

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 886**

51 Int. Cl.:

**C04B 16/12** (2006.01)

**C04B 28/04** (2006.01)

**C04B 20/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2012 E 12173624 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 2540686**

54 Título: **Fibra para fibrocemento y producto resultante**

30 Prioridad:

**30.06.2011 US 201161503528 P**

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

**17.04.2017**

73 Titular/es:

**WEYERHAEUSER NR COMPANY (100.0%)  
220 Occidental Avenue S, 7th Floor N  
Seattle, Washington 98104, US**

72 Inventor/es:

**WEERAWARNA, S. ANANDA y  
SHAH, HARSHADKUMAR M.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 608 886 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Fibra para fibrocemento y producto resultante

- 5 La presente se refiere a fibras para su uso en productos de fibrocemento y a los productos de fibrocemento resultantes.

**Antecedentes**

- 10 as estructuras internas de las casas y otros edificios habitualmente están protegidos de los elementos ambientales por revestimientos exteriores, techos y materiales de acabado. Estos revestimientos, techados y materiales de acabado son, típicamente, planchas, paneles o tejas compuestos por madera, hormigón, ladrillo, aluminio, estuco, compuestos de madera o compuestos de fibrocemento. Algunos materiales compuestos de fibrocemento habituales son revestimiento de fibrocemento, techos y molduras que generalmente están compuestos por cemento y pulpa de
- 15 madera no blanqueada, y, opcionalmente, arena de sílice, fibras sintéticas y diversos aditivos. Los productos de fibrocemento ofrecen varias ventajas sobre otros tipos de materiales, tales como revestimiento de madera, techos y molduras, ya que los productos de fibrocemento son resistentes al agua, relativamente baratos de fabricar, resistente al fuego e invulnerables a la podredumbre o los daños producidos por los insectos.

- 20 La mayoría de los productos de revestimiento de cemento reforzados con fibra comerciales se fabrican usando el proceso Hatschek. El proceso Hatschek se desarrolló inicialmente para la producción de materiales compuestos de cemento de amianto, pero ahora también se utiliza para la fabricación de compuestos de cemento reforzados con fibra de celulosa y sintéticos sin amianto. Los productos de fibrocemento curados al aire sin amianto requieren fibras sintéticas como fibras de refuerzo y fibras de celulosa refinadas o equivalentes como fibras
- 25 de filtración. Las fibras sintéticas por sí solas no pueden realizar la función de filtración y, por lo tanto, requieren la adición de fibras de celulosa para este propósito.

- En el proceso de Hatschek, las balas de fibras de pasta de celulosa blanqueada o sin blanquear se vuelven a someter a pulpación en agua para proporcionar fibras sustancialmente singuladas. Las fibras que se han vuelto a
- 30 someter a pulpación se refinan y después se mezclan con cemento y aditivos, tales como calcita y, opcionalmente, fibras sintéticas, arena de sílice, arcilla y otros aditivos para formar una mezcla. El tipo de aditivo dependerá, en parte, del tipo de curado que se usará. Un proceso de curado al aire o de curado natural menudo utilizará calcita, carbonato de calcio, como aditivo, y fibras sintéticas como las fibras de alcohol de polivinilo (PVA) como fibras de refuerzo. Un proceso de curado en autoclave por lo general utilizará arena de sílice como aditivo.

- 35 Se deposita una capa fina de mezcla de fibrocemento sobre un sustrato de banda de fieltro y se deshidrata al vacío. Este proceso se repite hasta que se forman numerosas capas para obtener el espesor final y para proporcionar un producto en capas. Dependiendo del producto y la especificación deseados, después se puede prensar el producto. A continuación, el producto se cura para formar una matriz de cemento reforzado con fibra en forma de lámina. El
- 40 curado puede llevarse a cabo mediante secado al aire o curado natural en un ambiente húmedo, o mediante tratamiento en autoclave. Un proceso de curado natural puede tardar de 21 a 28 días. Se puede acelerarse mediante la adición de un ambiente de humedad alta a temperatura elevada no superior a 80 °C. El material puede ser utilizado para revestimientos, techos o molduras. La forma de revestimiento puede tener el aspecto de un revestimiento de madera biselado estándar. La forma del techo puede tener el aspecto de los materiales de techado
- 45 estándar, tales como tejas, baldosas, pizarra u hojas perfiladas completas.

- En el proceso de Hatschek original, las fibras de amianto eran las fibras de elección. En las fibras de amianto de curado natural actuaron tanto como fibra de refuerzo y como la fibra de filtración. Una fibra de filtración actúa como
- 50 un medio de filtro en la suspensión de la mezcla de cemento durante el proceso de drenaje en el alambre de formación o tamiz (también conocido como cilindro de tamiz) para ayudar a retener el cemento y las partículas de aditivos, mientras se está retirando el exceso de agua de la suspensión de cemento. Si no hay ningún medio de filtro, se perderá una gran cantidad de los sólidos de la suspensión con el agua durante el proceso de drenaje. El propósito del medio de filtro es retener la mezcla de cemento dentro del producto mientras retira el agua. La mezcla de cemento se formará alrededor y se fijará a las fibras durante el proceso de drenaje. Las fibras de filtración ayudan
- 55 al drenaje atrapando las partículas de cemento y otros ingredientes en la mezcla de cemento sin ralentizar en gran medida el proceso de formación en el alambre.

- Los fabricantes de placas de fibrocemento tienen como objetivo obtener una alta resistencia combinada con una buena flexibilidad en la placa de cemento. Estas propiedades se miden generalmente mediante una prueba de
- 60 flexión de 3 puntos (similar a la norma ASTM C-1185). La resistencia está indicada por el módulo de ruptura (MOR) de la placa. La flexibilidad se muestra por la desviación de la placa con carga máxima. La carga máxima es la cantidad de fuerza que se puede aplicar a la placa antes de romperse. La desviación con carga máxima es hasta qué punto la placa se desvía del plano horizontal de la placa antes de romperse en flexión de 3 puntos. Estas mediciones se ilustran en la figura. 1.

65

La función principal de las fibras de amianto era reforzar el material compuesto mientras ayuda en el proceso de filtración durante la fabricación de la placa. Por cuestiones de salud y seguridad se están eliminando las fibras de amianto del uso en la fabricación de fibrocemento. Las fibras sintéticas, tales como las fibras de alcohol polivinílico (PVA), han reemplazado a las fibras de amianto. No obstante, las fibras sintéticas no actúan como fibras de filtración. Las fibras sintéticas no disuaden ni evitan que el material cementoso pase a través del alambre con el agua. En consecuencia, la fibra de celulosa muy batida y altamente fibrilada, por lo general sin blanquear, se ha combinado con la fibra sintética para proporcionar capacidad de filtración.

Para la placa de fibrocemento curada de forma natural, se han usado fibras de refuerzo de PVA en combinación con fibras de celulosa altamente refinadas en lugar de fibras de amianto. Las fibras de PVA pueden usarse para mejorar la tenacidad (calculado dividiendo la energía para romper por el volumen de la placa en la prueba de flexión de 3 puntos) del producto de cemento. Las fibras de PVA proporcionan un módulo de rotura, carga máxima y desviación con carga máxima aceptables. Las fibras de celulosa altamente refinadas proporcionan filtración. Una cantidad típica de fibra es de 4 a 5 % en peso de fibras de pulpa de madera de celulosa refinadas y de 1,5 a 3 % en peso de fibras de PVA. El porcentaje en peso se basa en el peso seco de los ingredientes para el producto de cemento, incluyendo la fibra, e indica la cantidad de fibra en la mezcla de cemento.

La sustitución de las fibras de amianto por fibras de celulosa altamente batida como la fibra de filtración puede requerir el uso de agentes de floculación como uno de los aditivos. La afinidad natural de las fibras de celulosa para los minerales usados en la fabricación de fibrocemento es mucho menor que el amianto. Por lo tanto, se requieren agentes de floculación para la retención de mineral, deshidratación, formación y eficiencia de la máquina. Los fabricantes de fibrocemento consideran que las formulaciones de selección y optimización de agentes de floculación son una ventaja competitiva y cada uno de ellos las guardan como secreto comercial. Los agentes de floculación típicos son poliacrilamidas aniónicas o resina de fenol-formaldehído y poli(óxido de etileno).

Otros procesos de fabricación de fibrocemento utilizados habitualmente conocidos por los expertos en la técnica y que usan fibras de PVA son: el proceso de Magnani, extrusión, moldeo por inyección, laminación manual, moldeo y el proceso de tubería de Mazza.

Un inconveniente del uso de fibras de PVA es el alto coste de las fibras y la posible falta de disponibilidad de la fibra, así como su incapacidad para filtrar la suspensión en el proceso, lo que causa pérdida de grandes sólidos si no se usaron fibras de filtración, tales como fibras de celulosa altamente refinadas, en combinación con las fibras de PVA.

Otras fibras deben ser comparables con mezclas de fibras de pulpa de PVA/madera en términos de tenacidad, módulo de ruptura, carga máxima y desviación con carga máxima y filtración si se deben considerar para su uso en placas de fibrocemento.

El documento US2011/0073015 divulga un método para curar material cementoso que comprende añadir al material durante la mezcla una fibra de pulpa de madera blanqueada carboxilada.

El documento US 6.524.348 divulga un método de fabricación de fibras de celulosa carboxiladas cuya resistencia de la fibra y grado de polimerización de fibra no se sacrifica significativamente.

### Figuras

Las Figuras 1–3 son fotomicrografías de una muestra de carboximetilcelulosa fibrilada a aumentos de 100 veces, 1.000 veces y 10.000 veces, respectivamente.

Las Figuras 4-6 son fotomicrografías de otra muestra de carboximetilcelulosa fibrilada a aumentos de 100 veces, 1.000 veces y 10.000 veces, respectivamente.

