamentos inicialmente se extruden o se hilan a partir  
15 de un fundido en su forma individual.

El término "multifilamento" como se usa en la presente se refiere a una multiplicidad de filamentos que se han extrudido o hilado a partir de un fundido como filamentos múltiples. Es decir, mientras que la multiplicidad de filamentos  
20 extrudidos se pueden someter a un procesamiento posterior a la extrusión (por ejemplo, templado, secado, estirado, procesamiento térmico, acabado, etc.), los filamentos múltiples inicialmente se extruden o se hilan a partir de un fundido simultáneamente, es decir, en sus formas múltiples.

25 El término "fibra" o "fibra corta" como se usa en el contexto de la presente invención se refiere a filamentos, que han sido cortados, rotos o rasgados a una cierta longitud, es decir la longitud del corte.

El término "longitud de la/s fibra/s (corta/s)" como se usa en la presente se refiere a la longitud promedio de un grupo de fibras (cortas) de cualquier composición. En el caso de las fibras sintéticas cortadas, tales como las fibras de polipropileno, la longitud (corte) se refiere a la longitud discreta a la cual estas fibras se han cortado, y es por lo tanto igual para cada fibra presente en el grupo. En el caso de las fibras sintéticas rotas o rasgadas, tales como las fibras de polipropileno, la longitud (corte) se refiere a la longitud promedio a la cual estas fibras se han roto o rasgado.

En el contexto de la presente invención, se considera que el término "polipropileno" incluye cualquier composición polimérica que comprende monómeros de propileno, ya sea como un homopolímero o copolímero con otras poliolefinas, dienos u otros monómeros (tales como etileno, butileno y otros similares). También se considera que el término abarca cualquier configuración y disposición diferente de los monómeros constitutivos (tales como sindiotáctica, isotáctica y otras similares). Por lo tanto, cuando en la presente se aplica el término a filamentos, monofilamentos, multifilamentos o fibras, se considera que este abarca estiramientos ilimitados, hebras realmente largas, hilos, y otros similares, de homopolímero o copolímero de polipropileno.

20

El término "agente nucleante" como se usa en la presente puede ser en general cualquier material que pueda proporcionar sitios de nucleación que permitan la formación de cristales de polipropileno durante la transición del polipropileno desde el estado fundido hasta la estructura sólida. En general, "un agente nucleante" como se usa en la presente se refiere por lo tanto a un agente que facilita o aumenta la velocidad de cristalización del polipropileno durante la transición desde el estado fundido hasta la estructura sólida. Una lista no limitante

de agentes nucleantes ejemplares puede incluir, por ejemplo, agentes nucleantes de dibencilideno sorbitol, como se conocen generalmente en la técnica, tales como dibencilideno sorbitol (DBS), monometildibencilideno sorbitoles tales como 1,3:2,4-bis(p-metilbencilideno) sorbitol (p-MDBS), dimetil dibencilideno sorbitoles  
5 tales como 1,3:2,4-bis(3,4-dimetilbencilideno) sorbitol (3,4-DMDBS), y otros similares. Otros agentes nucleantes adecuados pueden incluir benzoato de sodio, sales de éter fosfato, tales como NA-11 y NA-21, desarrolladas por Asahi Denka de Japón, o los agentes hiper nucleantes desarrollados por Milliken Chemical de Carolina del Sur tales como, por ejemplo, Hyperform(R) HPN-68L.

10

A continuación se describirá la invención en mayor detalle con referencia a diversas realizaciones. Se entenderá que cada realización se proporciona a modo de ejemplo y que de ninguna manera limita el alcance de la invención. Al respecto, quedará claro a los expertos en la técnica que se pueden realizar  
15 diversas modificaciones y variaciones a la presente invención sin apartarse del alcance ni del espíritu de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización se pueden usar en otra realización para producir inclusive otra realización. Es decir, se considera que la presente invención cubre tales modificaciones y variaciones que están comprendidas  
20 dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

En un primer aspecto, la presente invención proporciona procesos para la producción de filamentos de polipropileno. En particular, los procesos de la presente invención permiten producir un tipo específico de filamentos de  
25 polipropileno que tienen una combinación exclusiva de características ventajosas, inclusive una densidad de fibra más alta, una resistencia de fibra más alta y un porcentaje de elongación de fibra más alto.

Los inventores de la presente han hallado que los filamentos o las fibras que se obtienen mediante los procesos de la invención y/o que tienen la combinación de características específicas como se describe más adelante en la presente, son particularmente adecuados para usarlos en la producción de productos de fibrocemento, y por lo tanto, para el refuerzo de productos cementicios, tales como, entre otros, láminas de fibrocemento planas o corrugadas.

Con referencia a la Figura 1, se ilustra esquemáticamente una realización del proceso divulgado en la presente. De acuerdo con la realización ilustrada, se puede proporcionar un fundido con base de polipropileno a un aparato extrusor (1). Por cierto, el primer paso de los procesos de acuerdo con la presente comprende formar una composición fundida de polipropileno que comprende al menos un polipropileno. A continuación, en un segundo paso, la composición polimérica fundida se extrude a través de la hilera de extrusión para formar un monofilamento o un multifilamento de la composición polimérica.

En general, se puede utilizar cualquier polipropileno adecuado para formar filamentos o fibras estirados en el proceso de la invención.

Por ejemplo, el polipropileno adecuado para la presente invención generalmente puede ser cualquier masa fundida estándar. Por ejemplo, en una realización, se puede utilizar para formar los filamentos y las fibras de la invención resina de polipropileno con grado de extrusión estándar que tenga un índice de fluidez ((MFR, por sus siglas en inglés); medido de acuerdo con la norma ISO 1133) entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 30. En ciertas realizaciones particulares, se puede utilizar polipropileno que tenga un MFR entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 25. En ciertas realizaciones más particulares, el polipropileno utilizado para formar los filamentos o las fibras estiradas puede tener un MFR entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 26, inclusive entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 8, tal como entre

aproximadamente 0,5 y aproximadamente 7, en particular tal como aproximadamente 0,5 y aproximadamente 6. En otras realizaciones particulares, el polipropileno utilizado para formar los filamentos o las fibras estirados puede tener un MFR entre aproximadamente 0,5 y 2,8 tal como entre aproximadamente 0,5 y 2,0.

En realizaciones particulares de la invención, el material de polipropileno utilizado para formar los filamentos o las fibras estirados en el proceso de la invención es polipropileno con alto peso molecular. Por lo tanto, en realizaciones particulares, el material de polipropileno utilizado en el proceso de la presente invención tiene un peso molecular de aproximadamente 200.000 g/mol o más, tal como por ejemplo aproximadamente 250.000 g/mol o más, particularmente aproximadamente 300.000 g/mol o más, tal como más particularmente aproximadamente 350.000 g/mol o más, tal como aproximadamente 400.000 g/mol, al menos aproximadamente 500.000 g/mol o al menos aproximadamente 600.000 g/mol, tal como un peso molecular de al menos aproximadamente 700.000 g/mol.

En realizaciones particulares de los procesos de la presente invención, los inventores han hallado que cuando se utiliza un material de partida de polipropileno, el cual tiene un peso molecular promedio entre aproximadamente 180.000 g/mol y 190.000 g/mol y un índice de peso molecular poli dispersión de aproximadamente 2,6, la velocidad del proceso completo de producción del filamento de polipropileno se puede aumentar en aproximadamente 30 %, mientras el proceso permanece altamente estable.

Los componentes individuales de una composición polimérica para formar filamentos o fibras estirados se pueden proporcionar al extrusor ya sea separada o conjuntamente, tal como por ejemplo a través de una entrada (2). Por ejemplo,

los componentes individuales tal como una o varias resinas de polipropileno se pueden proporcionar al extrusor (1) ya sea juntos o separados en forma de polvo o minigránulos.

En ciertas realizaciones particulares, se pueden proporcionar una o varias resinas de polipropileno en forma de minigránulos y alimentar el extrusor (1) por la entrada (2).

La mezcla que incluye la resina de polipropileno también puede incluir otros aditivos diversos, que son generalmente conocidos en la técnica.

10 Por ejemplo, en ciertas realizaciones, cuando se desea que los filamentos tengan un color determinado, la mezcla puede incluir agentes colorantes adecuados, tales como tinturas u otros pigmentos, que se agregan a la mezcla mediante el así llamado lote maestro. Otros aditivos que se pueden combinar con la mezcla pueden incluir, por ejemplo, uno o más agentes anti-estáticos, agentes  
15 antioxidantes, agentes antimicrobianos, agentes de adhesión, estabilizadores, plastificantes, compuestos para dar brillo, agentes clarificantes, agentes de estabilización de luz ultravioleta, agentes tensioactivos, agentes preventivos o mejoradores del olor, agentes para dispersión de la luz, absorbedores de halógeno, y otros agentes similares. Además, los aditivos se pueden incluir en el  
20 fundido mediante un lote maestro, o en algunas realizaciones, se pueden aplicar como un tratamiento superficial ya sea sobre la fibra sin estirar u opcionalmente sobre la fibra estirada, como se conoce generalmente en la técnica.

En realizaciones particulares de los procesos de acuerdo con la invención, los filamentos o las fibras de polipropileno de la invención se pueden formar con una  
25 combinación de poliolefinas, una de las cuales es polipropileno. Por ejemplo, la poliolefina se puede combinar en el aparato extrusor con un segundo polímero. El segundo polímero puede ser un polipropileno diferente u otra poliolefina. En

ciertas realizaciones adicionales, el componente polimérico de los filamentos o de las fibras es una combinación de polipropileno/polietileno. En otras realizaciones particulares, se pueden combinar otros polímeros con el polipropileno. Por ejemplo, en una realización particular, los filamentos o las fibras de polipropileno de la invención se pueden formar con una combinación de polipropileno/poliolefina cíclica.

