

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 396**

51 Int. Cl.:

C08G 59/32 (2006.01)

C08G 64/42 (2006.01)

C08J 11/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2022 E 22193764 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2023 EP 4155336**

54 Título: **Resina epoxi que contiene carbonato, método de fabricación de la misma, producto curable epoxi preparado mediante el mismo y método para la degradación del producto curable epoxi**

30 Prioridad:

28.09.2021 TW 110136094

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

28.05.2024

73 Titular/es:

**SWANCOR INNOVATION & INCUBATION CO., LTD. (100.0%)
3F., No 11, Gongye S. 6th Rd.
Nantou City, Nantou County 540028, TW**

72 Inventor/es:

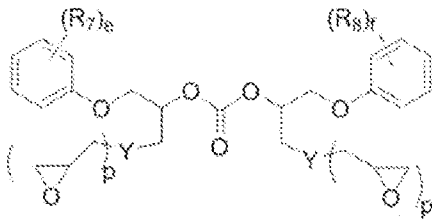
**LIN, CHING-HSUAN;
YEH, REN-YU;
CHEN, YI-CHUN;
WANG, MENG-WEI y
CHEN, WEN-CHANG**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 970 396 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).

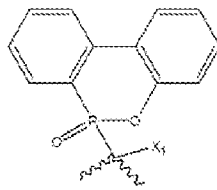


Fórmula (II);

en donde R₁, R₂, R₇ y R₈ son cada uno independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, un grupo alilo, un grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, un grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono o un átomo de halógeno, a y b son cada uno independientemente un número entero de 0 a 4, e y f son cada uno independientemente un número entero de 0 a 5. X es un enlace sencillo, un grupo alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, un grupo cicloalquilo de 3 a 12 átomos de carbono, un átomo de oxígeno, un átomo de azufre, un grupo sulfonilo, un grupo tionilo, un grupo acilo, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono, un grupo fluorenilo o una estructura representada por la Fórmula (i) o la Fórmula (ii):

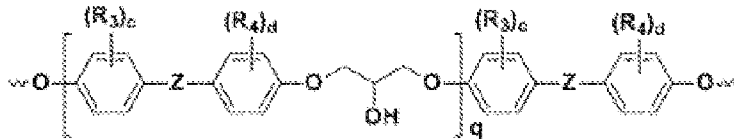


Fórmula (i).

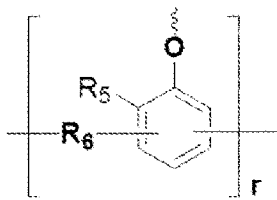


Fórmula (ii);

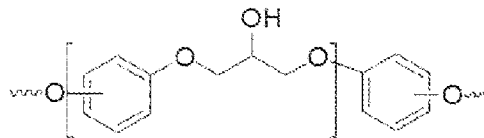
en donde X₁ es el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono o el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono. Y es una cadena de alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, una cadena de éter alquílico de 1 a 12 átomos de carbono, isocianurato o una estructura representada por la Fórmula (iii), la Fórmula (iv) o la Fórmula (v):



Fórmula (iii),



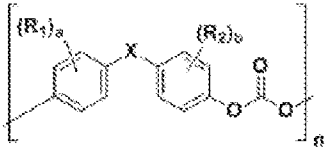
Fórmula (iv),



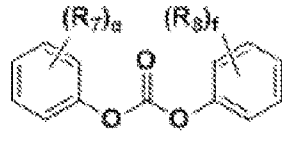
Fórmula (v);

en donde R₃ y R₄ son cada uno independientemente el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo alilo, el grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono o el átomo de halógeno, R₅ es el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo alilo o el grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, R₆ es un grupo metileno, un grupo alquilo de 5 a 12 átomos de carbono o un grupo cicloalquilo de 5 a 12 átomos de carbono, c y d son cada uno independientemente un número entero de 0 a 4. Z es el enlace sencillo, el grupo alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, el grupo cicloalquilo de 3 a 12 átomos de carbono, el átomo de oxígeno, el átomo de azufre, el grupo sulfonilo, el grupo tionilo, el grupo acilo, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono, un grupo fluorenilo o una estructura representada por la Fórmula (i) o la Fórmula (ii). n es un grado de polimerización 1 ≤ n ≤ 500, p es un número entero de 1 a 11, q es un número entero de 0 a 20 y r es un número entero de 1 a 15.