La Figura 7 es una representación de una unidad de una molécula de celulosa.

La Figura 8 es una representación de una unidad de una molécula de carboximetilcelulosa.

La Figura 9 es una representación de una unidad de una molécula de carboximetilcelulosa.

La Figura 10 es un gráfico que muestra el módulo de rigidez para varias muestras.

La Figura 11 es un gráfico que muestra la tenacidad máxima específica de la masa de varias muestras.

La Figura 12 es un gráfico que muestra la tenacidad total específica de la masa de varias muestras.

### Descripción detallada

Se encontró que el polímero de cloruro de poli(dialildimetilamonio) (poli DADMAC) puede estar fuertemente unido sobre la superficie de fibras de celulosa cuando las fibras se tratan primero con una dispersión de carboxialquilcelulosa fibrilada de GS bajo (grado de sustitución = 0,05 - 0,45). El grado de sustitución es el número promedio de moles de grupos hidroxilo en el polímero de celulosa que se transforman para proporcionar el derivado de celulosa. El carboxialquilcelulosa puede ser carboximetilcelulosa (CMC) o carboximetilcelulosa. La carboximetilcelulosa con un GS de menos de aproximadamente 0,45 no es soluble en agua y puede fibrilarse mediante mezclado en agua con alta cizalladura. La carboxietilcelulosa con un GS de menos de aproximadamente 0,45 no es soluble en agua y puede fibrilarse mediante mezclado en agua con alta cizalladura.

La carboxialquilcelulosa fibrilada se hace mediante la aplicación de una fuerza de cizalladura alta sobre las fibras de carboxialquilcelulosa que tienen un GS de 0,01 a 0,45 en agua para separar las fibras de carboxialquilcelulosa en material fibrilado. La energía aplicada y el método de la fibrilación determina el nivel de fibrilación. La fibrilación de baja energía de las fibras de carboxialquilcelulosa de GS bajo forman primero láminas fragmentadas u otros agregados de nanofibrillas y microfibrillas. La fibrilación alta energía forma nanofibrillas y microfibrillas singuladas. Las nanofibrillas o microfibrillas singuladas o láminas fragmentadas u otros agregados de nanofibrillas o microfibrillas enredadas (en lo sucesivo en el presente documento también denominadas elementos) son adecuadas para el tratamiento de fibras de celulosa para modificar la superficie de la fibra de celulosa para la unión fuerte del polímero de cloruro de poli(dialildimetilamonio) (poli DADMAC). La carboxialquilcelulosa fibrilada tiene un GD de 0,01 a 0,45 puede tener uno o más de estos elementos. Los elementos también pueden estar unidos entre sí.

El tamaño nanofibrillas y micro se refiere a la anchura de la fibrilla. Por definición, las nanofibrillas tienen una anchura inferior a 100 nm. Las microfibrillas tienen una anchura que varía de 100 nm a 4000 nm. El material de carboxialquilo se separa en fibrillas que tienen una relación de aspecto alta entre la anchura y la longitud. Las fibrillas se pueden interconectar para formar un material de tipo red. Las carboximetilcelulosa fibrilada típica de bajo GS se muestra en las figuras 1. Se pueden usar las SEM utilizadas para la otra aplicación.

La carboxialquilcelulosa de GS bajo se fibrila usando mezcla en agua de alta cizalladura. El hidropulpeador, homogeneizador, microfuidificador u otro equipo de fibrilación de alto cizalladura son adecuados para fibrilar carboxialquilcelulosa de GS bajo. A continuación, la fibra de celulosa se pone en suspensión en agua y se mezcla con carboxialquilcelulosa de bajo GS a de 0,1 % a 10 % en peso de fibras de celulosa durante de 1 minuto a 2 horas a una temperatura de 20 a 80 °C. Después, se mezcla el polímero de cloruro de poli(dialildimetilamonio) (poli DADMAC) de 0,1 a 10 % en peso de fibras de celulosa con fibras de celulosa tratadas con carboxialquilcelulosa de GS bajo fibrilada durante de 1 minuto a 2 horas a una temperatura de 20 a 80 °C.

El polímero de cloruro de poli(dialildimetilamonio) (poli DADMAC) está unido estrechamente sobre las fibras de celulosa tratadas con carboxicelulosa de GS bajo fibrilada y la capacidad de extracción del polímero de amonio cuaternario mediante el medio alcalino de la matriz de cemento es muy baja. Las fibras de celulosa refinadas y no refinadas tratadas de esta manera cuando se utilizan con polímeros sintéticos, tales como fibras de polipropileno, mejoran la durabilidad de las fibras de celulosa en placas de fibrocemento curado de forma natural como indica la tenacidad duradera después de ciclos de envejecimiento acelerado. La presente invención se refiere a un producto de fibrocemento curado de forma natural que comprende cemento y una fibra de pulpa de madera de celulosa tratada, donde la fibra se ha tratado con carboximetilcelulosa fibrilada o una carboxietilcelulosa con un grado de sustitución de 0,01 a 0,45 y después se une a cloruro de poli(dialildimetilamonio) y donde la fibra es una mezcla de fibra refinada y sin refinar. No limitar a ningún mecanismo único, un posible mecanismo es la inhibición de la calcificación dentro de las fibras de celulosa por la capacidad de intercambio aniónico del polímero de amonio cuaternario fuertemente unido sobre la superficie de las fibras de celulosa.

Las muestras mostradas en la Tabla 1 se analizaron para determinar el módulo de rigidez, la tenacidad máxima específica de la masa y la tenacidad total específica de la masa,

Muestra	Fibras de refuerzo			Fibras de filtración		Cemento	CaCO <sub>3</sub>
	PVA	PP	CFTH	FF	FET		
	% en peso	% en peso	% en peso	% en peso	% en peso	% en peso	% en peso
S1	3,0 %			4,0 %		77,0 %	16,0 %
S1R	3,0 %			4,0 %		77,0 %	16,0 %
S2				4,0 %		80,0 %	16,0 %
S2T					4,0 %	80,0 %	16,0 %
S3		1,5 %		4,0 %		78,5 %	16,0 %
S3T		1,5 %			4,0 %	78,5 %	16,0 %
S4		1,5 %	4,0 %	2,0 %		76,5 %	16,0 %
S4T		1,5 %	4,0 %		2,0 %	76,5 %	16,0 %
S5		1,5 %	3,0 %	1,0 %		78,5 %	16,0 %
S5T		1,5 %	3,0 %		2,0 %	77,5 %	16,0 %
S6		1,5 %	4,0 %	1,0 %		77,5 %	16,0 %
S6T		1,5 %	4,0 %		1,0 %	77,5 %	16,0 %

(ejemplo de la invención)

(ejemplo de la invención)

(ejemplo de la invención)

	PVA	Fibra sintética sin refinar
	PP	Fibra sintética sin refinar
	CFTH	Fibra de celulosa tratada sin refinar, sin blanquear
	FF	Fibra de celulosa sin blanquear, refinada (150 CSF), no tratada
5	FFT	Fibra de celulosa sin blanquear, refinada (150 CSF), tratada
	Cemento	Cemento
	CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de calcio (usado como carga)

10 Las muestras hechas con fibras de filtración tratadas están marcadas con la letra T después del número. Una muestra con la formulación duplicada está marcada con la letra R después del número.

15 Tradicionalmente, las fibras refinadas (150 CSF) se utilizan para fines de filtración para drenar el agua de procesamiento con rapidez y retener otras fibras y cemento en la mezcla durante la fabricación de la placa de fibrocemento. No contribuyen significativamente en la resistencia y la tenacidad de la placa. Sin embargo, los inventores observaron una mejora significativa en la resistencia y la tenacidad de la placa cuando se trataron las fibras de filtración (muestras S4 y S6 no conforme a la invención).

20 Las fibras de celulosa sin refinar pueden reemplazar parcialmente a las costosas fibras sintéticas. Sin embargo, para conservar la resistencia y tenacidad de una placa durante un período de tiempo más largo, es mejor tratar estas fibras de celulosa con el tratamiento descrito anteriormente. Con la contribución añadida de las fibras refinadas tratadas, la muestra S4T presentó resultados comparables a los de las placas S1 hechas con costosas fibras de PVA (sintéticas) después de envejecer. Asimismo, debe observarse que las muestras S3 a S6 habían utilizado fibras de polipropileno menos costosas en la mitad de la cantidad de fibras de PVA utilizadas en el ejemplo S1.

25 Además, las muestras S4 a S6 utilizan la mitad de la cantidad de las fibras de filtración refinadas. Los inventores observaron que el rendimiento de filtración similar podría deberse a alguna contribución de la filtración proporcionada por fibras de celulosa sin refinar.

30 En los niveles de fibra usados habitualmente en la industria de las placas de fibrocemento curado de forma natural, el tratamiento de los inventores de fibras de celulosa sin refinar, sin blanquear se ha traducido en una fibra única que aumenta el rendimiento de las fibras de refuerzo sintéticas y proporciona alguna mejora a la capacidad de filtración. Del mismo modo, el tratamiento de las fibras de celulosa refinadas, sin blanquear se ha traducido en única fibra de filtración de calidad que aumenta el rendimiento de las fibras sin refinar, en su función de refuerzo.

35 Las fibras de pulpa de madera de celulosa blanqueadas tienen, típicamente, un contenido de carboxilo de 5 o menos milliequivalentes por 100 g de fibra de celulosa (meq/100 g). Las fibras de celulosa se tratan con las fibras de carboxialquilcelulosa fibrilada para proporcionar grupos de carboxialquilo aniónicos adicionales sobre la superficie de la fibra de pulpa de madera de celulosa. En una realización, la fibra de pulpa de madera de celulosa tiene un contenido total de carboxialquilo de 10 a 40 meq/100 g. En otra realización, la fibra de pulpa de madera de celulosa tiene un contenido total de carboxialquilo de 10 a 30 meq/100 g. En otra realización, la fibra de pulpa de madera de celulosa tiene un contenido total de carboxialquilo de 10 a 20 meq/100 g.