En realizaciones particulares de los procesos de la invención, el aparato extrusor (1) puede ser un aparato para hilado por fusión como se conoce generalmente en la técnica. Por ejemplo, se puede colocar resina de polipropileno, opcionalmente una o más poliolefinas adicionales y cualquier otro aditivo que se desee en la tolva de alimentación que alimenta el sistema con la resina. A continuación, los gránulos de resina son empujados hacia un barril mediante un tornillo giratorio mientras que calentadores aumentan gradualmente la temperatura. Hacia el final del tornillo giratorio, se obtiene un polímero fundido. La formación de la mezcla fundida se puede llevar a cabo generalmente a una temperatura que asegure el fundido de esencialmente todo el polipropileno, tal como por ejemplo una temperatura entre aproximadamente 175 °C y aproximadamente 325 °C.

Luego de la formación de la mezcla de polímero fundido, esta se puede transportar bajo presión a la hilera de extrusión (3) del aparato extrusor (1), donde se la puede extrudir a través de un orificio, una abertura o un poro para formar un filamento de polipropileno (4). Como se señaló anteriormente, la mezcla se puede extrudir ya sea como un monofilamento o como un multifilamento, por ejemplo, ya sea en orientación de lámina o en orientación cilíndrica, y cortarse, rebanarse o romperse por estiramiento en fibras individuales durante el procesamiento posterior del monofilamento o del multifilamento.

La hilera de extrusión (3) generalmente se puede calentar a una temperatura que permite la extrusión del polímero fundido al mismo tiempo que evita la rotura del

filamento (4) durante su formación. En ciertas realizaciones específicas, la hilera de extrusión (3) se puede calentar a la misma temperatura a la cual se está formando el polímero fundido, por ejemplo, una temperatura entre aproximadamente 175 °C y aproximadamente 325 °C. En realizaciones  
5 particulares adicionales, la hilera de extrusión (3) se puede calentar durante el proceso de extrusión a una temperatura entre aproximadamente 220 °C y aproximadamente 300 °C. No obstante en realizaciones alternativas, la hilera de extrusión (3) puede estar a una temperatura diferente, tal como por ejemplo a una temperatura menor o mayor, que la temperatura a la cual se está formando el  
10 polímero fundido.

En otras realizaciones particulares, la mezcla se puede encontrar con temperaturas en aumento a medida que avanza desde la tolva de alimentación hacia el tornillo giratorio en dirección de la hilera de extrusión. En una realización,  
15 la mezcla puede avanzar a través de diversas zonas antes de la extrusión, por ejemplo, una primera zona, en la cual la temperatura puede ser relativamente baja, por ejemplo, entre aproximadamente 75 °C y aproximadamente 150 °C, una segunda zona, en la cual la temperatura puede ser entre aproximadamente 125 °C y aproximadamente 275 °C, y una tercera zona en la hilera de extrusión, que  
20 opcionalmente puede incluir el cabezal y el troquel que pueden mantenerse a una temperatura entre aproximadamente 175 °C y aproximadamente 325 °C, a la cual se extrude el fundido.

Durante el proceso de la presente invención, el único o los varios orificios, aberturas o poros de la hilera de extrusión a través de la cual se puede extrudir el  
25 polímero generalmente tienen una distancia máxima en la sección transversal menor que 1,0 mm (por ejemplo, el diámetro en el caso particular de un orificio

circular). Por ejemplo, en una realización, los orificios de la hilera de extrusión pueden tener entre aproximadamente 0,1 mm y aproximadamente 0,5 mm, tal como entre aproximadamente 0,1 mm y aproximadamente 0,3 mm, inclusive entre aproximadamente 0,1 mm y aproximadamente 0,25 mm de distancia máxima en la sección transversal.

De acuerdo con la presente invención, el polímero se puede extrudir a través de la hilera de extrusión con una capacidad de proceso relativamente alta. En el proceso se puede detectar el corte excesivo mediante una disminución crucial en la tenacidad y el módulo de la fibra con aumento adicional de rendimiento del polímero por orificio. El rendimiento excesivo de corte específico generalmente puede variar según uno o varios del material específico exudado, del tamaño de la abertura de la hilera de extrusión, como así también de la temperatura de exudado. Los valores excesivos de rendimiento de corte para cualquier sistema y materiales en particular como así también los métodos para obtenerlos son generalmente conocidos por los expertos en la técnica.

En ciertas realizaciones específicas y nuevamente haciendo referencia a la Figura 1, luego de la extrusión, el filamento de polipropileno (4) se templea en un baño líquido (5) que tiene una temperatura entre aproximadamente 5 °C y aproximadamente 50 °C, tal como por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 45 °C, y es dirigido por un rodillo (6). El baño líquido (5) en el cual el filamento extrudido se templea puede ser un líquido en el cual el polímero es insoluble. Por ejemplo, el líquido puede ser agua, etilenglicol, o cualquier otro líquido adecuado como se conoce generalmente en la técnica. En otras realizaciones específicas, durante el paso de templado, el baño líquido tiene una temperatura entre aproximadamente 30 °C y aproximadamente 50 °C, tal como, entre otras, entre aproximadamente 35 °C y aproximadamente 45 °C.

En ciertas realizaciones específicas del proceso de acuerdo con la invención, la distancia entre la superficie del baño líquido y la superficie de la hilera de extrusión oscila entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 200 mm, tal como particularmente entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 160 mm.

- 5 En otras realizaciones particulares, la distancia entre la superficie del baño líquido y la superficie de la hilera de extrusión oscila entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 100 mm.

En aun otras realizaciones particulares, la distancia entre la superficie del baño líquido y la superficie de la hilera de extrusión oscila entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 10 mm, inclusive, a modo de ejemplo, entre aproximadamente 5 y 6 mm.

En ciertas realizaciones adicionales del proceso de la presente invención, entre el paso de extrusión y el paso de templado en un baño líquido, la composición polimérica fundida se mantiene a una temperatura que oscila entre aproximadamente 100 °C y 200 °C. Por cierto, en determinadas realizaciones específicas de la invención, se ha hallado que es ventajoso en ciertas realizaciones específicas de la invención, que la parte del/de los filamento/s expuesta al aire, es decir, después de la extrusión en la hilera de extrusión, se mantenga en un estado amorfo al mantener la temperatura al menos por encima de aproximadamente 130 °C, y más particularmente entre aproximadamente 150 °C y aproximadamente 200 °C, con la mayor particularidad entre aproximadamente 150 °C y aproximadamente 180 °C, tal como entre aproximadamente 165 °C y aproximadamente 180 °C. Por ejemplo, el filamento (4) puede pasar a través de un collar calentado antes de entrar en el baño líquido (5).

Uno o varios rodillos (6) pueden estar presentes dentro del baño líquido (5) para transportar el filamento (4) a través del baño (5). El tiempo de permanencia del material en el baño (5) puede variar, según los materiales particulares incluidos en el material polimérico, la velocidad particular de la línea, etc. En realizaciones  
5 particulares, el tiempo de permanencia del material en el baño (5) puede ser entre aproximadamente 1 segundo y aproximadamente 1 minuto, tal como más particularmente entre aproximadamente 1 segundo y aproximadamente 30 segundos, tal como con la mayor particularidad entre a 1 segundo y aproximadamente 10 segundos. En aun otras realizaciones particulares de los  
10 procesos de la presente invención, el tiempo de permanencia del material en el baño (5) puede ser entre aproximadamente 1 segundo y aproximadamente 5 segundos, tal como más particularmente entre aproximadamente 1 segundo y aproximadamente 4 segundos, tal como con la mayor particularidad entre aproximadamente 1 segundo y aproximadamente 3 segundos. En ciertas  
15 realizaciones particulares de la invención, el tiempo de permanencia del material en el baño (5) es aproximadamente 5 segundos.

En la ubicación en la que el filamento (4) sale del baño (5) o cerca de esta, el exceso de líquido se puede eliminar del filamento (4) de acuerdo con cualquier  
20 proceso conocido en la técnica, tal como, por ejemplo, utilizando una serie de rodillos de compresión, a través de la utilización de vacío, un proceso de compresión utilizando un escurridor, una o varias cuchillas de aire, o elementos similares.

Luego del templado del filamento (4) se pueden aplicar los pasos de cualquier  
25 proceso opcional.

En ciertas realizaciones particulares, después del templado del filamento (4), opcionalmente el filamento se estira en rodillos sin aplicar calor alguno, es decir,

un paso de proceso opcional que también se puede denominar estirado en frío del filamento (4).

En otras ciertas realizaciones, el filamento se puede someter a pasos de procesos  
5 adicionales, tales como el agregado de un lubricante, por ejemplo.

Después del templado del filamento y opcionalmente otros pasos de procesos según se describió anteriormente, el filamento se estira mientras se aplica calor a una temperatura entre aproximadamente 130 °C y 180 °C.

10 En ciertas realizaciones particulares, el filamento (4) se puede estirar en un horno (7) calentado a una temperatura de entre aproximadamente 130 °C y aproximadamente 180 °C. De acuerdo con estas realizaciones, los rodillos de estiramiento (8) pueden estar tanto en el interior como en el exterior del horno (7), como es generalmente conocido en la técnica.