Según otro aspecto de la presente divulgación, un método de fabricación de una resina epoxi que contiene carbonato incluye pasos como los siguientes. Se proporciona una estructura aromática que contiene carbonato, en donde la estructura aromática que contiene carbonato comprende una estructura representada por la Fórmula (A1) o la Fórmula (A2):



Fórmula (A1).



Fórmula (A2).

Se proporciona una estructura que contiene un grupo epoxi, en donde la estructura que contiene un grupo epoxi comprende una estructura representada por la Fórmula (B):

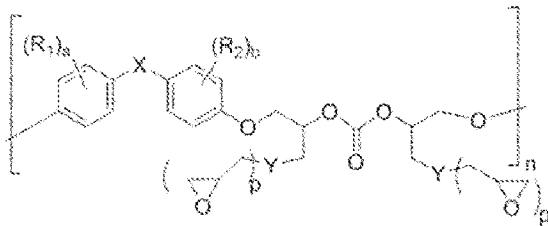
5



Fórmula (B).

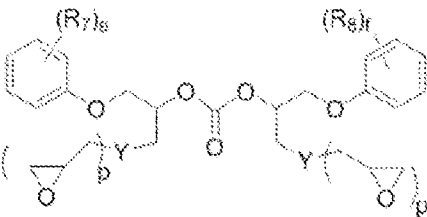
Se realiza un paso de catálisis, en donde la estructura aromática que contiene un grupo carbonato se mezcla con la estructura que contiene un grupo epoxi, y después en una catálisis de un catalizador para obtener una resina epoxi que contiene un grupo carbonato, que comprende una estructura representada por la Fórmula (I) o la Fórmula (II):

10



Fórmula (I).

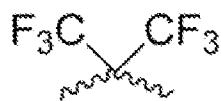
15



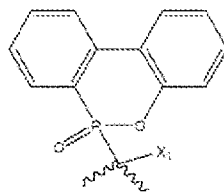
Fórmula (II);

20 en donde R₁, R₂, R₇ y R₈ son cada uno independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, un grupo alilo, un grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, un grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono o un átomo de halógeno, a y b son cada uno independientemente un número entero de 0 a 4, e y f son cada uno independientemente un número entero de 0 a 5. X es un enlace sencillo, un grupo alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, un grupo cicloalquilo de 3 a 12 átomos de carbono, un átomo de oxígeno, un átomo de azufre, un grupo sulfonilo, un grupo tionilo, un grupo acilo, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono, un grupo fluorenilo o una estructura representada por la Fórmula (i) o la Fórmula (ii):

25

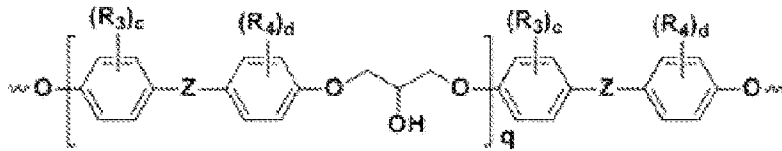


Fórmula (i).



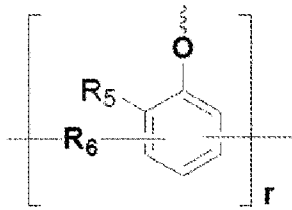
Fórmula (ii);

en donde X₁ es el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono o el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono. Y es una cadena de alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, una cadena de éter alquílico de 1 a 12 átomos de carbono, isocianurato o una estructura representada por la Fórmula (iii), la Fórmula (iv) o la Fórmula (v):

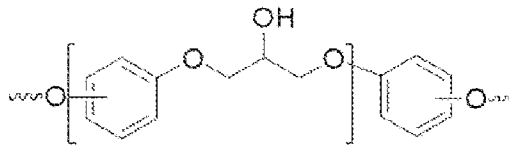


Fórmula (iii),

5



Fórmula (iv),



Fórmula (v);