45 También es posible tener fibras de celulosa carboxialquiladas a un GS de aproximadamente 0,01 a 0,08 y usar dichas fibras sin fibrilación para unir fuertemente el polímero de cloruro de poli(dialildimetilamonio) (poli DADMAC) u otro polímero de amonio cuaternario polimérico adecuado a la superficie de la fibra. Este tipo de fibras de celulosa modificadas refinadas y no refinadas también puede proporcionar una tenacidad duradera a las placas de cemento de fibra curada de forma natural cuando se utiliza con fibras sintéticas, tales como fibras de polipropileno.

50 También es posible tener fibras de celulosa oxidadas catalíticamente para obtener un nivel de carboxilo bajo de menos de 30 meq/100 g de las fibras y usar las fibras sin fibrilación para unir fuertemente el polímero de cloruro de poli(dialildimetilamonio) (poli DADMAC) u otro polímero de amonio cuaternario polimérico adecuado a la superficie de la fibra. Este tipo de fibras de celulosa modificadas refinadas y no refinadas también puede proporcionar una tenacidad duradera a las placas de cemento de fibra curada de forma natural cuando se utiliza con fibras sintéticas, tales como fibras de polipropileno.

55 La celulosa es un hidrato de carbono que consiste en una cadena larga de unidades de glucosa, todas con enlaces  $\beta$  en las posiciones 1-4. Las moléculas de celulosa vegetal nativa pueden tener más de 2.200 de las unidades de glucosa anhidra que se muestran en la Figura 7. Al número de unidades normalmente se hace referencia como grado de polimerización o, simplemente, GP. Se produce alguna pérdida de GP durante la purificación de la celulosa, como en el uso de un proceso de pulpación química para pulpear la madera para obtener la celulosa y separarla de la lignina y alguna de la hemicelulosa en la madera. El GP de la pulpa final dependerá del proceso de pulpación utilizado y de la prueba para determinar el GP.

65 La estructura de una unidad de celulosa se muestra en la Figura 7 y las estructuras de una unidad de carboximetilcelulosa y carboxietilcelulosa se muestran en las figuras 8 y 9. Los números de 1-6 en estos diagramas son la ubicación de los átomos de carbono. La carboxialquilcelulosa también puede estar unida al oxígeno unido a

las posiciones 2 y/o 3, así como la posición 6 o en lugar de la posición 6. La carboxialquilcelulosa es conocida y los métodos de fabricarla son conocidos.

5 Cada unidad de glucosa anhidra de la cadena de molécula de celulosa no está carboxilada. El contenido carboxialquilo de las moléculas de celulosa derivatizadas presentes se determinará mediante el contenido de carboxialquilo de las fibras de carboxialquilcelulosa. El grado de sustitución es el número promedio de moles de grupos hidroxilo en el polímero de celulosa que reaccionan para formar el derivado de celulosa.

10 La fibra de pulpa de madera de celulosa carboxialquilada no tiene cadenas laterales unidas a la molécula de celulosa a través del grupo carboxilo.

15 Los elementos de carboxialquilcelulosa de bajo GS insolubles en agua se unen a la superficie de las fibras de celulosa que aumentan el nivel de carboxilo superficie en aproximadamente 3-25 meq/100 g. El nivel de carboxilo aumentado (carga aniónica) sobre la superficie de las fibras de celulosa aumenta el nivel de polímero de amonio cuaternario poli DADMAC fuertemente unido u otro polímero de amonio cuaternario polimérico adecuado retenido en las fibras de celulosa y proporciona una fibra de celulosa modificada que puede proporcionar una tenacidad duradera en las placas de fibrocemento curadas de forma natural. Las fibras tratadas son también menos hidrófilas que las fibras no tratadas. Durante la fabricación de la placa de fibrocemento, estas fibras aumentan la velocidad de filtración de la suspensión de fibras/cemento al tiempo que retienen más sólidos en las placas de cemento de las  
20 fibras formadas. Tanto las fibras de celulosa tratadas refinadas como no refinadas tienen estas características ventajosas. Estas fibras tratadas se pueden utilizar con fibras sintéticas, tales como fibras de polipropileno y fibras de alcohol de polivinilo en placas de fibrocemento, de modo que proporcionan ventajosamente una tenacidad durable en las placas de fibrocemento curado de forma natural.

25 Los polímeros de amonio cuaternario polimérico, tal como poli DADMAC (cloruro de dialildimetilamonio) pueden estar fuertemente unidos en la superficie de la fibra de celulosa tratada con elementos de carboxialquilcelulosa fibrilada de bajo GS. El poli DADMAC fuertemente unido en la superficie de las fibras de celulosa que utilizan elementos de carboxialquilcelulosa fibrilada de bajo GS puede comportarse como una superficie de intercambio de aniones que se puede convertir inicialmente en la forma de hidróxido mediante hidróxido de calcio (base alcalina presente en la suspensión de fibrocemento). Este proceso puede convertir el poli DADMAC unido en la superficie de las fibras de celulosa en poli (hidróxido de dialildimetilamonio) y cloruro de calcio durante el proceso de formación de la placa. Las sales solubles en agua, tales como cloruro de calcio, serán retiradas de las placas húmedas durante el proceso de deshidratación.

35 Una vez secas las placas de fibrocemento, son sometidas a envejecimiento acelerado en las cámaras de prueba o se someten a envejecimiento en ciclos húmedos/secos naturales. El hidróxido de calcio presente en la matriz en forma de partículas (baja solubilidad a 20 °C = 0,173 g/100 ml) disminuye gradualmente por su reacción con dióxido de carbono atmosférico disuelto que entra en la matriz de fibrocemento a través de las superficies expuestas de la placa en condiciones húmedas. Esta reacción forma los depósitos de carbonato de calcio en la matriz de cemento.  
40 El carbonato de calcio tiene una solubilidad en agua muy baja (solubilidad a 25 °C = 0,0015g/100 ml).

45 Cuando el poli (hidróxido de dialildimetilamonio) fuertemente unido a la superficie de las fibras de celulosa a través de elementos de carboxialquilcelulosa fibrilada de bajo GS fibriladas se expone a dióxido de carbono atmosférico disuelto, puede producirse otro intercambio de iones, que da como resultado la formación de poli (bicarbonato de dialildimetilamonio).

50 El hidróxido de calcio disuelto que migra a la superficie de la fibra de celulosa tratada, puede convertir la forma de carbonato o bicarbonato del polímero de amonio cuaternario en la forma de hidróxido y depositar carbonato de calcio en la interfaz de fibra/matriz. Hasta se agotan todas las partículas de hidróxido de calcio presentes en la matriz, estas partículas se disuelven gradualmente en el agua presente en la matriz (la velocidad depende del contenido de humedad y la temperatura que prevalece en la matriz debido a las variaciones estacionales) y reaccionará con el dióxido de carbono atmosférico disuelto que migra en la placa de cemento. La mayoría de los depósitos de carbonato de calcio se formarán en la matriz de cemento lejos de las fibras. Cuando se agota el hidróxido de calcio presente en la matriz de cemento después de muchos años de intemperie, no es posible más formación de  
55 carbonato de calcio.

60 Este mecanismo postulado puede prevenir la formación de depósitos de carbonato de calcio en el lumen o en los poros de la superficie de las fibras de celulosa tratadas secuencialmente con elementos de carboxialquilo de bajo GS y un polímero de amonio cuaternario. Este mecanismo de intercambio de aniones puede prevenir o disminuir la tendencia de las fibras de celulosa a volverse quebradizos en las placas de fibrocemento.

65 Las fibras de pulpa de madera de celulosa pueden estar refinadas o sin refinar. Una combinación de fibras de celulosa refinadas y fibras de celulosa sin refinar tratadas con elementos de carboxialquilcelulosa fibrilada de bajo GS y un polímero de amonio cuaternario cuando se utiliza con fibras sintéticas, tales como fibras de polipropileno, pueden mejorar sorprendentemente la tenacidad duradera en las placas de fibrocemento curado de forma natural.

Experimento 1

Tratamiento de superficie de fibras de celulosa sin blanquear:

5 Fibras de celulosa tratadas en agua

1. Con fibras de CMC fibrilada (GS 0,45) (4 % del peso de la fibra de celulosa) y después
2. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de PM) (2,4 % del peso de la fibra de celulosa).

10 Se añadieron 4,0 g (en base seca de horno) de CMC (GS = 0,45) a 1.500 mililitros (ml) de agua desionizada (DI) en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml. La mezcla dio lugar a la fibrilación de la CMC. El vaso de precipitados de acero inoxidable se introdujo en un baño de agua a temperatura constante y se continuó la mezcla usando un mezclador de aire aéreo. La mezcla se mezcló durante una hora a 80 °C.

15 Se añadieron 100 g de fibras de pulpa de madera de celulosa sin blanquear ML1 secadas al horno (SH) en 400 ml de agua DI al vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron durante 30 minutos. La temperatura se mantuvo a 80 °C durante la mezcla.

20 12,0 g de una solución madre al 20 % de poli DADMAC adquirida en Sigma-Aldrich (2,4 g de poli DADMAC) se diluyeron con 500 ml de agua DI y se añadieron al vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron con la fibra y CMC. Después de una hora la mezcla a 80 °C, las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío en bomba de agua. Se determinó que el poli DADMAC sobre las fibras era del 1,76 % mediante el método Kjeldahl de determinación de nitrógeno. El contenido de nitrógeno elemental de la fibra se determina mediante la digestión de una pequeña muestra de fibra en ácido sulfúrico concentrado. Este número puede convertirse en el % de poli DADMAC sobre las fibras utilizando el % de nitrógeno en la composición elemental de poli DADMAC.