15 En realizaciones alternativas, y como resultará claro para el experto en la técnica, en vez de utilizar un horno como fuente de calor, los rodillos de estiramiento (8) se pueden calentar para así estirar el/los filamento/s mientras se calienta/n. Por ejemplo, los rodillos de estiramiento se pueden calentar a una temperatura de entre aproximadamente 130 °C y aproximadamente 180 °C.

20 De acuerdo con aun otras realizaciones, los filamentos se pueden estirar sobre una placa térmica calentada a una temperatura similar (es decir, entre aproximadamente 130 °C y aproximadamente 180 °C).

Por lo tanto, se ha de entender que en el contexto de la presente invención, se puede usar cualquier fuente de calor adecuada para calentar los filamentos  
25 durante el estirado a una temperatura entre aproximadamente 130 °C y aproximadamente 180 °C.

De acuerdo con ciertas realizaciones específicas de la invención, el/los

filamento/s se puede/n estirar con una relación de estiramiento (definida como la relación entre la velocidad del segundo rodillo o rodillo final de estiramiento (10) y el primer rodillo de estiramiento (9)) de entre aproximadamente 9 y 15. Por ejemplo, en ciertas realizaciones adicionales, la relación de estiramiento es entre  
 5    aproximadamente 10 y aproximadamente 15, tal como, entre otras, aproximadamente 10, particularmente aproximadamente 11, más particularmente aproximadamente 12, aún más particularmente aproximadamente 13, tal como aproximadamente 14 o con la mayor particularidad aproximadamente 15.

10    Además, el/los filamento/s producido/s se puede/n enrollar en bobinas o conos como se conoce generalmente en la técnica.

Se deberá comprender que para estirar el o los filamentos puede usarse opcionalmente cualquier proceso adecuado, diferente al uso de rodillos de estiramiento, que pueda aplicar una fuerza sobre el o los filamentos para  
 15    elongarlos luego del paso de templado. Por ejemplo, para estirar el o los filamentos se puede usar cualquier aparato mecánico que incluye rodillos de presión, rodillos godet, bobinas, conos, tanques de vapor, aire, vapor u otros chorros de gas.

Luego del paso de estirado, el o los filamentos estirados se pueden enfriar.

20

En ciertas realizaciones, después de enfriar el o los filamentos estirados, se puede llevar a cabo el procesamiento adicional opcional del o de los filamentos estirados.

25    Por ejemplo, en ciertas realizaciones, el o los filamentos estirados se pueden someter a uno o más pasos de estiramiento adicionales separados. En general, este único o varios pasos separados de estiramiento se pueden llevar a cabo a

temperaturas similares o superiores a las del primer estiramiento. Por ejemplo, los elementos de calentamiento usados en el paso de estiramiento segundo, tercero, cuarto, etc. se pueden calentar a una temperatura entre aproximadamente 10 °C y aproximadamente 50 °C superior a la del elemento de calentamiento del primer

5 paso de estiramiento. Además, generalmente el estiramiento segundo, tercero, cuarto, etc. se puede realizar con una relación de estiramiento menor que la del primer estiramiento. Por ejemplo, el estiramiento segundo, tercero, cuarto, etc. se puede realizar con una relación de estiramiento menor que aproximadamente 5. En ciertas realizaciones el estiramiento segundo, tercero, cuarto, etc. se puede

10 realizar con una relación de estiramiento menor que aproximadamente 3.

Opcionalmente, el o los filamentos estirados pueden ser termofijados. Por ejemplo, el o los filamentos se pueden relajar o someterse a una relación de estiramiento muy baja (por ejemplo, una relación de estiramiento entre aproximadamente 0,7 y aproximadamente 1,3) y someterse a una temperatura

15 entre aproximadamente 130 °C y aproximadamente 150 °C durante un breve período, generalmente menor que 3 minutos, tal como menor que un minuto, o por ejemplo, aproximadamente menor que 5 segundos. Este paso opcional de termofijado puede servir para "cerrar" la estructura cristalina del/de los filamento/s después del estiramiento. Además, puede reducir el encogimiento por calor, que

20 en algunas realizaciones puede ser recomendable.

En otras realizaciones, el o los filamentos estirados pueden recibir un tratamiento superficial para mejorar ciertas características, tales como humectabilidad o adhesión. Por ejemplo, el o los filamentos se pueden fibrilar, someterse a

25 tratamientos de plasma o de corona, o pueden incluir el agregado de apresto superficial de fibras, todos los cuales son métodos generalmente conocidos en la técnica. Generalmente, tales métodos colaboran en la mejora de la dispersibilidad

de las fibras en un medio hidratado, tal como, por ejemplo, una matriz cementicia, y/o mejoran la interacción entre la interfaz de la fibra y uno o varios ingredientes presentes en un medio hidratado, tal como por ejemplo una matriz cementicia.

- 5 En ciertas realizaciones particulares, el o los filamentos estirados se enrollan en un rodillo receptor.

No obstante, en otras realizaciones, los mono- o multi-filamentos estirados se pueden procesar adicionalmente para formar las fibras (cortas) de la presente invención, por ejemplo, mediante corte, rasgado o rotura de los filamentos en  
10 fibras de una longitud determinada. Las fibras cortas se pueden cortar, rasgar, romper o formar a partir de los mono o multifilamentos de acuerdo con cualquier proceso generalmente conocido en la técnica, por ejemplo, mediante el uso de cuchillas metálicas, cuchillos giratorios, y otros similares.

En general, la o las fibras terminadas se empaican en bolsas o se comprimen en  
15 fardos y se transportan a una segunda instalación para formar un producto secundario. Alternativamente, con la o las fibras terminadas se puede alimentar una segunda línea de proceso, para procesamiento adicional para formar un producto secundario, tal como, entre otros, un producto de fibrocemento.

- 20 Usando el proceso de producción de la presente invención, los inventores han tenido éxito en producir filamentos y fibras de polipropileno estirado, que tienen una combinación de características físicas exclusiva y favorable, lo que hace que estas fibras sean adecuadas para usarlas en productos que demandan una alta resistencia al impacto, tales como, por ejemplo, productos de fibrocemento. Más  
25 específicamente, la presente invención proporciona filamento/s y fibra/s que tienen alta densidad, alta tenacidad y alta estirabilidad, lo cual los hace extremadamente bien adaptados para usarlos en materiales de los que

generalmente se requiere que sean resistentes contra alto impacto, tales como productos de fibrocemento.

Por lo tanto, en un segundo aspecto, la presente invención proporciona  
5 filamento/s y fibra/s de polipropileno que se obtienen de acuerdo con los procesos de la invención.

Más específicamente, el/los monofilamento/s y la/s fibra/s de polipropileno derivadas de estos de acuerdo con la presente invención generalmente tienen  
10 una densidad lineal de estiramiento entre aproximadamente 1 dtex (por filamento) y aproximadamente 75 dtex (por filamento). En realizaciones particulares, el/los monofilamento/s y la/s fibra/s derivadas de estos de acuerdo con la presente invención tienen una densidad lineal de estiramiento entre aproximadamente 1  
15 dtex (por filamento) y aproximadamente 50 dtex (por filamento). En otras realizaciones particulares, el/los monofilamento/s y la/s fibra/s derivadas de estos de acuerdo con la presente invención tienen una densidad lineal de estiramiento entre aproximadamente 1 dtex (por filamento) y aproximadamente 30 dtex (por  
20 filamento). En aun otras realizaciones particulares, el/los monofilamento/s y la/s fibra/s de la presente invención tienen una densidad lineal de estiramiento entre aproximadamente 10 dtex (por filamento) y aproximadamente 25 dtex (por  
filamento).

Asimismo, el/los multifilamento/s y la/s fibra/s derivadas de estos de acuerdo con la presente invención generalmente tienen una densidad lineal de estiramiento  
25 entre aproximadamente 1 dtex (por filamento) y aproximadamente 75 dtex (por filamento), tal como entre aproximadamente 1 dtex (por filamento) y aproximadamente 50 dtex (por filamento), tal como en particular entre

aproximadamente 1 dtex (por filamento) y aproximadamente 30 dtex (por filamento). En realizaciones particulares, el/los multifilamento/s y la/s fibra/s derivadas de estos de acuerdo con la presente invención tienen una densidad lineal de estiramiento entre aproximadamente 1 dtex (por filamento) y aproximadamente 25 dtex (por filamento). En otras realizaciones particulares, el/los multifilamento/s y la/s fibra/s derivadas de estos de acuerdo con la presente invención tienen una densidad lineal de estiramiento entre aproximadamente 1 dtex (por filamento) y aproximadamente 20 dtex (por filamento). En aun otras realizaciones particulares, el/los multifilamento/s y la/s fibra/s de la presente invención tienen una densidad lineal de estiramiento entre aproximadamente 5 dtex (por filamento) y aproximadamente 20 dtex (por filamento).

En realizaciones particulares de la invención, los filamentos y las fibras con una densidad lineal decreciente, una tenacidad aumentada y una interacción matriz interfaz aumentada se prefieren para usar en la producción de productos de fibrocemento y productos de hormigón con fibras tal como se prevé en la presente.

Además, el/los monofilamento/s, multifilamentos y la/s fibra/s derivadas de estos de acuerdo con la presente invención tienen una alta tenacidad, que está comprendida entre aproximadamente 7 y 15 cN/dtex o más según se mide usando una máquina para ensayos "Favimat" de la empresa Textechno.