10 en donde R₃ y R₄ son cada uno independientemente el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo alilo, el grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono o el átomo de halógeno, R₅ es el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo alilo o el grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, R₆ es un grupo metileno, un grupo alquilo de 5 a 12 átomos de carbono o un grupo cicloalquilo de 5 a 12 átomos de carbono, c y d son cada uno independientemente un número entero de 0 a 4. Z es el enlace sencillo, el grupo alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, el grupo cicloalquilo de 3 a 12 átomos de carbono, el átomo de oxígeno, el átomo de azufre, el grupo sulfonilo, el grupo tionilo, el grupo acilo, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono, un grupo fluorenilo o una estructura representada por la Fórmula (i) o la Fórmula (ii). n es un grado de polimerización y 1 ≤ n ≤ 500, m es un número entero de 2 a 12, p es un número entero de 1 a 11, q es un número entero de 0 a 20 y r es un número entero de 1 a 15.

20

Según el método de fabricación de la resina epoxi que contiene carbonato del anterior aspecto, el catalizador se puede seleccionar a partir de un grupo que consiste en 4-dimetilaminopiridina, imidazol, piridina, 2-metilimidazol, 3-metilimidazol y 2-etil-4-metilimidazol.

25

Según el método de fabricación de la resina epoxi que contiene carbonato del anterior aspecto, una cantidad añadida de catalizador puede oscilar de 0,1 % en peso a 5 % en peso de una cantidad de la estructura que contiene un grupo epoxi.

30

Según el método de fabricación de la resina epoxi que contiene carbonato del anterior aspecto, una relación de equivalencia de un grupo epoxi de la estructura que contiene un grupo epoxi respecto a un grupo carbonato de la estructura aromática que contiene un grupo carbonato es 1,3 a 10,0.

35

Según un aspecto adicional de la presente divulgación, se proporciona un producto curable epoxi. El producto curable epoxi se obtiene mediante realización de una reacción de curado con la resina epoxi que contiene carbonato del aspecto mencionado anteriormente.

40

Según el producto curable epoxi del anterior aspecto, la reacción de curado se completa mediante mezclado de la resina epoxi que contiene carbonato y un agente de curado y calentamiento.

45

Según el producto curable epoxi del anterior aspecto, el agente de curado puede ser una resina fenólica, un compuesto de amina, un compuesto de éster activo, un compuesto de ácido carboxílico, un compuesto de éster de cianato, un compuesto de isocianato, un compuesto de anhídrido, benzoxazina, policarbonato y una mezcla de los mismos.

Según el producto curable epoxi del anterior aspecto, una temperatura de curado de la reacción de curado puede ser 180°C a 240°C.

50

Según otro aspecto más de la presente divulgación, un método de fabricación de un producto curable epoxi incluye pasos como los siguientes. Se proporciona el producto curable epoxi según el aspecto mencionado anteriormente. Se realiza un paso de degradación, en donde un compuesto que contiene un grupo amina reacciona con el producto curable epoxi para degradar el producto curable epoxi.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 La presente divulgación se puede entender en mayor profundidad leyendo la siguiente descripción detallada de la realización, haciendo referencia a los dibujos adjuntos como sigue:

la Fig. 1 es un diagrama de flujo de un método de fabricación de una resina epoxi que contiene carbonato según una realización de la presente divulgación.

10 la Fig. 2 es un diagrama de flujo de un método de fabricación de un producto curable epoxi según otra realización de la presente divulgación.

la Fig. 3 es un diagrama de flujo de un método de degradación de un producto curable epoxi según una realización adicional de la presente divulgación.

15 La Fig. 4 es un espectro de ¹H-NMR del Ejemplo 1.

La Fig. 5 es un espectro de ¹H-NMR del Ejemplo 2 al Ejemplo 4.