25 Se añadieron 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de agua DI y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo Buchner/matraz al vacío en bomba de agua y se determinó que la cantidad de poli DADMAC sobre las fibras de celulosa era del 1,38 % del peso de las fibras de celulosa mediante el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

30 Se añadieron otros 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de una solución de NaOH (pH =12) y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo Buchner/matraz al vacío en bomba de agua y se determinó que la cantidad de poli DADMAC sobre las fibras de celulosa era del 1,61 % del peso de las fibras de celulosa mediante el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

Experimento 2

Tratamiento de superficie de fibras de celulosa sin blanquear:

40 Fibras de celulosa tratadas en agua

1. Con fibras de CMC fibrilada (GS 0,45) (4 % del peso de la fibra de celulosa) y después
2. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de p.m.) (1,2 % del peso de la fibra de celulosa).

45 Se añadieron 4,0 g (en base seca de horno) de CMC (GS = 0,45) a 1.500 ml de agua DI en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml. El vaso de precipitados de acero inoxidable se introdujo en un baño de agua a temperatura constante y se continuó la mezcla usando un mezclador de aire aéreo. La dispersión de CMC se calienta y se mantiene a 80 °C en el baño de agua y la mezcla continuó durante una hora.

50 Se añadieron 100 g de fibras de pulpa de madera de celulosa sin blanquear ML1 secadas al horno (SH) en 400 ml de agua DI al vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron durante 30 minutos. La temperatura se mantuvo a 80 °C.

55 6,0 g de la solución madre de poli DADMAC al 20 % adquirida de Sigma-Aldrich (1,2 g de poli DADMAC) se diluyeron con 500 ml de agua DI y se añadieron al vaso de precipitados. Después de mezclar durante una hora a 80 °C, las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío en bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 0,77 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

60 Se añadieron 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de agua DI y se mezclaron durante 30 minutos usando mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo Buchner/matraz al vacío en bomba de agua y se determinó que la cantidad de poli DADMAC sobre las fibras de celulosa era del 0,50 % del peso de las fibras de celulosa mediante el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

65

Se añadieron otros 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de una solución de NaOH (pH =12) y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo Buchner/matraz al vacío en bomba de agua y se determinó que la cantidad de poli DADMAC sobre las fibras de celulosa era del 0,50 % del peso de las fibras de celulosa mediante el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

5 Experimento 3

Tratamiento de superficie de fibras de celulosa sin blanquear:

10 Fibras de celulosa tratadas en agua

1. Con fibras de CMC fibrilada (GS 0,45) (2 % del peso de la fibra de celulosa) y después
2. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de PM) (1,2 % del peso de la fibra de celulosa).

15 Se añadieron 2,0 g (en base seca de horno) de CMC (GS = 0,45) a 1.500 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml. El vaso de precipitados de acero inoxidable se introdujo en un baño de agua a temperatura constante y se mezcló usando un mezclador de aire aéreo. La dispersión de CMC se calentó y se mantuvo a 80 °C en el baño de agua. La mezcla se realizó durante una hora.

20 Después, se añadieron 100 g de fibras de pulpa de madera de celulosa OD ML1 secadas al horno (SH) en 400 ml de agua DI al vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron durante 30 minutos. La temperatura se mantuvo a 80 °C.

25 A continuación, 6,0 g de la solución madre de poli DADMAC al 20 % adquirida de Sigma-Aldrich (1,2 g de poli DADMAC) diluidos con 500 ml de agua DI y se añadieron al vaso de precipitados y se mezclaron durante una hora. La temperatura se mantuvo a 80 °C. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío en bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 0,68 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

30 Se añadieron 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de agua DI y se mezclaron durante 30 minutos usando una mezcla aérea. Se filtraron las fibras. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 0,58 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

35 Se añadieron otros 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de una solución de NaOH (pH =12) y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 0,54 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

40 Experimento 4

Tratamiento de superficie de fibras de celulosa sin blanquear:

Fibras de celulosa tratadas en agua

- 45
1. Con fibras de CMC fibrilada (GS 0,45) (2 % del peso de la fibra de celulosa) y después
  2. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de PM) (3,0 % del peso de la fibra de celulosa).

50 Se añadieron 2,0 g (en base seca de horno) de CMC (GS = 0,45) a 1.500 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml y se mezclaron usando un mezclador de aire aéreo. El vaso de precipitados de acero inoxidable se introdujo en un baño de agua a temperatura constante y se continuó la mezcla. La dispersión de CMC se calentó y se mantuvo a una temperatura de 80 °C en el baño de agua. La mezcla se realizó durante una hora.

55 Se añadieron 100 g de fibras de pulpa de madera de celulosa sin blanquear ML1 secadas al horno (SH) en 400 ml de agua DI al vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron durante 30 minutos. La temperatura se mantuvo a 80 °C durante la mezcla.

60 A continuación, 15,0 g de la solución madre de poli DADMAC al 20 % (3,0 g de poli DADMAC) adquirida de Sigma-Aldrich en 500 ml de agua DI se añadieron al vaso de precipitados y se mezclaron durante una hora. La temperatura se mantuvo a 80 °C. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío en bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,15 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

65 Se añadieron 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de agua DI y se mezclaron durante 30 minutos usando mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de

agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 0,86 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

5 Se añadieron otros 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de una solución de NaOH (pH =12) y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,08 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

#### Experimento 5

10 Tratamiento de superficie de fibras de celulosa sin blanquear:

Fibras de celulosa tratadas en agua

15 1. Con fibras de CMC fibrilada (GS 0,45) (2 % del peso de la fibra de celulosa) y después  
2. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de PM) (2,4 % del peso de la fibra de celulosa).

20 Se añadieron 2,0 g (en base seca de horno) de CMC a 1.500 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml. El vaso de precipitados de acero inoxidable se introdujo en un baño de agua a temperatura constante y la CMC se mezcló usando un mezclador de aire aéreo. La dispersión de CMC se calentó y se mantuvo a 80 °C en el baño de agua. La mezcla se realizó durante una hora.

25 Después, se añadieron 100 g de fibras de pulpa de madera de celulosa sin blanquear OD ML1 secadas al horno (SH) en 400 ml de agua DI al vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron durante 30 minutos. La temperatura durante la mezcla se mantuvo a 80 °C.

30 A continuación, 12,0 g de la solución madre de poli DADMAC al 20 % adquirida de Sigma-Aldrich (2,4 g de poli DADMAC) diluidos con 500 ml de agua DI y se añadieron al vaso de precipitados y se mezclaron durante una hora. La temperatura durante la mezcla se mantuvo a 80 °C. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío en bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,15 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

35 Se añadieron 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de agua DI y se mezclaron durante 30 minutos usando mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 0,87 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

40 Se añadieron otros 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de una solución de NaOH (pH =12) y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,04 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

#### Experimento 6

45 Tratamiento de superficie de fibras de celulosa sin blanquear:

Fibras de celulosa tratadas en agua

50 1. Con fibras de CMC fibrilada (GS 0,45) (1 % del peso de la fibra de celulosa) y después  
2. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de PM) (3,0 % del peso de la fibra de celulosa).

55 Se añadieron 1,0 g (en base seca de horno) de CMC (GS = 0,45) a 1.500 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml. El vaso de precipitados de acero inoxidable se introdujo en un baño de agua a temperatura constante y la dispersión de CMC se mezcló usando un mezclador de aire aéreo. La dispersión de CMC se calentó y se mantuvo a una temperatura de 80 °C en el baño de agua. La mezcla se realizó durante una hora.

60 Después, se añadieron 100 g de fibras de pulpa de madera de celulosa sin blanquear OD ML1 secadas al horno (SH) en 400 ml de agua DI al vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron durante 30 minutos. La temperatura se mantuvo a 80 °C.

65 A continuación, 15,0 g de la solución madre de poli DADMAC al 20 % adquirida de Sigma-Aldrich (3,0 g de poli DADMAC) diluidos con 500 ml de agua DI y se añadieron al vaso de precipitados y se mezclaron durante una hora. La temperatura se mantuvo a 80 °C durante la mezcla. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,10 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

Se añadieron 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de agua DI y se mezclaron durante 30 minutos usando mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 0,76 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

5 Se añadieron otros 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de una solución de NaOH (pH =12) y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 0,95 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

10 Experimento 7

Tratamiento de superficie de fibras de celulosa sin blanquear:

15 Fibras de celulosa tratadas en agua

1. Con fibras de CMC fibrilada (GS 0,45) (1 % del peso de la fibra de celulosa) y después
2. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de PM) (2,4 % del peso de la fibra de celulosa).

20 Se añadieron 1,0 g (en base seca de horno) de CMC (GS = 0,45) a 1.500 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml. El vaso de precipitados de acero inoxidable se introdujo en un baño de agua a temperatura constante y la dispersión de CMC y agua se mezcló usando un mezclador de aire aéreo. La dispersión de CMC se calentó y se mantuvo a una temperatura de 80 °C en el baño de agua. La mezcla se realizó durante una hora.

25 Después, se añadieron 100 g de fibras de pulpa de madera de celulosa sin blanquear OD ML1 secadas al horno (SH) en 400 ml de agua DI al vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron durante 30 minutos. La temperatura se mantuvo a 80 °C.