Por cierto, las caracterizaciones mecánicas de los filamentos se ensayaron con un equipo FAVIMAT (Textechno) a 20 °C, usando una longitud de calibración de 50 mm. Las curvas de fuerza vs. elongación se realizaron con una velocidad de cruceta de 10 seguida de 50 mm/min para determinar la densidad lineal y luego otras propiedades elásticas (módulo, límite de elasticidad y porcentaje de

elongación a la rotura).

En realizaciones particulares, el/los filamento/s y la/s fibra/s de la presente invención tienen una tenacidad entre aproximadamente 7 cN/dtex y aproximadamente 15 cN/dtex, tal como aproximadamente 8 cN/dtex y  
 5 aproximadamente 15 cN/dtex, más particularmente entre aproximadamente 9 cN/dtex y aproximadamente 15 cN/dtex, con la mayor particularidad entre a 10 cN/dtex y 15 cN/dtex. Por lo tanto, en realizaciones particulares, el/los filamento/s y la/s fibra/s de la presente invención tienen una tenacidad de aproximadamente 10 cN/dtex o más, tal como aproximadamente 11 cN/dtex o más, inclusive  
 10 aproximadamente 12 cN/dtex o más, particularmente entre 13 cN/dtex o más, más particularmente aproximadamente 14 dtex o más, con la mayor particularidad aproximadamente 15, aproximadamente 16, aproximadamente 17, aproximadamente 18, aproximadamente 19 o aproximadamente 20 dtex/cN o más.

15

Además, los filamentos y fibras de la presente invención tienen un alto módulo, en general mayor que aproximadamente 50 cN/dtex. En realizaciones particulares, los filamentos y las fibras de la presente invención exhiben un módulo mayor que aproximadamente 60 cN/dtex, tal como más particularmente mayor que  
 20 aproximadamente 80 cN/dtex, tal como con la mayor particularidad mayor que aproximadamente 100 cN/dtex, tal como mayor que aproximadamente 150 cN/dtex, con la mayor particularidad mayor que aproximadamente 160 cN/dtex. En ciertas realizaciones particulares, los filamentos y las fibras de la presente invención exhiben un módulo entre aproximadamente 100 cN/dtex y  
 25 aproximadamente 150 cN/dtex.

Además, los filamentos y las fibras estirados de la presente invención también

exhiben características específicas de elongación.

Las caracterizaciones mecánicas de los filamentos se ensayaron con un equipo FAVIMAT (Textechno) a 20 °C, usando una longitud de calibración de 50 mm. Las curvas de fuerza vs. elongación se realizaron con una velocidad de cruceta de 10  
5 seguida de 50 mm/min para determinar la densidad lineal y luego otras propiedades elásticas (módulo, límite de elasticidad y porcentaje de elongación a la rotura).

Por ejemplo, los filamentos y las fibras de la presente invención exhiben un porcentaje de elongación (a la rotura) entre aproximadamente 1 % y  
10 aproximadamente 50 %, tal como entre aproximadamente 5 % y aproximadamente 50 %. En otras realizaciones particulares, los filamentos y las fibras de la presente invención exhiben un porcentaje de elongación (a la rotura) entre aproximadamente 5 % y aproximadamente 40 %, tal como entre aproximadamente 5 % y aproximadamente 30 %. En ciertas otras realizaciones,  
15 los filamentos y las fibras de la presente invención exhiben un porcentaje de elongación (a la rotura) entre aproximadamente 10 % y aproximadamente 30 %, tal como entre aproximadamente 10 % y aproximadamente 25 %, tal como más particularmente entre aproximadamente 10 % y aproximadamente 20 %.

También se cree que los filamentos y las fibras inventivos de la presente  
20 invención poseen una exclusiva estructura cristalina en comparación con otros filamentos de polipropileno conocidos con anterioridad. Existen diversos medios ampliamente aceptados para medir la orientación molecular en los sistemas poliméricos orientados, entre ellos la dispersión de la luz o de rayos X, mediciones de absorción, análisis de las propiedades mecánicas, y otros similares. Los  
25 métodos cuantitativos incluyen dispersión de rayos X en ángulo grande (WAXS), dispersión de rayos X en ángulo pequeño (SAXS) y calorimetría diferencial de barrido (DSC).

Mediante la utilización de técnicas WAXS, se muestra que los filamentos y las fibras divulgados son medianamente cristalinos, permitiendo una flexibilidad suficientemente alta como así también un límite de elasticidad suficientemente alto, las cuales son características necesarias para las aplicaciones de estos filamentos y fibras en productos de fibrocemento como se divulga en la presente. En particular, los filamentos y las fibras poseen entre aproximadamente 40 % y aproximadamente 60 % de cristalinidad, tal como entre 40 % y aproximadamente 55 % de cristalinidad, tal como entre aproximadamente 45 % y aproximadamente 50 % de cristalinidad según se determina usando las técnicas de medición WAXS y DSC, como es generalmente conocido por el experto en la técnica. Los grados de cristalinidad mencionados anteriormente además permiten que los filamentos y las fibras de la presente invención sean particularmente adecuados para aplicaciones de fibrocemento, en particular para producir productos de cemento reforzados con fibras y para el refuerzo de materiales de fibrocemento.

El/los filamento/s y/o fibras de la presente invención son materiales basados en polipropileno. En ciertas realizaciones, que se describen a continuación con mayor detalle, el/los filamento/s y/o fibras de la invención se pueden formar con uno o más homopolímeros de polipropileno y/o copolímeros como el único componente polimérico del/de los filamento/s y/o fibras. No obstante, en realizaciones alternativas, el/los filamento/s y/o la/s fibra/s de la presente invención se puede/n formar con combinaciones de polipropileno, por ejemplo, combinaciones de polipropileno/polietileno.

En realizaciones particulares, los filamentos y las fibras de polipropileno de la presente invención se realizan usando resinas con alto grado de isotacticidad (por ejemplo, entre otros, al menos un grado de isotacticidad de 90 %, tal como al

menos un grado de isotacticidad de 94 %, tal como un grado de isotacticidad de aproximadamente 95 %).

En general, los filamentos y las fibras divulgados pueden usarse para agregar resistencia a un material compuesto estructural. De acuerdo con estas  
5 realizaciones, las fibras, cuando se incorporan al compuesto, pueden dar resistencia y reforzar la matriz estructural del compuesto.

En particular, se halló que cuando se usan las fibras obtenidas mediante los métodos de acuerdo con la presente invención como materia prima en la producción de fibrocemento, se obtuvieron productos de fibrocemento con  
10 resistencia al impacto significativamente mejorada. Por lo tanto, la presente invención también está dirigida a métodos para usar el/los filamento/s y/o fibras de la presente invención en productos o materiales de fibrocemento.

Por consiguiente, en un tercer aspecto, la presente invención proporciona el uso de filamentos de polipropileno estirados o fibras de polipropileno estiradas como  
15 se divulga en la presente para producir un producto de fibrocemento.

Por lo tanto, de acuerdo con ciertas realizaciones de la presente invención, los filamentos y las fibras divulgados se pueden utilizar beneficiosamente como material de refuerzo en materiales de fibrocemento.

Por otra parte, en otras realizaciones, siguiendo los procesos de producción  
20 descriptos en la presente, los filamentos y las fibras se pueden procesar ulteriormente para usarlos como material de refuerzo en un producto de fibrocemento. Por ejemplo, antes de utilizarlas como un material de refuerzo en productos de fibrocemento, las fibras de la presente invención se pueden cortar, fibrilar, aplanar, curvar o deformar de alguna otra forma como se conoce  
25 generalmente en la técnica.

Luego de cualquiera de tales procesos de post-formado como se desee, las fibras se pueden combinar con hormigón o un material cementicio para formar una

materia prima de fibrocemento para formar un producto de fibrocemento que puede exhibir características de resistencia mejoradas en comparación con el producto de fibrocemento que no incluye las fibras de la invención.

- 5 Por cierto, es un objeto adicional de la presente invención proporcionar productos de fibrocemento que tienen resistencia flexural satisfactoria combinada con una excelente resistencia al impacto, incluso después del envejecimiento. Por lo tanto, los productos de fibrocemento de acuerdo con la invención se caracterizan porque se manufacturan comenzando desde las fibras de polipropileno de acuerdo con la
- 10 presente invención.

Por consiguiente, en una realización, la presente invención está dirigida a productos de fibrocemento que incluyen las fibras de la presente invención. Al respecto, las fibras de la invención sirven para reforzar las características de

15 resistencia del material de fibrocemento curado. En particular, las fibras de la presente invención funcionan para mejorar tanto la resistencia (la capacidad de la matriz curada para resistir el inicio de grietas) como así también la tenacidad a la fractura (la capacidad de una estructura para resistir la propagación de una grieta existente en la estructura) de los materiales de fibrocemento y los productos que

20 contienen estas fibras.

En realizaciones particulares, los productos de fibrocemento de la presente invención pueden incluir una multitud de longitudes relativamente cortas de fibras distribuidas en toda la matriz de fibrocemento. Por ejemplo, los productos de fibrocemento de la presente invención pueden incluir una multitud de fibras de

25 monofilamentos y/o fibras de multifilamentos como se definió en la presente que han sido cortadas o picadas con una longitud de entre aproximadamente 3 mm y aproximadamente 50 mm, tal como entre aproximadamente 3 y aproximadamente

25 mm. En ciertas realizaciones particulares, las fibras pueden tener una longitud discreta menor que aproximadamente 20 mm, más particularmente menor que aproximadamente 15 mm, tal como, con la mayor particularidad, aproximadamente 12 mm.