20 La Fig. 6 es un espectro de ¹H-NMR del Ejemplo 19.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

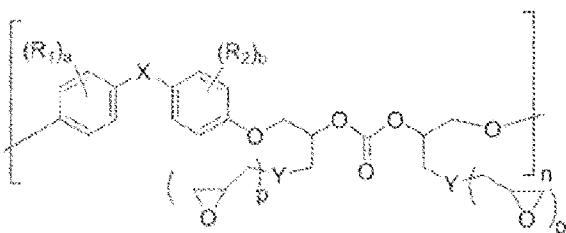
25 La presente divulgación se ejemplificará adicionalmente mediante las siguientes realizaciones específicas. Sin embargo, las realizaciones se pueden aplicar a diversos conceptos inventivos y se puede realizar en diferentes rangos específicos. Las realizaciones específicas son solo para los fines de la invención y no están limitadas a estos detalles prácticos de la misma.

30 En la presente divulgación, la estructura del compuesto se puede representar mediante una fórmula de esqueleto, y la representación puede omitir el átomo de carbono, el átomo de hidrógeno y el enlace carbono-hidrógeno. En el caso de que el grupo funcional se represente claramente en la fórmula estructural, se prefiere el representado.

35 En la presente divulgación, para que esta sea concisa y fluida, "resina epoxi que contiene carbonato, que comprende una estructura representada por la Fórmula (I)" se puede representar como una resina epoxi que contiene carbonato representada por la Fórmula (I) o una resina epoxi que contiene carbonato (I) en algunos casos, y los demás compuestos o grupos se pueden representar de la misma manera.

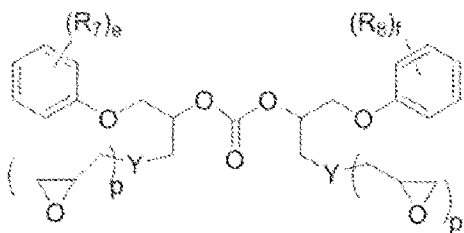
<Una resina epoxi que contiene carbonato>

40 Se proporciona una resina epoxi que contiene carbonato de la siguiente divulgación, que incluye una estructura representada por la Fórmula (I) o la Fórmula (II):



Fórmula (I),

45

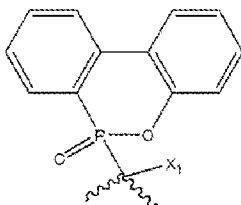


Fórmula (II),

5 en donde R_1 , R_2 , R_7 y R_8 son cada uno independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, un grupo alilo, un grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, un grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono o un átomo de halógeno, a y b son cada uno independientemente un número entero de 0 a 4, e y f son cada uno independientemente un número entero de 0 a 5. X es un enlace sencillo, un grupo alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, un grupo cicloalquilo de 3 a 12 átomos de carbono, un átomo de oxígeno, un átomo de azufre, un grupo sulfonilo, un grupo tionilo, un grupo acilo, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono, un grupo fluorenilo o una estructura representada por la Fórmula (i) o la Fórmula (ii):



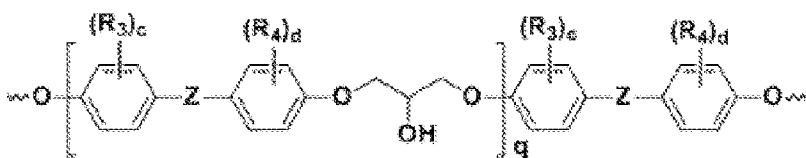
Fórmula (i).



Fórmula (ii).

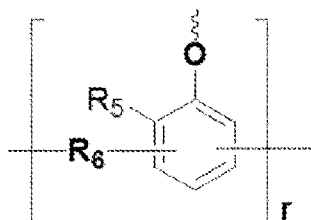
10

en donde X_1 es el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono o el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono. Y es una cadena de alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, una cadena de éter alquílico de 1 a 12 átomos de carbono, isocianurato o una estructura representada por la Fórmula (iii), la Fórmula (iv) o la Fórmula (v):

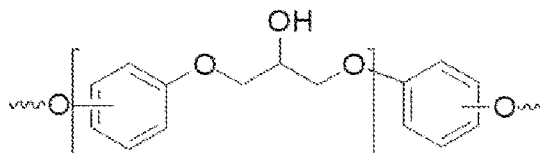


Fórmula (iii).