30 A continuación, 12,0 g de la solución madre de poli DADMAC al 20 % adquirida de Sigma-Aldrich (2,4 g de poli DADMAC) diluidos con 500 ml de agua DI y se añadieron al vaso de precipitados y se mezclaron con los otros ingredientes. La mezcla se realizó durante una hora. La mezcla se realizó a 80 °C. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío en bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 0,98 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

35 Se añadieron 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de agua DI y se mezclaron durante 30 minutos usando mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 0,76 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

40 Se añadieron otros 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de una solución de NaOH (pH =12) y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 0,88 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

Experimento 8

Tratamiento de superficie de fibras de celulosa refinada sin blanquear (CSF= 150):

50 Fibras de celulosa tratadas en agua

1. Con fibras de CMC fibrilada (GS 0,45) (4 % del peso de la fibra de celulosa) y después
2. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de PM) (2,4 % del peso de la fibra de celulosa).

55 Se añadieron 4,0 g (en base seca de horno) de CMC (GS = 0,45) a 1.500 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml. El vaso de precipitados de acero inoxidable se introdujo en un baño de agua a temperatura constante y la dispersión de CMC y agua se mezcló usando un mezclador de aire aéreo. La dispersión de CMC se calentó y se mantuvo a una temperatura de 80 °C en el baño de agua. La mezcla se realizó durante una hora.

60 Después, se añadieron 100 g de fibras de pulpa de madera de celulosa refinadas sin blanquear OD ML1 (150 CSF) secadas al horno (SH) en 400 ml de agua DI al vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron con la dispersión de CMC durante 30 minutos. La temperatura se mantuvo a 80 °C durante la mezcla.

65

A continuación, 12,0 g de la solución madre de poli DADMAC al 20 % adquirida de Sigma-Aldrich (2,4 g de poli DADMAC) diluidos con 500 ml de agua DI y se añadieron a la dispersión y la mezcla continuó durante una hora. La temperatura se mantuvo a 80 °C. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío en bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,78 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

Se añadieron 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de agua DI y se mezclaron durante 30 minutos usando mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,58 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

Se añadieron otros 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de una solución de NaOH (pH =12) y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,78 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

#### Experimento 9

Tratamiento de superficie de fibras de celulosa parcialmente blanqueadas:

Fibras de celulosa tratadas en agua

1. Con fibras de CMC fibrilada (GS 0,45) (4 % del peso de la fibra de celulosa) y después
2. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de PM) (2,4 % del peso de la fibra de celulosa).

Se añadieron 4,0 g (en base seca de horno) de CMC (GS = 0,45) a 1.500 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml. El vaso de precipitados de acero inoxidable se introdujo en un baño de agua a temperatura constante y la dispersión de CMC y agua se mezcló usando un mezclador de aire aéreo. La dispersión de CMC se calentó y se mantuvo a una temperatura de 80 °C en el baño de agua. La mezcla se realizó durante una hora.

Después, se añadieron 100 g de fibras de pulpa de madera de celulosa parcialmente blanqueadas OD ML1 secadas al horno (SH) en 400 ml de agua DI a la dispersión en el vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron durante 30 minutos. La temperatura se mantuvo a 80 °C durante la mezcla.

A continuación, 12,0 g de la solución madre de poli DADMAC al 20 % adquirida de Sigma-Aldrich (2,4 g de poli DADMAC) diluidos con 500 ml de agua DI y se añadieron a la dispersión en el vaso de precipitados y se mezclaron durante una hora. La temperatura fue de 80 °C. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío en bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,96 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

Se añadieron 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de agua DI y se mezclaron durante 30 minutos usando mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,61 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

Se añadieron otros 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de una solución de NaOH (pH =12) y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,96 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

#### Experimento 10

Tratamiento de superficie de fibras de celulosa parcialmente blanqueadas:

Fibras de celulosa tratadas en agua

1. Con fibras de CMC fibrilada (GS 0,27) (4 % del peso de la fibra de celulosa) y después
2. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de PM) (2,4 % del peso de la fibra de celulosa).

Se añadieron 4,0 g (en base seca de horno) de CMC (GS = 0,27) a 1.500 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml. El vaso de precipitados de acero inoxidable se introdujo en un baño de agua a temperatura constante y la dispersión de CMC y agua se mezcló usando un mezclador de aire aéreo. La dispersión de CMC y agua se calentó y se mantuvo a una temperatura de 80 °C en el baño de agua. La mezcla se realizó durante una hora.

Después, se añadieron 100 g de fibras de pulpa de madera de celulosa parcialmente blanqueadas OD ML1 secadas al horno (SH) en 400 ml de agua DI a la dispersión de CMC en el vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron durante 30 minutos. La temperatura se mantuvo a 80 °C durante la mezcla.

5 A continuación, 12,0 g de la solución madre de poli DADMAC al 20 % adquirida de Sigma-Aldrich (2,4 g de poli DADMAC) diluidos con 500 ml de agua DI y se añadieron a la mezcla en el vaso de precipitados y se mezclaron durante una hora. La temperatura se mantuvo a 80 °C durante la mezcla. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,73 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

15 Se añadieron 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de agua DI y se mezclaron durante 30 minutos usando mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,38 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

20 Se añadieron otros 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de una solución de NaOH (pH =12) y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,61 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

#### Experimento 11

##### Tratamiento de superficie de fibras de celulosa parcialmente blanqueadas:

25 Fibras de celulosa tratadas en agua

1. Con fibras de CMC fibrilada (GS 0,38) (4 % del peso de la fibra de celulosa) y después
2. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de PM) (2,4 % del peso de la fibra de celulosa). Se añadieron 4,0 g (en base seca de horno) de CMC (GS = 0,38) a 1.500 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml. El vaso de precipitados de acero inoxidable se introdujo en un baño de agua a temperatura constante y la dispersión de CMC y agua se mezcló usando un mezclador de aire aéreo. La dispersión de CMC se calentó y se mantuvo a una temperatura de 80 °C en el baño de agua. La mezcla se realizó durante una hora.

35 Después, se añadieron 100 g de fibras de pulpa de madera de celulosa parcialmente blanqueadas OD secadas al horno (SH) en 400 ml de agua DI al vaso de precipitados de acero inoxidable y se mezclaron durante 30 minutos. La temperatura se mantuvo a 80 °C durante la mezcla.

40 A continuación, 12,0 g de la solución madre de poli DADMAC al 20 % adquirida de Sigma-Aldrich (2,4 g de poli DADMAC) diluidos con 500 ml de agua DI y se añadieron a la mezcla en el vaso de precipitados y se mezclaron durante una hora. La temperatura se mantuvo a 80 °C. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,84 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

45 Se añadieron 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de agua DI y se mezclaron durante 30 minutos usando mezcla aérea. Se filtraron las fibras. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,61 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

50 Se añadieron otros 5,0 g de las fibras de pulpa húmeda tratadas a 5.000 ml de una solución de NaOH (pH =12) y se mezclaron durante 30 minutos con mezcla aérea. Se filtraron las fibras. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,73 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

#### 55 Experimento 12

Tratamiento de superficie de fibras de celulosa carboxilada parcialmente deslignificada catalíticamente:

60 Fibras de celulosa carboxilada catalíticamente tratadas en agua

1. Con poli DADMAC (100,000–200,000 de PM) (2,4 % del peso de la fibra de celulosa).

65 Fibras de pulpa de celulosa parcialmente deslignificadas catalíticamente carboxiladas dispersas 50,0 g de OD con un nivel de carboxilo de 17,87 meq/100 g) en 750 ml de agua desionizada en un vaso de precipitados de acero inoxidable de 3.000 ml. Colocar el vaso de precipitados de acero inoxidable en un baño de agua y continuar

mezclando con un mezclador de aire aéreo. La suspensión de pulpa se mantuvo a una temperatura de 55 °C en el baño de agua.

- 5 Después, 6,0 g de la solución madre al 20 % de de poli DADMAC adquirida en Sigma-Aldrich diluida con 250 ml de agua DI se añadió a las fibras catalíticamente carboxiladas. Después de una hora la mezcla a 55 °C, las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío en bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,97 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.
- 10 A continuación, se dispersaron 5,0 g de la pulpa húmeda OD en 5.000 ml (pH = 12) de solución de NaOH durante 30 minutos con mezcla aérea. Las fibras se filtraron usando un embudo de Buchner/matraz al vacío de bomba de agua. Se determinó que la cantidad de poli DADMAC en las fibras de celulosa que era del 1,76 % del peso de las fibras de celulosa por el método de Kjeldahl de determinación de nitrógeno.

15

Tabla 2.