- 5 En ciertas realizaciones, las fibras de la presente invención se pueden combinar con otras fibras de refuerzo en la producción de materiales de fibrocemento de la presente invención. Por ejemplo, una cierta cantidad de fibras de la invención junto con una cierta cantidad de uno o varios tipos cualesquiera de fibras de refuerzo conocidos en la técnica se pueden incorporar en los productos de
- 10 fibrocemento de la invención.

Una lista no taxativa de otros tipos de fibras de refuerzo puede incluir, por ejemplo, fibras de acero, fibras de carbono, fibras de Kevlar® (poli-parafenileno tereftalamida), fibras de polietileno con peso molecular ultra alto, fibras de cristal líquido, fibras de alcohol polivinílico, fibras de vidrio, fibras de polipropileno con

15 distinta densidad lineal y/o tenacidad, fibras de celulosa, tales como pulpas kraft, etc.

El material de la matriz adecuado para combinar con las fibras de la presente invención en la producción de productos de fibrocemento generalmente puede ser

20 cualquier material crudo de matriz comúnmente usado en la producción de productos de fibrocemento.

Por lo tanto, en un cuarto aspecto, la presente invención proporciona procesos para la producción de productos de fibrocemento, que al menos comprenden el

25 paso de manufacturar un producto de fibrocemento a partir de material de filamentos de polipropileno estirados o una fibra de polipropileno estirada de la invención.

Generalmente, en los procesos para producir productos de fibrocemento de la presente invención, los materiales de los diversos componentes de partida se han de mezclar, curar y/o procesar de otro modo de acuerdo con cualquier método estándar generalmente conocido en la técnica.

- 5 En el contexto de la presente invención, los productos de fibrocemento se han de entender como productos cementicios que comprenden cemento y fibras sintéticas (y opcionalmente naturales). Los productos de fibrocemento están hechos con una suspensión de fibrocemento, que se forma en un así llamado producto de fibrocemento "verde", y luego se cura.
- 10 Dependiendo en alguna medida del proceso de curado utilizado, la suspensión de fibrocemento generalmente comprende agua, fibras de proceso o refuerzo que son fibras orgánicas sintéticas (y opcionalmente también fibras orgánicas naturales, como celulosa), cemento (por ejemplo, cemento Portland), piedra caliza, tiza, cal viva, cal apagada o hidratada, arena molida, harina de arena de sílice, harina de cuarzo, sílice amorfa, humo de sílice condensado, microsílice,
- 15 caolín, metacaolín, wollastonita, mica, perlita, vermiculita, hidróxido de aluminio (ATH), pigmentos, agentes anti-espuma, floculantes y/u otros aditivos. Opcionalmente se agregan aditivos colorantes (por ejemplo, pigmentos), para obtener un producto de fibrocemento que se denomina coloreado en la masa.

20

Los productos de fibrocemento, tales como placas de fibrocemento o láminas de fibrocemento o paneles de fibrocemento usualmente se realizan usando el ampliamente conocido proceso Hatschek, el proceso continuo o el proceso Magnani, o combinaciones de estos.

- 25 De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, el producto de fibrocemento sin curar se puede obtener usando el proceso Hatschek.

Después de la producción, los productos de fibrocemento se pueden dejar curar durante un período en el ambiente en el cual se formaron, o alternatively se pueden someter a curado por calor (por ejemplo, mediante autoclave, o similar).

En realizaciones particulares, el producto de fibrocemento "verde", luego de ser  
5 realizado por el proceso Hatschek (o el proceso continuo o el proceso Magnani o combinaciones de estos), se cura, generalmente mediante curado por aire (productos de fibrocemento curados al aire) o bajo presión en presencia de vapor y aumento de temperatura (curado en autoclave). En el caso de los productos curados en autoclave, generalmente se agrega arena a la suspensión original de  
10 fibrocemento. El curado en autoclave en principio da por resultado la presencia de Tobermorita 11,3 Å (angstrom) en el producto de fibrocemento.

En otras realizaciones particulares, el producto de fibrocemento "verde", después de ser realizado mediante el proceso Hatschek (o el proceso continuo o el proceso Magnani o combinaciones de estos), se puede curar primeramente al  
15 aire, luego de lo cual el producto pre-curado es curado ulteriormente hasta que obtiene su resistencia final, o curado en autoclave usando presión y vapor, para dar al producto sus propiedades finales.

Después del curado, el producto de fibrocemento que es un panel, una lámina o  
20 placa, puede aún comprender un peso significativo de agua, presente como humedad. Esta puede ser hasta 10 e incluso 15 % en peso, expresado por peso de producto seco. El peso del producto seco se define como el peso del producto cuando el producto se somete a secado a 105 °C en un horno ventilado, hasta que se obtiene un peso constante.

25 En ciertas realizaciones, el producto de fibrocemento se seca. Dicho secado se realiza preferentemente mediante secado por aire y se termina cuando el porcentaje en peso de humedad del producto de fibrocemento es menor o igual

que 8 % en peso, incluso menor que o igual que 6 % en peso, expresado por peso de producto seco, y más preferentemente entre 4 % en peso y 6 % en peso, inclusive.

- 5 En un quinto aspecto, la presente invención proporciona productos de fibrocemento que se pueden obtener mediante tales procesos.

Los productos de fibrocemento a los que se refiere la presente incluyen productos para recubrimiento de paredes y techos realizados con fibrocemento, tales como tejas de fibrocemento, pizarras de fibrocemento, revestimientos de fibrocemento,  
10 placas de fibrocemento, láminas planas de fibrocemento, láminas corrugadas de fibrocemento y otros similares.

De acuerdo con realizaciones particulares, los productos de fibrocemento de acuerdo con la invención pueden ser elementos para techos o fachadas, láminas planas o láminas corrugadas.

- 15 En ciertas realizaciones particulares, las fibras de polipropileno de la presente invención son especialmente adecuadas para manufacturar láminas corrugadas de fibrocemento.

De acuerdo con otras realizaciones particulares, los productos de fibrocemento de la presente invención tienen la forma de una tubería, un elemento para tanque de  
20 almacenamiento o cualquier otro objeto de fibrocemento con cualquier otra forma.

De acuerdo con otras realizaciones particulares, los productos de fibrocemento de la presente invención son láminas de fibrocemento, en particular láminas corrugadas de fibrocemento.

- Una lámina, como se usa en la presente, también denominada un panel o una  
25 placa, se ha de entender como un elemento plano, usualmente rectangular, un panel de fibrocemento o una lámina de fibrocemento que se proporciona a partir de un material de fibrocemento. El panel o la lámina tienen dos caras o superficies

principales, que son las superficies con el área de mayor superficie. La lámina puede usarse para proporcionar una superficie exterior a paredes, tanto internas como externas, a un edificio o construcción, por ejemplo, como placa para fachada, recubrimiento, etc.

- 5 De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, el producto de fibrocemento puede ser un producto de fibrocemento curado por aire, tal como una lámina plana curada por aire o una lámina corrugada curada por aire.

Los productos de fibrocemento de la presente invención exhiben características  
10 estructurales mejoradas en comparación con los productos de fibrocemento anteriormente conocidos que utilizan materiales de refuerzo, distintos de las fibras de la presente invención.

Sin desear quedar ligados a ninguna teoría específica, se cree que las características de refuerzo mejoradas exhibidas por los productos de  
15 fibrocemento se deben principalmente a las características mecánicas mejoradas de las fibras individuales, es decir, densidad, tenacidad, elasticidad, módulo, etc., pero también al hecho de que estas características mecánicas llevan a un entrelazamiento óptimo entre las fibras y por lo tanto a una fuerza y una resistencia al impacto mejorada del material de fibrocemento en el cual se  
20 incorporan estas fibras. Además, las fibras de la presente invención también poseen un entrelazamiento óptimo dentro de los productos de fibrocemento curados, y así estos productos también pueden exhibir una tenacidad a la fractura mejorada en comparación con materiales de fibrocemento que incluyen materiales de fibras de refuerzo anteriormente conocidos.

25

Los productos de fibrocemento de la presente invención comprenden entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 5 % en peso, tal como en particular

entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 4 % en peso de fibras, tal como más particularmente entre aproximadamente 1 y 3 % en peso de fibras con respecto al peso total del producto de fibrocemento.

- De acuerdo con una realización particular, el producto de fibrocemento de
- 5 acuerdo con la invención se caracteriza porque comprende, además de las fibras de polipropileno de la invención, otras fibras de refuerzo, tales como fibras de celulosa u otras fibras de refuerzo inorgánicas u orgánicas en un % en peso de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 5. En realizaciones particulares, las fibras orgánicas se seleccionan del grupo que consiste en fibras de polivinilalcohol
- 10 poilacrilonitrilo, polietileno, fibras de celulosa (tales como pulpas de madera o kraft anual), fibras poliamídicas, fibras aramídicas o fibras de carbono. En otras realizaciones particulares, las fibras inorgánicas se seleccionan del grupo que consiste en fibras de vidrio, fibras de lana de roca, fibras de lana de escoria, fibras de wollastonita, fibras cerámicas y otras similares.
- 15 En otras realizaciones particulares, los productos de fibrocemento de la presente invención pueden comprender fibrados de fibrillas, tales como por ejemplo, entre otros, un % de fibrados de fibrillas polieolefínicas en un % en peso de aproximadamente 0,1 a 3, tal como "pulpa de madera sintética".
- 20 De acuerdo con ciertas realizaciones particulares, los productos de fibrocemento de la presente invención comprenden 20 a 95 % en peso de cemento como ligante hidráulico. El cemento en los productos de la invención se selecciona del grupo que consiste en cemento Portland, cemento con alto contenido de alúmina, cemento Portland de hierro, cemento trass, cemento de escoria, yeso, silicatos de
- 25 calcio formados por tratamiento en autoclave y combinaciones de ligantes particulares. En realizaciones más particulares, el cemento en los productos de la invención es cemento Portland.