15



Fórmula (iv).



Fórmula (v).

20

25

en donde R_3 y R_4 son cada uno independientemente el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo alilo, el grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono o el átomo de halógeno, R_5 es el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo alilo o el grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, R_6 es un grupo metileno, un grupo alquilo de 5 a 12 átomos de carbono o un grupo cicloalquilo de 5 a 12 átomos de carbono, c y d son cada uno independientemente un número entero de 0 a 4. Z es el enlace sencillo, el grupo alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, el grupo cicloalquilo de 3 a 12 átomos de carbono, el átomo de oxígeno, el átomo de azufre, el grupo sulfonilo, el grupo tionilo, el grupo acilo, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono, un grupo fluorenilo o una estructura representada por la Fórmula (i) o la Fórmula (ii). n es un grado de polimerización $1 \leq n \leq 500$, p es un número entero de 1 a 11, q es un número entero de 0 a 20 y r es un número entero de 1 a 15.

30

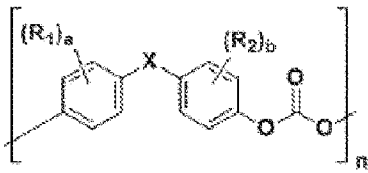
Por lo tanto, la resina epoxi que contiene carbonato de la presente divulgación se puede usar directamente o puede realizar la reacción subsiguiente ya que tiene la estructura de carbonato, y mejora su degradabilidad introduciendo la estructura de carbonato para conseguir el propósito del reciclaje químico.

<Un método de fabricación de una resina epoxi que contiene carbonato>

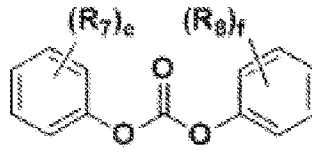
35

Remítase a la Fig. 1, que es un diagrama de flujo de un método de fabricación de una resina epoxi que contiene carbonato 100 según una realización de la presente divulgación. En la Fig. 1, el método de fabricación de la resina epoxi que contiene carbonato 100 incluye un paso 110, un paso 120 y un paso 130.

En el paso 110 se proporciona una estructura aromática que contiene carbonato, en donde la estructura aromática que contiene carbonato incluye una estructura representada por la Fórmula (A1) o la Fórmula (A2):



Fórmula (A1),

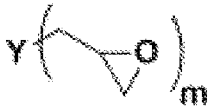


Fórmula (A2).

5 La definición de R₁, R₂, R₇, R₈, X, a, b, e, f y n se puede referir al apartado mencionado anteriormente, y no se describirá en el presente documento. Específicamente, la estructura aromática que contiene un grupo carbonato puede ser entre otros, un compuesto de carbonato, un plástico de carbonato nuevo o un material de policarbonato reciclado, y el material de policarbonato residual reciclado se puede reciclar a partir de los residuos de discos ópticos, lo que puede reducir la carga del medio ambiente.

10

En el paso 120 se proporciona una estructura que contiene un grupo epoxi, en donde la estructura que contiene un grupo epoxi comprende una estructura representada por la Fórmula (B):



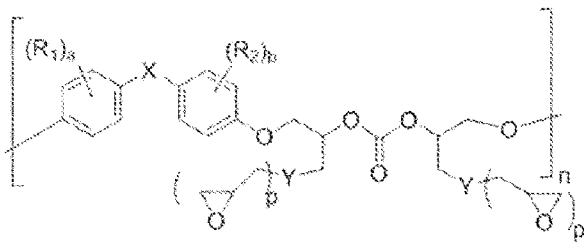
Fórmula (B).

15

La definición de Y se puede referir al apartado mencionado anteriormente, y no se describirá en el presente documento, en donde m es un número entero de 2 a 12.