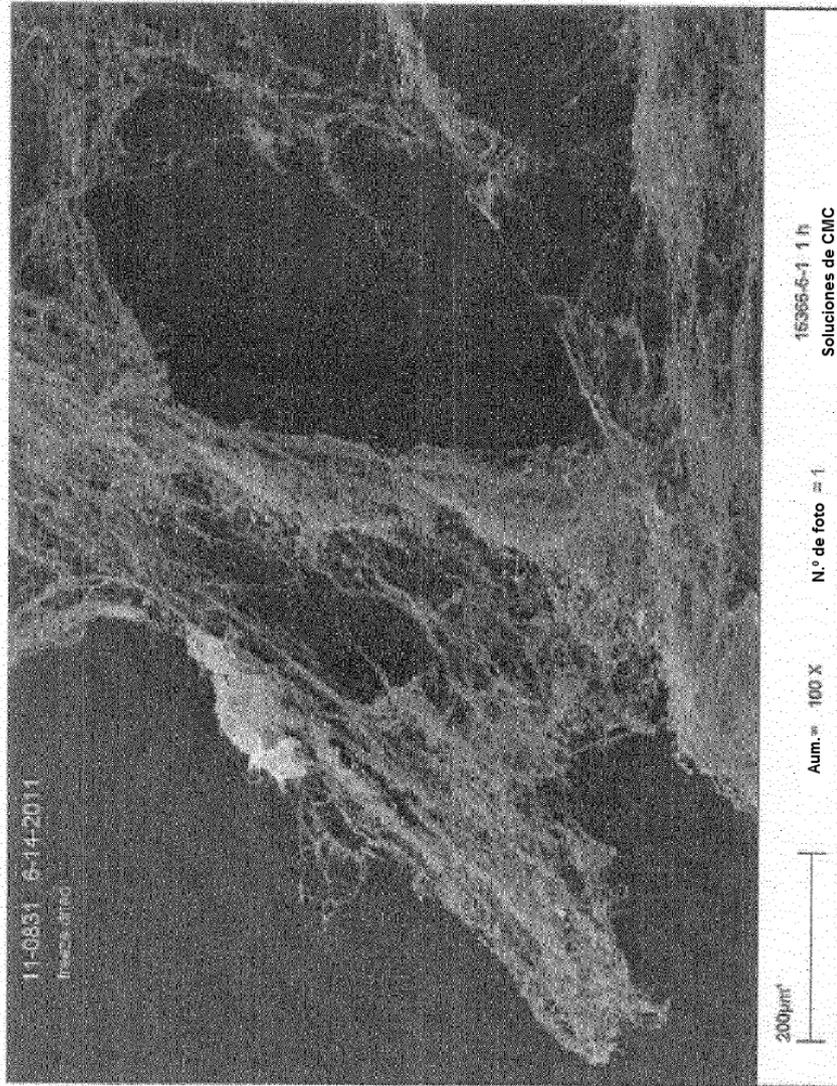
	Muestra	% de CMC de bajo GS (GS = 0,45) aplicado a las fibras	Poli DADMAC (Aldrich) (PM = 100,000 – 200,000) % aplicado a las fibras	Poli DADMAC (Aldrich) (PM = 100,000 – 200,000) % retenido en las fibras
1	15316–30	4 %	2,4 %	1,76 %
	15316–30A (lavado alcalino)	4 %	2,4 %	1,61 %
	15316–30B (pH = 6 lavado con agua DI)	4 %	2,4 %	1,38 %
2	15316–31	4 %	1,2 %	0,77 %
	15316-31A (pH = 6 lavado con agua DI)	4 %	1,2 %	0,50 %
	15316-31B (lavado alcalino)	4 %	1,2 %	0,50 %
3	15316–36	2 %	1,2 %	0,68 %
	15316-36A (pH = 6 lavado con agua DI)	2 %	1,2 %	0,58 %
	15316-36B (lavado alcalino)	2 %	1,2 %	0,54 %
4	15316–37	2 %	3 %	1,15 %
	15316-37A (pH = 6 lavado con agua DI)	2 %	3 %	0,86 %
	15316-37B (lavado alcalino)	2 %	3 %	1,08 %
5	15316–33	2 %	2,4 %	1,15 %
	15316-33A (pH = 6 lavado con agua DI)	2 %	2,4 %	0,87 %
	15316-33B (lavado alcalino)	2 %	2,4 %	1,04 %
6	15316–41	1 %	3 %	1,10 %
	15316-41A (pH = 6 lavado con agua DI)	1 %	3 %	0,76 %
	15316-41B (lavado alcalino)	1 %	3 %	0,95 %
7	15316–42	1 %	2,4 %	0,98 %
	15316-42A (pH = 6 lavado con agua DI)	1 %	2,4 %	0,76 %

ES 2 608 886 T3

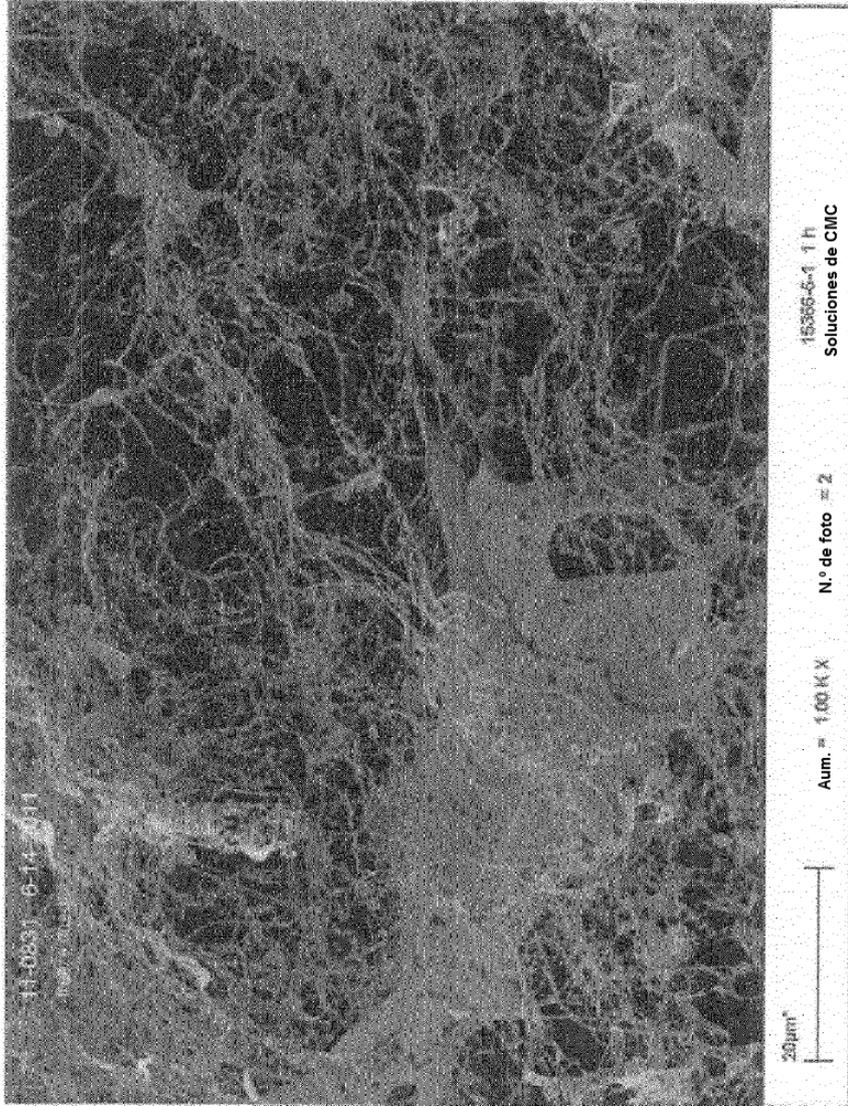
	Muestra	% de CMC de bajo GS (GS = 0,45) aplicado a las fibras	Poli DADMAC (Aldrich) (PM = 100,000 – 200,000) % aplicado a las fibras	Poli DADMAC (Aldrich) (PM = 100,000 – 200,000) % retenido en las fibras
	15316-42B (lavado alcalino)	1 %	2,4 %	0,88 %
8		4 %	2,4 %	1,78 %
	(pH = 6 lavado con agua DI)	4 %	2,4 %	1,58 %
	(lavado alcalino)	4 %	2,4 %	1,78 %
9		4 %	2,4 %	1,96 %
	(pH = 6 lavado con agua DI)	4 %	2,4 %	1,61 %
	(lavado alcalino)	4 %	2,4 %	1,96 %
10		4 %	2,4 %	1,73 %
	(pH = 6 lavado con agua DI)	4 %	2,4 %	1,38 %
	(lavado alcalino)	4 %	2,4 %	1,61 %
11		4 %	2,4 %	1,84 %
	(pH = 6 lavado con agua DI)	4 %	2,4 %	1,61 %
	(lavado alcalino)	4 %	2,4 %	1,73 %

**REIVINDICACIONES**

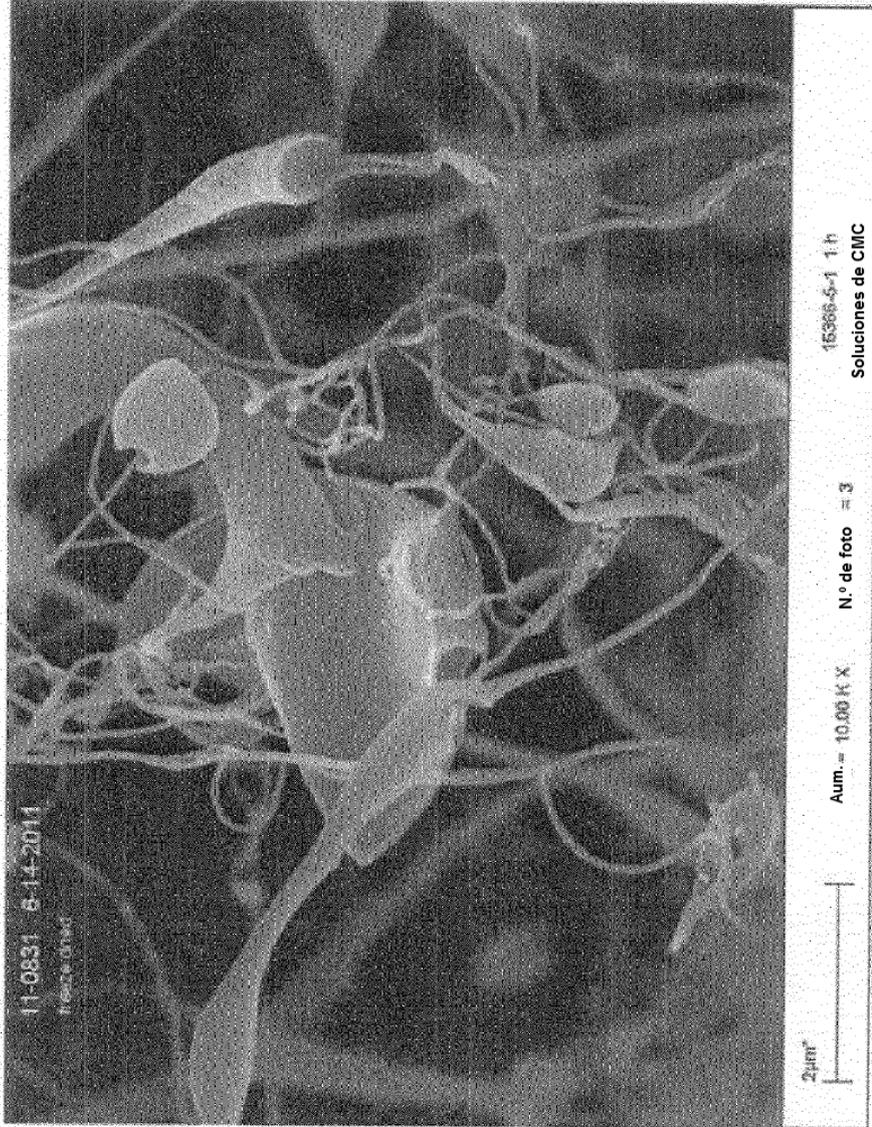
1. Un producto de fibrocemento curado de forma natural, que comprende cemento y una fibra de pulpa de madera de celulosa tratada, donde la fibra se ha tratado con carboximetilcelulosa fibrilada o una carboxietilcelulosa con un grado de sustitución de 0,01 a 0,45 y, después, se ha unido a cloruro de poli(dialildimetilamonio), y  
5 donde la fibra es una mezcla de fibra refinada y no refinada.
2. El producto de fibrocemento de la reivindicación 1, donde la fibra es una fibra sin blanquear.
- 10 3. El producto de fibrocemento de la reivindicación 1, donde la fibra es una fibra parcialmente blanqueada.