- De acuerdo con realizaciones particulares, los productos de fibrocemento de acuerdo con la invención comprenden componentes adicionales. Estos componentes adicionales en los productos de fibrocemento de la presente invención se pueden seleccionar del grupo que consiste en cenizas voladoras,
- 5 sílice amorfa, cuarzo molido, la roca subterránea, arcillas, pigmentos, metacaolín, escoria de alto horno, carbonatos, puzzolanas, hidróxido de aluminio, wollastonita, mica, perlita, carbonato de calcio, etc. La cantidad total de tales componentes adicionales es preferentemente menor que 70 % en peso en comparación con el peso seco inicial total de la composición.
- 10 Otros aditivos que pueden estar presentes en los productos de fibrocemento de la presente invención pueden seleccionarse del grupo que consiste en dispersantes, plastificantes, agentes antiespumantes y floculantes. La cantidad total de aditivos es preferentemente entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 1 % en peso en comparación con el peso seco inicial total de la composición.
- 15 Otros componentes que pueden estar presentes en los productos de fibrocemento de la presente invención se pueden seleccionar del grupo que consiste en agua, arena, harina de arena de sílice, humo de sílice condensado, microsílice, caolín, metacaolín, wollastonita, mica, perlita, vermiculita, hidróxido de aluminio (ATH),
- 20 pigmentos, agentes anti-espuma, floculantes y/u otros aditivos (por ejemplo, aditivos colorantes), cada uno de los cuales está presente en cantidades adecuadas según la clase de producto de fibrocemento específico y cada uno de los cuales puede ser determinado por el experto en la técnica.
- 25 En otras realizaciones adicionales, los productos de fibrocemento de acuerdo con la presente invención son productos de hormigón con fibra, los cuales además

comprenden al menos uno de los elementos del grupo que consiste en grava, arena, polvo de piedra y piedras rotas.

Los productos de fibrocemento de la invención se caracterizan por una alta  
5 resistencia al impacto Charpy (medida de acuerdo con las normas ISO (Organización Internacional para la Normalización) 180 o ASTM (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales) D256) incluso después del envejecimiento durante la exposición a dióxido de carbono. Además, los productos de acuerdo con la presente invención tienen un alto módulo flexural.

10 Por consiguiente, los productos de fibrocemento de la presente invención exhiben una resistencia al impacto Charpy mejorada de entre aproximadamente 4 kJ/m<sup>2</sup> y aproximadamente 7 kJ/m<sup>2</sup>, tal como entre aproximadamente 5 kJ/m<sup>2</sup> y aproximadamente 6 kJ/m<sup>2</sup> (según se mide mediante el ampliamente conocido ensayo de impacto Charpy sobre muestras secadas con aire), en comparación  
15 con los materiales de fibrocemento anteriormente conocidos que incluyen fibras de refuerzo similares o incluso más largas con los mismos valores de carga de fibra o incluso superiores.

Asimismo, aún después del envejecimiento (que se puede simular experimentalmente a través de un tratamiento extensivo con CO<sub>2</sub>), los productos  
20 de fibrocemento de la presente invención exhiben una resistencia al impacto Charpy mejorada de entre aproximadamente 3 kJ/m<sup>2</sup> y aproximadamente 6 kJ/m<sup>2</sup>, tal como entre aproximadamente 4 kJ/m<sup>2</sup> y aproximadamente 5 kJ/m<sup>2</sup> (según se demuestra con el ampliamente conocido ensayo de impacto Charpy), en comparación con los materiales de fibrocemento anteriormente conocidos  
25 después de envejecimiento que incluyen fibras de refuerzo similares o incluso más largas con los mismos valores de carga de fibra o incluso superiores.

A continuación se ilustrará la invención con mayor detalle con referencia a los siguientes Ejemplos.

5 Se ha de entender que si bien se han expuesto realizaciones y/o materiales preferidos para proporcionar realizaciones de acuerdo con la presente invención, se pueden realizar diversas modificaciones o cambios sin apartarse del alcance ni del espíritu de esta invención.

## **EJEMPLOS**

10

Se apreciará que los siguientes ejemplos, brindados con fines ilustrativos, no se han de interpretar como limitaciones al alcance de esta invención. Si bien solo unas pocas realizaciones ejemplares de esta invención se han descrito en detalle anteriormente, los expertos en la técnica fácilmente apreciarán que  
15 numerosas modificaciones son posibles en las realizaciones ejemplares sin apartarse materialmente de las novedosas enseñanzas y ventajas de esta invención. Por consiguiente, se considera que todas esas modificaciones están incluidas dentro del alcance de esta invención tal como se define en las reivindicaciones a continuación y en todos sus equivalentes. Asimismo, se  
20 reconoce que se pueden concebir muchas realizaciones que no alcanzan todas las ventajas de algunas realizaciones, no obstante, no se interpretará que la ausencia de una ventaja en particular necesariamente significa que tal realización está fuera del alcance de la presente invención.

25

### **Ejemplo 1: Efecto del templado líquido a bajas temperaturas sobre las propiedades mecánicas de las fibras de polipropileno**

Se estudiaron fibras de polipropileno isotáctico con un peso molecular ( $M_w$ ) de aproximadamente 400.000 g/mol.

5

#### **1.1 Métodos y materiales**

##### **1.1.1 Producción de fibras de polipropileno de acuerdo con el proceso de la invención**

Se realizó el hilado fundido de polipropileno (como se conoce generalmente en la técnica) con temperaturas de extrusión entre aproximadamente 230 °C y aproximadamente 270 °C y temperaturas en la zona del troquel en promedio de aproximadamente 250 °C.

Se prepararon multifilamentos por extrusión del polipropileno a través de una hilera de extrusión con presión hidráulica aplicada desde bombas dosificadoras. Después del hilado, los filamentos extrudidos se templaron en un baño de agua a diferentes temperaturas entre aproximadamente 20 °C y 45 °C. Después del templado, los filamentos se recogieron con un cangilón de velocidad variable con una velocidad entre aproximadamente 4 y aproximadamente 10 m/min y se estiraron a una temperatura de aproximadamente 150 °C y se enrollaron sobre un tubo usando una enrolladora.

20

Se utilizó una placa de giro con orificios de 0,3 mm de diámetro y una D/L de 4.

##### **1.1.2 Caracterización de fibras de polipropileno producidas de acuerdo con el proceso de la invención**

Se midieron las propiedades mecánicas de las fibras (es decir, módulo, límite de elasticidad y elongación a la rotura) de 11 muestras usando una máquina de ensayo Favimat (aparato automático para medir la densidad lineal y la elasticidad

25

de fibras simples; compañía: Texttechno) a 20 °C con una celda de carga con capacidad de 200 cN (ver Tabla 2).

## 1.2 Resultados

La Tabla 1 muestra la relación entre las propiedades de la fibra (densidad lineal, tenacidad y módulo) y la temperatura del baño líquido usado durante el paso de templado del proceso de producción. Los resultados en la Tabla 2 representan valores promedio de diversos ensayos de muestras.

Con el proceso descrito anteriormente, se obtuvieron fibras de polipropileno con una densidad lineal entre aproximadamente 4 dtex (por filamento) y aproximadamente 30 dtex (por filamento).

Asimismo, se observó que la tenacidad de las fibras era superior en el caso del templado líquido con agua a 20 °C contrariamente al templado con aire a 20 °C.

Además, los inventores de la presente hallaron que, si bien los pasos de templado conocidos en la técnica se realizan generalmente a temperaturas muy superiores a 50 °C, sorprendentemente, la tenacidad de las fibras aumenta cuando se lleva a cabo el proceso de producción con bajas temperaturas de templado líquido entre 5 °C y 50 °C, más particularmente entre aproximadamente 20 °C y 30 °C, con la mayor particularidad alrededor de aproximadamente 20 °C (ver Tabla 1).

| Ref. | Tipo de paso de templado | Temperatura de templado (°C) | Densidad lineal (dpf) | Tenacidad (cN/dtex) | Elongación a la rotura (%) |
|------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| 1    | Templado con aire        | 20                           | 9                     | 6,6                 | 49                         |
| 2    | Templado con agua        | 21                           | 19-25                 | 8-8,7               | 39-42                      |
| 3    | Templado con agua        | 30                           | 30                    | 9                   | 12                         |
| 4    | Templado con agua        | 20                           | 16                    | 9                   | 25                         |
| 5    | Templado con agua        | 40                           | 16,4                  | 7,3                 | 17                         |
| 6    | Templado con agua        | 20                           | 14                    | 10                  | 13                         |

**Tabla 1. Propiedades mecánicas de fibras obtenidas de acuerdo con la invención con distintas condiciones de templado**

### 1.3 Conclusión

- En los experimentos de la presente, se mostró que el templado líquido con un rango de temperatura entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 40 °C contribuye de forma beneficiosa con el desempeño mecánico, y en particular con la tenacidad, de las fibras producidas de acuerdo con la presente invención.