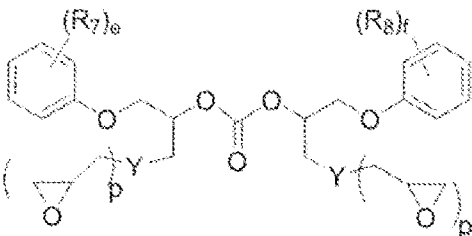
20

En el paso 130 se realiza un paso de catálisis, en donde la estructura aromática que contiene un grupo carbonato se mezcla con la estructura que contiene un grupo epoxi, y después en una catálisis de un catalizador para obtener una resina epoxi que contiene un grupo carbonato, que incluye una estructura representada por la Fórmula (I) o la Fórmula (II):



Fórmula (I),

25



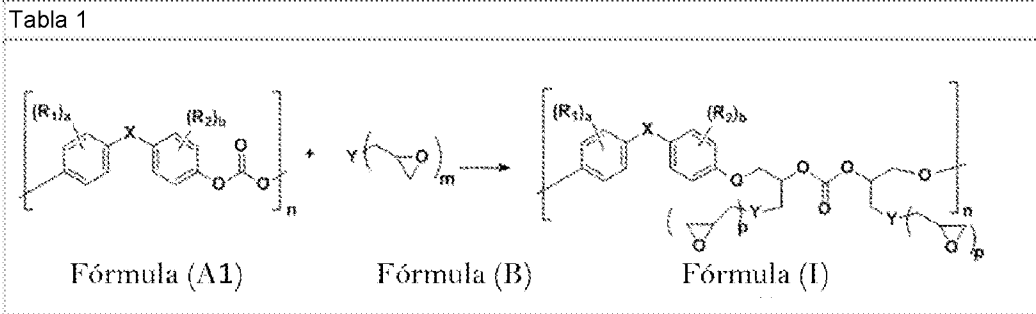
Fórmula (II).

30

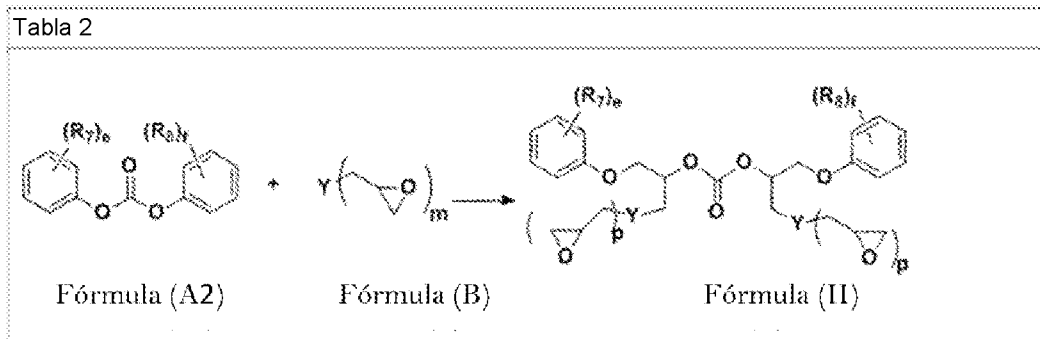
La definición de R₁, R₂, R₇, R₈, X, Y, a, b, e, f, p y n se puede referir al apartado mencionado anteriormente, y no se describirá en el presente documento. Además, una relación de equivalencia de un grupo epoxi de la estructura que contiene un grupo epoxi y un grupo carbonato de la estructura aromática que contiene un grupo carbonato puede ser 1,3 a 10,0, preferiblemente puede ser 2,0 a 10,0.

35

Específicamente, cuando la estructura aromática que contiene un grupo carbonato es la estructura representada por la Fórmula (A1), la resina epoxi que contiene carbonato sintetizada a través de esta es la estructura representada por la Fórmula (I), y la ecuación de reacción se muestra en la Tabla 1.