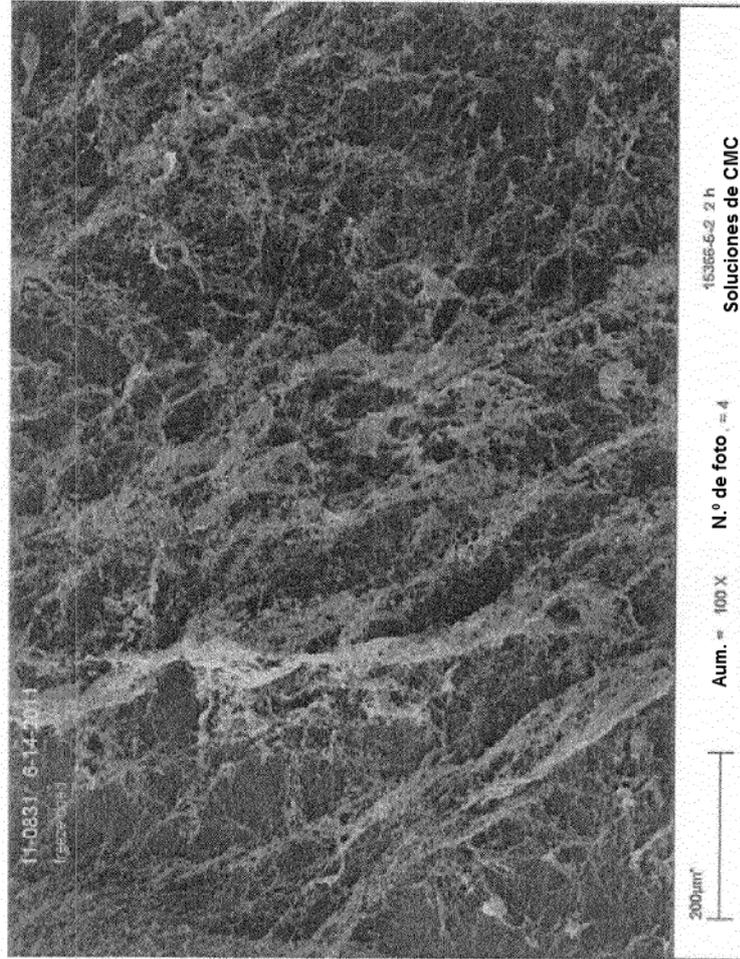
**FIG.1**



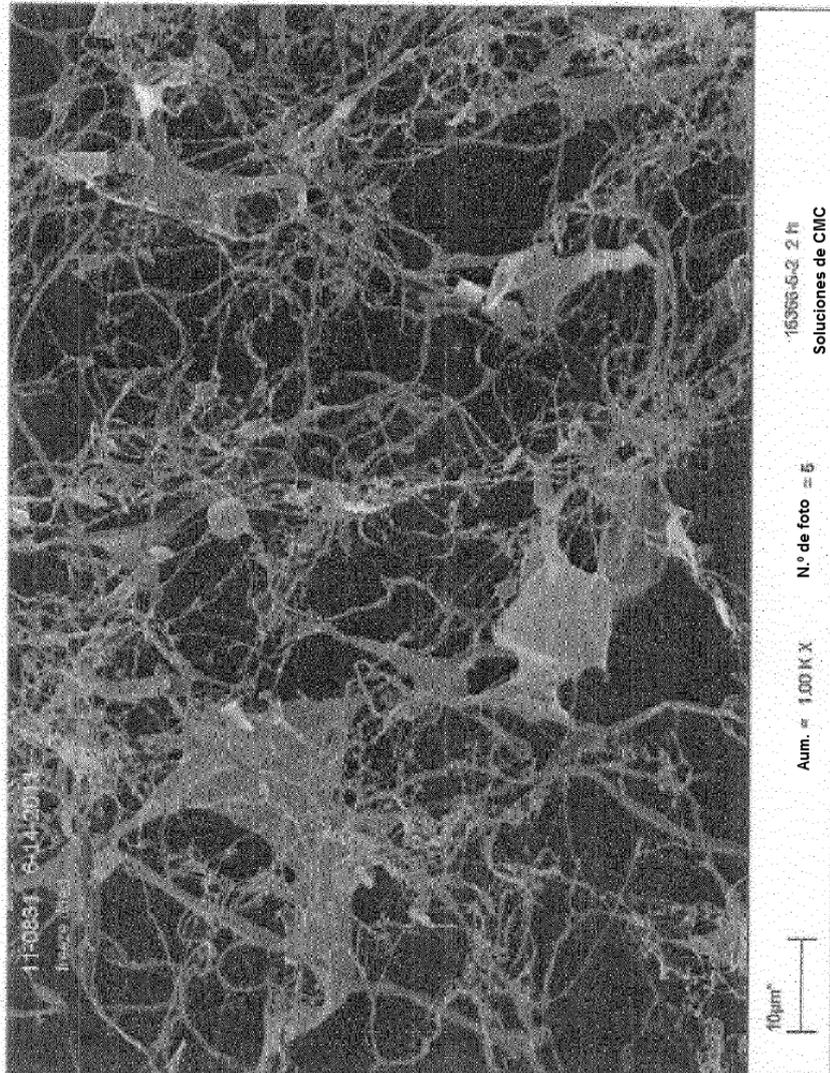
**FIG.2**



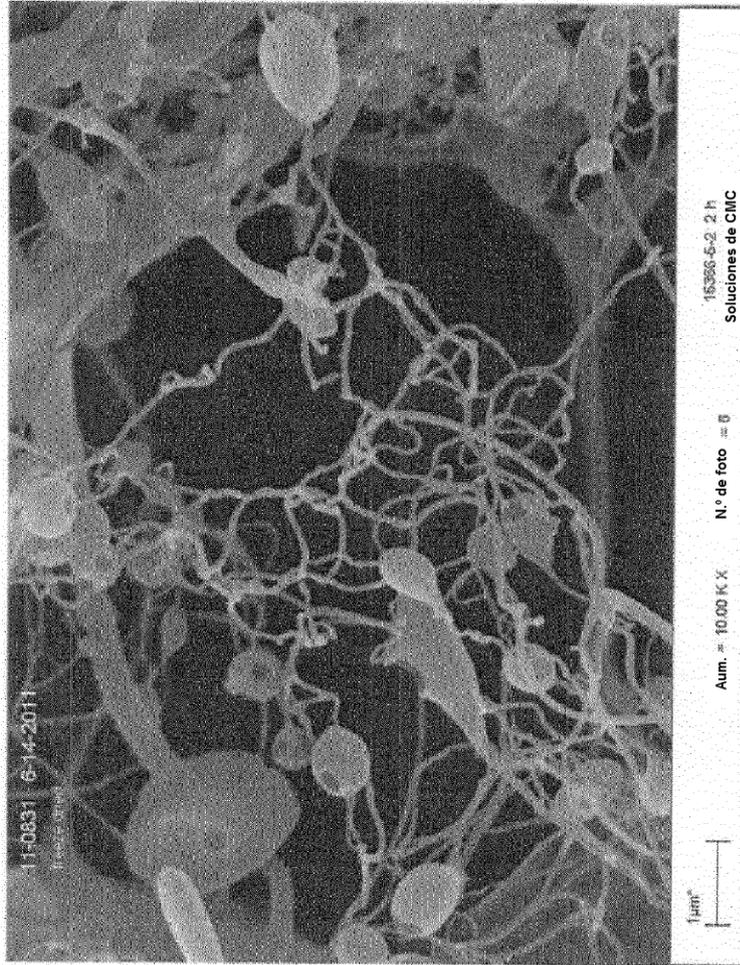
**FIG.3**



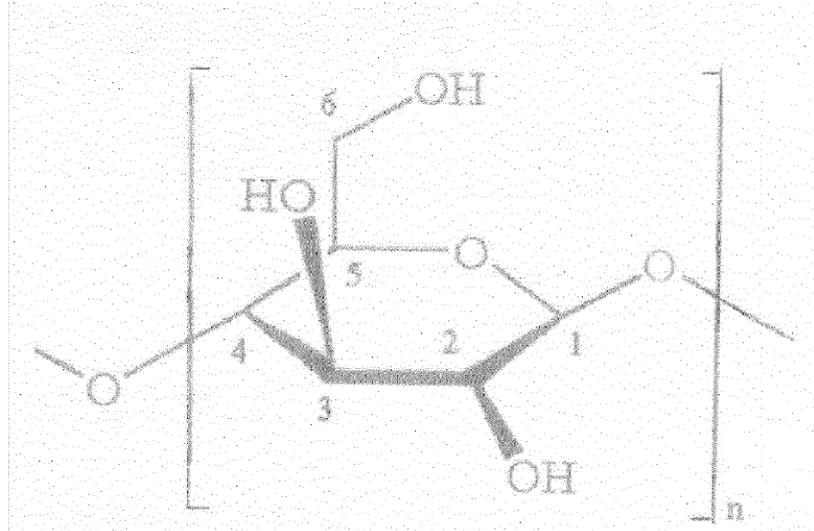
**FIG.4**



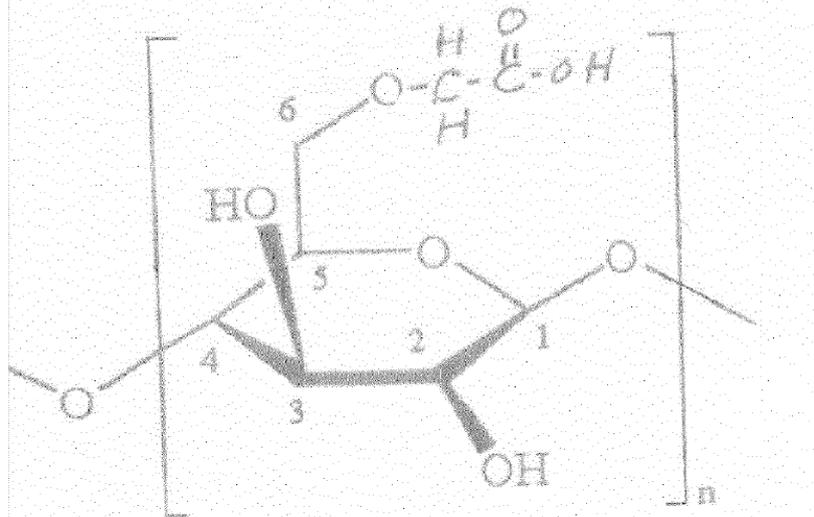
**FIG.5**



**FIG.6**



*FIG. 7*



*FIG. 8*

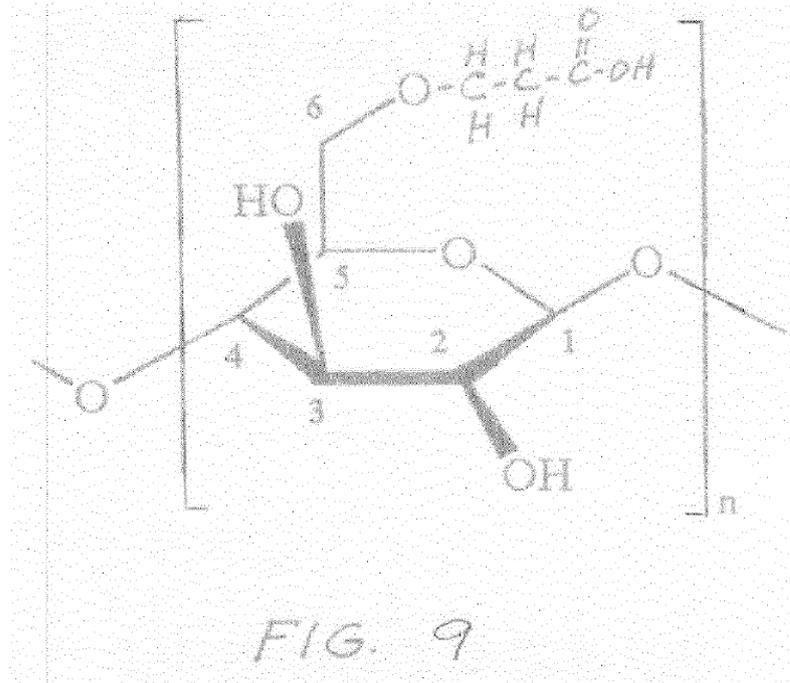