### **Ejemplo 2: Efecto de la distancia entre la superficie del baño líquido usado para el templado y la superficie de la hilera de extrusión sobre las propiedades mecánicas de fibras de polipropileno**

- Se estudiaron fibras de polipropileno isotáctico con un peso molecular (Mw) de aproximadamente 400.000 g/mol.

#### 2.1 Métodos y materiales

- 2.1.1 Producción de fibras de polipropileno de acuerdo con el proceso de la invención*

- Se realizó el hilado fundido de polipropileno (como se conoce generalmente en la técnica) con temperaturas de extrusión entre aproximadamente 230 °C y aproximadamente 270 °C y temperaturas en la zona del troquel en promedio de aproximadamente 250 °C.
- Se prepararon multifilamentos por extrusión del polipropileno a través de una hilera de extrusión con presión hidráulica aplicada desde bombas dosificadoras. Después del hilado, los multifilamentos extrudidos se templaron en un baño de agua con una temperatura de aproximadamente 40-45 °C.
- En particular, se estudió el efecto de la distancia entre la superficie del baño líquido usado para el templado y la superficie de la hilera de extrusión sobre las propiedades mecánicas de fibras de polipropileno.

En una serie de experimentos, la distancia entre la superficie del baño de agua y la superficie de la hilera de extrusión fue aproximadamente 5-6 mm, mientras que en otra serie de experimentos la distancia entre la superficie del baño de agua y la superficie de la hilera de extrusión fue aproximadamente 100 mm.

- 5 Después del templado, los filamentos se recogieron con un cangilón con velocidad variable con una velocidad establecida y se estiraron con una temperatura de aproximadamente 150 °C y se enrollaron sobre un tubo con un enrollador.

Se utilizó una placa de giro con orificios de 0,3 mm de diámetro y una D/L de 4.

10

### 2.1.2 Caracterización de fibras de polipropileno producidas de acuerdo con el proceso de la invención

- 15 Para cada una de las condiciones experimentales, se midieron las propiedades mecánicas de las fibras (es decir, módulo, límite de elasticidad y elongación a la rotura) de 11 muestras usando una máquina de ensayo Favimat (aparato automático para medir la densidad lineal y la elasticidad de fibras simples; compañía: Texttechno) a 20 °C con una celda de carga con capacidad de 200 cN (ver Tabla 2).

## 20 2.2 Resultados

La Tabla 2 muestra la relación entre las propiedades de la fibra (densidad lineal, tenacidad y módulo) y la distancia entre la superficie del baño líquido usado para el templado y la superficie de la hilera de extrusión. Los resultados en la Tabla 2 representan valores promedio de diversos ensayos de muestras.

- 25 Con el proceso descrito anteriormente, se obtuvieron fibras de polipropileno con una alta densidad lineal entre aproximadamente 9 dtex (por filamento) y aproximadamente 30 dtex (por filamento).

Asimismo, se observó que tanto la tenacidad como la elongación de las fibras eran más elevadas si la distancia entre la superficie del baño líquido y la superficie de la hilera de extrusión era mayor (ver Tabla 2).

5

| Ref. | Distancia entre el baño líquido y la hilera de extrusión (mm) | Temperatura de templado (°C) | Densidad lineal (dpf) | Tenacidad (cN/dtex) | Elongación a la rotura (%) |
|------|---------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|
| 5    | 5-6                                                           | 40                           | 16,4                  | 7,3                 | 17                         |
| 7    | 100                                                           | 45                           | 13,9                  | 11,4                | 31                         |

**Tabla 2. Propiedades mecánicas de fibras obtenidas de acuerdo con la invención con diferentes distancias entre el baño líquido para templado y la superficie de la hilera de extrusión**

### 2.3 Conclusión

- 10 En los experimentos de la presente, se mostró que el templado líquido con un rango de temperatura entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 40 °C contribuye de forma beneficiosa con el desempeño mecánico, y en particular con la tenacidad, de las fibras producidas de acuerdo con la presente invención.

15 **Ejemplo 3: Resistencia al impacto de productos de fibrocemento manufacturados usando las fibras de polipropileno de la invención**

Se usaron las fibras de polipropileno isotáctico como se describió en el Ejemplo 1 anteriormente (refs. 1 a 6 en Tabla 1) para producir fibrocemento.

20 **3.1 Métodos y materiales**

**3.1.1. Producción de fibrocemento en una máquina mini-Hatschek.**

Se manufacturaron productos cementicios con la técnica Hatschek de acuerdo con un proceso piloto que reproducía las principales características de los

productos obtenidos mediante el proceso industrial. Se usaron las fibras de polipropileno como se describió en el Ejemplo 1 anteriormente (refs. 1 a 6 en Tabla 1) como material de refuerzo para el material crudo de la matriz.

- Las láminas de fibrocemento se endurecieron durante una noche a 50 °C, y luego  
5 cubiertas bajo una lámina de plástico durante 14 días a temperatura ambiente.

### 3.1.2. Medición de la resistencia al impacto Charpy

Se midió la resistencia al impacto Charpy de acuerdo con la norma ASTM D-256-81, usando un aparato Zwick DIN 5102.100/00 sobre muestras mini-Hatschek secadas con aire de 15mm\*120 mm y una separación de 100 mm.

- 10 Se midieron diez muestras mini-Hatschek en dos direcciones (la dirección de la máquina y en la dirección perpendicular a esta) dos semanas después de la producción.

- La resistencia al impacto de las mismas muestras se midió nuevamente después de envejecimiento en un horno de 600L a 60 °C y 90 % de humedad relativa, con  
15 inyección de 1,5 l CO<sub>2</sub>/min durante 24 horas. La concentración de CO<sub>2</sub> está comprendida entre 7 % al comienzo del acondicionamiento y 12 % al final del acondicionamiento

### 3.2 Resultados

- 20 La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos con respecto a la resistencia al impacto Charpy de productos de fibrocemento manufacturados usando las fibras de polipropileno detalladas en la Tabla 1 (Ejemplo 1). Los resultados en la Tabla 3 representan valores promedio de diversos ensayos de muestras. Se observó que la resistencia al impacto Charpy de los productos de fibrocemento obtenidos era  
25 superior en el caso del templado líquido con agua a 20 °C contrariamente al templado con aire a 20 °C.

Además, los inventores de la presente hallaron que, mientras los pasos de templado líquido conocidos en la técnica se realizan generalmente a temperaturas muy superiores a 50 °C, sorprendentemente, la resistencia al impacto Charpy de los productos de fibrocemento obtenidos pareció óptima cuando se realizó el

5 proceso de producción con temperaturas de templado líquido bajas entre 5 °C y 50 °C, más particularmente entre aproximadamente 20 °C y 30 °C, más particularmente alrededor de aproximadamente 20 °C (ver Tabla 3).

Asimismo, la Tabla 3 muestra que los productos de fibrocemento obtenidos tenían una resistencia al impacto mejorada tanto inmediatamente después de la

10 producción como cuando se envejecieron (después de la carbonatación).

| Ref. de las fibras de polipropileno usadas (ver Tabla 1) | Tipo de paso de templado | Temperatura de templado (°C) | Impacto Charpy del fibrocemento antes de CO <sub>2</sub> (es decir, antes de envejecimiento) (kJ/m <sup>2</sup> ) | Impacto Charpy del fibrocemento después de CO <sub>2</sub> (es decir, después del envejecimiento) (kJ/m <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                        | Templado con aire        | 20                           | 4,7                                                                                                               | 3,9                                                                                                                    |
| 2                                                        | Templado con agua        | 21                           | 6,3                                                                                                               | 5,2                                                                                                                    |
| 3                                                        | Templado con agua        | 30                           | 5,5                                                                                                               | 5,3                                                                                                                    |
| 4                                                        | Templado con agua        | 20                           | 5,9                                                                                                               | 5                                                                                                                      |
| 5                                                        | Templado con agua        | 40                           | 5,7                                                                                                               | No determinado                                                                                                         |
| 6                                                        | Templado con agua        | 20                           | 5,6                                                                                                               | No determinado                                                                                                         |

**Tabla 3. Resistencia al impacto Charpy de productos de fibrocemento obtenidos usando fibras de polipropileno obtenidas con diferentes condiciones de templado**

### 15 3.3 Conclusión

Como conclusión, resulta claro que los productos de fibrocemento manufacturados a partir de fibras de polipropileno de acuerdo con la presente

invención mostraron propiedades mejoradas con respecto a la resistencia al impacto.

#### **Ejemplo 4: Efecto del peso molecular sobre la tenacidad de fibras de**

##### **5 polipropileno usando un paso de templado líquido a temperatura ambiente**

Se estudiaron tres fibras de polipropileno isotáctico diferentes con diferentes pesos moleculares ( $M_w$ ) comprendidos entre 200.000 g/mol y 400.000 g/mol.

#### **4.1 Métodos y materiales**

##### **10 4.1.1 Producción de fibras de polipropileno de acuerdo con el proceso de la invención**

Se realizó el hilado fundido de polipropileno (como se conoce generalmente en la técnica) con una temperatura de extrusión y en la zona del troquel de aproximadamente 230 °C.

- 15 Se prepararon fibras por extrusión del polipropileno a través de una hilera de extrusión con presión hidráulica aplicada desde bombas dosificadoras. Después del hilado, los filamentos extrudidos se templaron en un baño de agua a temperatura ambiente (es decir, aproximadamente 20 °C). Después del templado, los monofilamentos se recogieron con un cangilón con velocidad variable y se
- 20 estiraron con una temperatura de aproximadamente 150 °C y se enrollaron sobre un tubo con un enrollador.