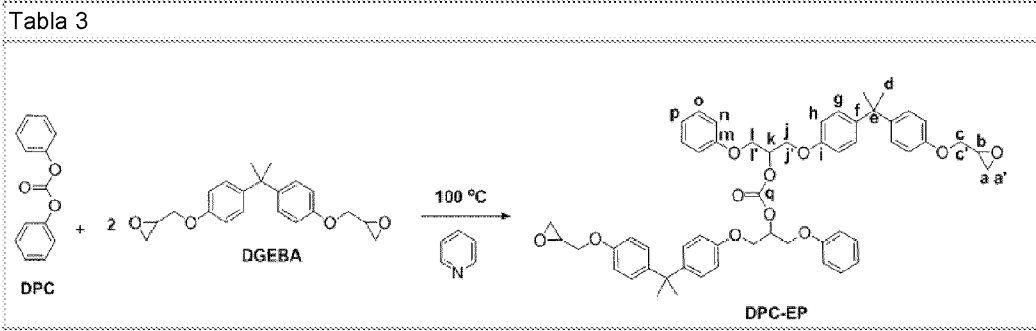


5 Además, cuando la estructura aromática que contiene un grupo carbonato es la estructura representada por la Fórmula (A2), la resina epoxi que contiene carbonato sintetizada a través de esta es la estructura representada por la Fórmula (II), y la ecuación de reacción se muestra en la Tabla 2.



10 El catalizador mencionado anteriormente puede incluir los pares de electrones no compartidos, que se seleccionan a partir de un grupo que consiste en 4-dimetilaminopiridina (DMAP), imidazol, piridina, 2-metilimidazol, 3-metilimidazol y 2-etil-4-metilimidazol. Por lo tanto, los pares de electrones del catalizador pueden interaccionar con el grupo epoxi de la estructura que contiene un grupo epoxi para facilitar la subsiguiente reacción de curado. Específicamente una cantidad añadida del catalizador mencionado anteriormente puede oscilar entre 0,1 % en peso y 5 % en peso de una cantidad de la estructura que contiene un grupo epoxi.

En detalle, la resina epoxi que contiene carbonato de la presente divulgación utiliza el grupo carbonato de la estructura aromática que contiene un grupo carbonato para reaccionar con el grupo epoxi de la estructura que contiene un grupo epoxi. Para probar el concepto anterior, en la presente divulgación se realiza una reacción modelo mediante el Ejemplo de síntesis 1, carbonato de difenilo y éter diglicídico de bisfenol A (DGEBA) reaccionan bajo el catalizador de piridina. Específicamente, se disponen 1,00 g (9,3 mmol) de carbonato de difenilo (107,1 g/eq) y 3,51 g (18,6 mol) de éter diglicídico de bisfenol A (188 g/eq) en el matraz de tres bocas de 100 mL, se aumenta la temperatura a 100°C para confirmar la disolución y después se añaden 0,0175 g de catalizador de piridina y se hace reaccionar durante 8 horas. Posteriormente se realizan los análisis espectrográficos del producto obtenido según el Ejemplo de síntesis 1. Datos de espectro de hidrógeno: ¹H-NMR (CDCl₃), δ= 1,62 (12H, H^d), 2,73 (2H, H^a), 2,88 (2H, H^a), 3,33 (2H, H^b), 3,92 (2H, H^c), 4,12 (2H, Hⁱ), 4,16 (2H, H^c), 4,25 (4H, Hⁱ, H^j), 4,35 (2H, Hⁱ), 5,36 (2H, H^k), 6,80 (8H, H^m), 6,88 (4H, H^m), 6,95 (2H, H^p), 7,12 (8H, H^g), 7,27 (4H, H^o). Datos de espectro de carbono: ¹³C-NMR (CDCl₃), δ= 31,0 (C^d), 41,6 (C^e), 44,7 (C^a), 50,2 (C^b), 67,0 (Cⁱ), 68,5 (C^c), 68,7 (C^j), 74,6 (C^k), 113,9 (Cⁿ), 114,6 (Cⁿ), 121,2 (C^p), 127,7 (C^g), 129,5 (C^o), 143,7 (C^f), 154,1 (C^q), 156,2 (Cⁱ), 158,1 (C^m). Datos de espectro infrarrojo: FTIR (KBr, cm⁻¹): ν = 1750 (C=O estiramiento de grupo carbonilo). LC-MS de alta resolución (ESI-MS) m/z: [M⁺] calc. para C₅₅H₅₈O₁₁ 894,40 g/mol; anal. 894,4050 g/mol. El equivalente de epoxi teórico es 483,11 g/eq, mientras que el equivalente de epoxi real es 476 g/eq. La ecuación de reacción del Ejemplo de síntesis 1 se muestra en la Tabla 3 y se ha descubierto que el grupo carbonato puede reaccionar con el grupo epoxi.