Figura 10-Resultados de resistencia

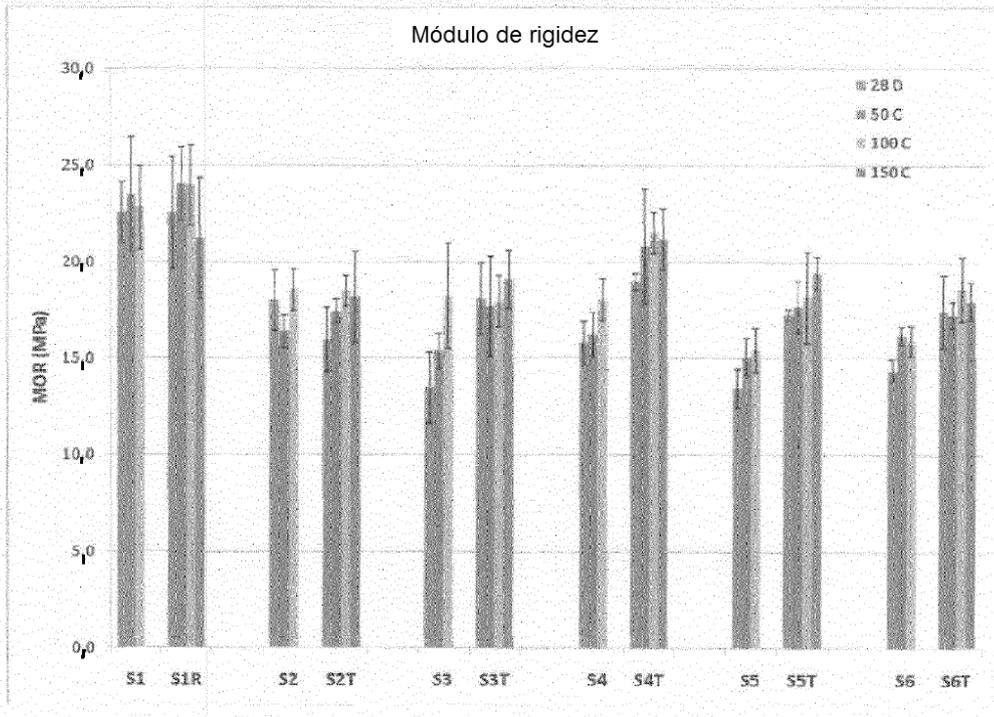


Figura 11- Resultados de tenacidad específica de masa con carga máxima en la muestra de ensayo

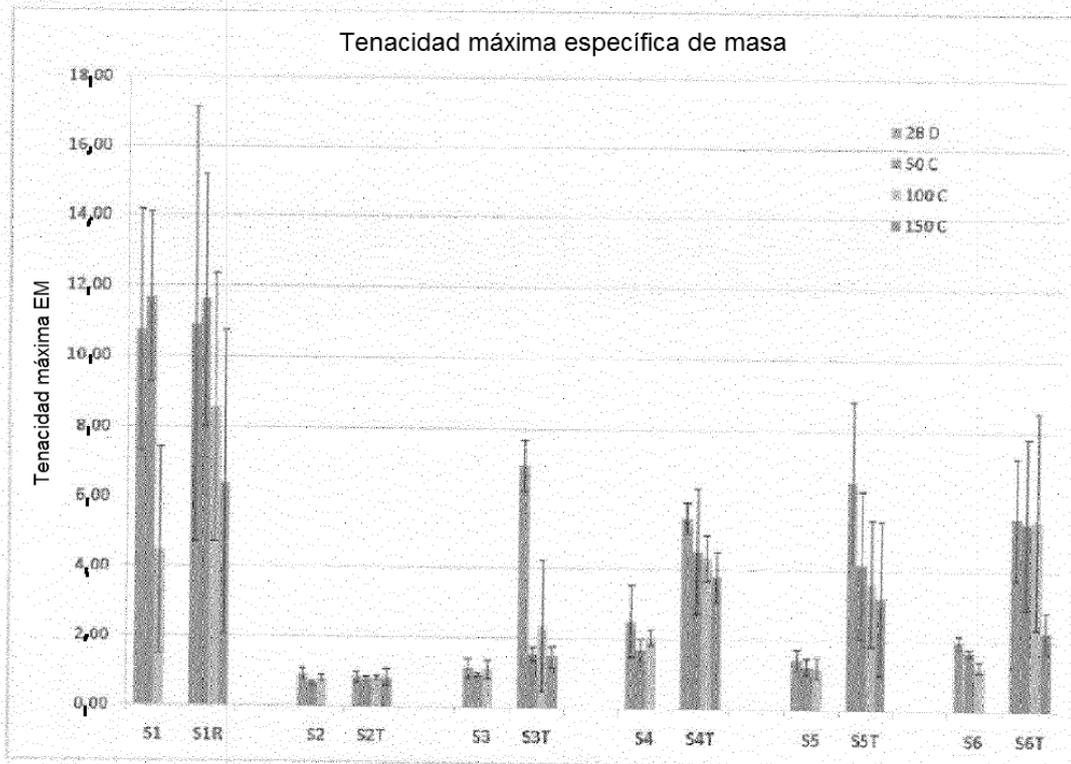


Figura 12- Resultados de tenacidad específica de masa a una desviación de 5 mm de la muestra de ensayo