Se usaron dos tipos de placas de giro, es decir, una placa de giro con 8 orificios con un diámetro de 0,5 mm y una placa de giro con 36 orificios con un diámetro de 0,4 mm.

#### 4.1.2 Caracterización de fibras de polipropileno producidas de acuerdo con el proceso de la invención

Las caracterizaciones mecánicas de los filamentos se ensayaron con un equipo FAVIMAT (Textechno) a 20 °C, con una celda de carga de 200 cN de capacidad, usando una longitud de calibración de 50 mm. Las curvas de fuerza vs. elongación se realizaron con una velocidad de cruceta de 10 seguida de 50 mm/min para determinar la densidad lineal y luego otras propiedades elásticas (módulo, límite de elasticidad y porcentaje de elongación a la rotura) (ver Tabla 1).

#### 10 4.2 Resultados

Los efectos de la relación de estiramiento y el peso molecular sobre las propiedades de las fibras de polipropileno con temperaturas de templado líquido constantes de 20 °C se resumen en la Tabla 4.

En particular, la Tabla 4 muestra la relación entre, por una parte, la densidad lineal, tenacidad y módulo de las fibras, y por la otra, la relación de estiramiento para 2 tipos de fibra de polipropileno, una con alto índice de fluidez (MFI, por sus siglas en inglés) y otra con bajo MFI. Los resultados en la Tabla 4 representan valores promedio de diversos ensayos de muestras.

Se puede ver en la Tabla 4 que se obtuvieron fibras de polipropileno con una alta densidad lineal entre aproximadamente 25 (por filamento) y aproximadamente 37 dtex (por filamento) para ambos tipos de polipropileno que tienen alto y bajo índice de fluidez, respectivamente.

Además, la Tabla 1 muestra que cuando se compara la ref. 2 (alto MFI) con la ref. 8 (bajo MFI), para una densidad lineal dada similar, la tenacidad obtenida con el uso de alto peso molecular (y así bajo MFI) es más alta que la tenacidad obtenida en el caso de polipropileno con bajo peso molecular (es decir, alto MFI).

### 4.3 Conclusión

En síntesis, el desempeño de los filamentos de polipropileno producidos de acuerdo con los procesos de la presente invención se correlaciona con el peso molecular del polipropileno.

5

| Tipo de PP | Ref. | Temperatura de templado (°C) | Temperatura de estirado (°C) | Relación de estiramiento | Densidad lineal (dpf) | Tenacidad (cN/dtex) | Elongación a la rotura (%) | Módulo (N/tex) |
|------------|------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------|----------------|
| Alto MFI   | 1    | 20                           | 130                          | 9                        | 45                    | 5,1                 | 15,2                       | 7,12           |
|            | 2    | 20                           | 130                          | 9                        | 48                    | 6,7                 | 15,3                       | 8,09           |
|            | 3    | 20                           | 130                          | 10                       | 40                    | 6,9                 | 10,3                       | 10,89          |
|            | 4    | 20                           | 130                          | 11                       | 30                    | 9,2                 | 10,8                       | 14,51          |
|            | 5    | 20                           | 130                          | 9                        | 25                    | 9,8                 | 15,3                       | 11,76          |
|            | 6    | 20                           | 130                          | 10                       | 30                    | 7,5                 | 11,3                       | 11,43          |
|            | 7    | 20                           | 130                          | 11                       | 28                    | 7,2                 | 10,6                       | 11,09          |
| Bajo MFI   | 8    | 20                           | 130                          | 8                        | 47                    | 8,5                 | 15,2                       | 10,20          |
|            | 9    | 20                           | 130                          | 9                        | 50                    | 10,3                | 15,7                       | 12,03          |
|            | 10   | 20                           | 130                          | 10                       | 59                    | 7,7                 | 13,9                       | 9,60           |
|            | 11   | 20                           | 140                          | 9                        | 64                    | 7,8                 | 15,9                       | 8,96           |
|            | 12   | 20                           | 140                          | 11                       | 45                    | 8,9                 | 10,6                       | 12,88          |
|            | 13   | 20                           | 160                          | 9                        | 48                    | 10,3                | 16,9                       | 10,36          |
|            | 14   | 20                           | 160                          | 11                       | 45                    | 8,9                 | 11,4                       | 12,63          |
|            | 15   | 20                           | 160                          | 12                       | 48                    | 7,7                 | 10,5                       | 11,95          |
|            | 16   | 20                           | 160                          | 13                       | 44                    | 7,4                 | 8,0                        | 13,34          |
|            | 17   | 20                           | 180                          | 9                        | 62                    | 6,6                 | 19,5                       | 4,96           |
|            | 18   | 20                           | 180                          | 11                       | 52                    | 6,6                 | 10,5                       | 9,36           |
|            | 19   | 20                           | 180                          | 12                       | 36                    | 10,1                | 10,4                       | 16,40          |
|            | 20   | 20                           | 180                          | 13                       | 46                    | 2,3                 | 23,2                       | 3,11           |
|            | 21   | 20                           | 180                          | 13                       | 37                    | 7,9                 | 8,3                        | 13,89          |

**Tabla 4. Propiedades mecánicas de fibras obtenidas de acuerdo con la invención con distintas condiciones de hilado fundido**

### **Ejemplo 5: Resistencia al impacto de productos de fibrocemento manufacturados usando las fibras de polipropileno de la invención**

10

Se usaron fibras de polipropileno isotáctico producidas de acuerdo con los procesos de la invención para producir láminas corrugadas de fibrocemento.

## 5.1 Métodos y materiales

### 5.1.1. Producción de fibrocemento en una máquina mini-Hatschek.

- Se manufacturaron productos cementicios con la técnica Hatschek de acuerdo con un proceso piloto que reproducía las principales características de los productos obtenidos mediante el proceso industrial. Fibras de polipropileno producidas en cinco lotes independientes de acuerdo con el proceso de la invención se usaron como material de refuerzo en el material crudo de matriz. Además, se produjeron muestras de referencia reforzadas con fibras de polipropileno disponibles comercialmente (Daiwabo D120-PP).
- Las láminas de fibrocemento se endurecieron durante una noche a 50 °C, y luego cubiertas bajo una lámina de plástico durante 14 días a temperatura ambiente.

### 5.1.2. Medición de la resistencia al impacto Charpy

- Se midió la resistencia al impacto Charpy de acuerdo con la norma ASTM D-256-81, usando un aparato Zwick DIN 5102.100/00 sobre muestras mini-Hatschek secadas con aire de 15mm\*120 mm y una separación de 100 mm.
- La resistencia al impacto de las muestras mini-Hatschek se midió en dos direcciones (la dirección de la máquina y en la dirección perpendicular a esta) dos semanas después de la producción.

## 20 5.2 Resultados

- La Tabla 5 muestra los resultados que se obtuvieron con respecto a la resistencia al impacto Charpy de productos de fibrocemento manufacturados usando las fibras de polipropileno producidas de acuerdo con la invención y un producto de fibrocemento de referencia manufacturado usando las fibras de polipropileno disponibles comercialmente (Daiwabo D120-PP). Los resultados en la Tabla 5 representan valores promedio de diversos ensayos de muestras. Se observó que la resistencia al impacto Charpy de los productos de fibrocemento obtenidos fue

significativamente superior para los productos de fibrocemento que comprendían fibras de polipropileno producidas de acuerdo con los procesos de la invención en comparación con los productos de fibrocemento de referencia que comprendían fibras de polipropileno disponibles comercialmente (Daiwabo D120-PP).

- 5 Además, los inventores de la presente hallaron que, mientras los pasos de templado líquido conocidos en la técnica se realizan generalmente a temperaturas muy superiores a 50 °C, sorprendentemente, la resistencia al impacto Charpy de los productos de fibrocemento obtenidos pareció óptima cuando se realizó el proceso de producción con temperaturas de templado líquido más bajas entre
- 10 aproximadamente 35 °C y 40 °C (ver Tabla 5).

| <b>Fibras de polipropileno usadas</b> | <b>Tipo de paso de templado</b> | <b>Temperatura de templado (°C)</b> | <b>Distancia desde la superficie líquida hasta la hilera de extrusión (mm)</b> | <b>Impacto Charpy del fibrocemento antes de CO<sub>2</sub> (es decir, antes de envejecimiento) (kJ/m<sup>2</sup>)</b> |
|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7                                     | Templado con agua               | 35-40                               | 10-15                                                                          | 6,76                                                                                                                  |
| 8                                     | Templado con agua               | 35-40                               | 10-15                                                                          | 6,22                                                                                                                  |
| 9                                     | Templado con agua               | 35-40                               | 10-15                                                                          | 6,43                                                                                                                  |
| 10                                    | Templado con agua               | 35-40                               | 10-15                                                                          | 6,36                                                                                                                  |
| 11                                    | Templado con agua               | 35-40                               | 10-15                                                                          | 6,34                                                                                                                  |
| Referencia                            | Templado con agua               | 35-40                               | 10-15                                                                          | 5,83                                                                                                                  |

**Tabla 5. Resistencia al impacto Charpy de productos de fibrocemento obtenidos con el uso de fibras de polipropileno producidas de acuerdo con los procesos de la invención**

### 15 5.3 Conclusión

Como conclusión, resulta claro que los productos de fibrocemento manufacturados a partir de fibras de polipropileno de acuerdo con la presente invención mostraron propiedades mejoradas con respecto a la resistencia al

impacto en comparación con productos de fibrocemento manufacturados a partir de fibras de polipropileno disponibles comercialmente.