<Un producto curable epoxi>

5 Se proporciona además un producto curable epoxi, que se obtiene mediante realización de una reacción de curado con la resina epoxi que contiene carbonato mencionada anteriormente. La reacción de curado mencionada anteriormente se contempla en la Fig. 2, que es un diagrama de flujo de un método de fabricación de un producto curable epoxi 200 según otra realización de la presente divulgación. En la Fig. 2, el método de fabricación del producto curable epoxi 200 incluye un paso 210 y un paso 220.

10 En el paso 210 se realiza un paso de mezclado, en donde la resina epoxi que contiene carbonato se mezcla con un agente de curado para obtener una composición curable. Específicamente, la resina epoxi que contiene carbonato y el agente de curado se pueden formar por medio de una disolución precursora que contiene la composición curable en el paso 210. Además, un disolvente utilizado en la disolución precursora ayuda a la mezcla de la resina epoxi que contiene carbonato y el agente de curado. Por lo tanto, el disolvente, que puede disolver la resina epoxi que contiene carbonato, el agente de curado, y no reaccionar con ellos, se puede utilizar en el paso 210. El detalle de la resina epoxi que contiene carbonato se puede referir al párrafo mencionado anteriormente, y no se describirá en el presente documento. El agente de curado de la presente divulgación puede ser, entre otros, una resina fenólica, un compuesto de amina, un compuesto de éster activo, un compuesto de ácido carboxílico, un compuesto de éster de cianato, un compuesto de isocianato, un compuesto de anhídrido, benzoxazina, policarbonato o una mezcla de los mismos.

25 En el paso 220 se realiza un paso de curado, en donde la resina epoxi que contiene carbonato y el agente de curado se reticulan para formar el producto curable epoxi. Específicamente, la composición epoxi mencionada anteriormente se puede molturar directamente para dar polvo y calentar hasta el estado fundido, o la disolución precursora se puede calentar para reticular de este modo la resina epoxi que contiene carbonato y el agente de curado. Una temperatura de curado de la reacción de curado puede ser 80°C a 240°C, preferiblemente puede ser 180°C a 240°C, y el tiempo de calentamiento puede ser 1 hora a 6 horas. Más específicamente el método de curado mencionado anteriormente puede adoptar un método de calentamiento y curado multietapa, como calentamiento a 180°C, 200°C, 220°C durante 2 horas, respectivamente. La temperatura de curado y el tiempo de calentamiento se pueden ajustar de manera flexible según el tipo de resina epoxi que contiene carbonato utilizada y el agente de curado, y la presente divulgación no se limita a ello.

<Un método para la degradación de un producto curable epoxi>

35 Remítase a la Fig. 3, que es un diagrama de flujo de un método de degradación de un producto curable epoxi 300 según una realización adicional de la presente divulgación. En la Fig. 3, el método de degradación del producto curable epoxi 300 incluye un paso 310 y un paso 320.

40 En el paso 310 mencionado anteriormente se proporciona el producto curable epoxi. En el paso 320 se realiza un paso de degradación, en donde un compuesto que contiene un grupo amina reacciona con el producto curable epoxi mencionado anteriormente para degradar el producto curable epoxi.

45 La presente divulgación se ejemplificará adicionalmente mediante las siguientes realizaciones específicas para facilitar la utilización y la práctica de la presente divulgación completamente por los expertos en la materia sin sobreinterpretar ni sobreexperimentar. Sin embargo, los lectores deben entender que la presente divulgación no debe limitarse a estos detalles prácticos de la misma, es decir, estos detalles prácticos se utilizan para describir como implementar los materiales y métodos de la presente divulgación y no son necesarios.

<Ejemplo / Ejemplo comparativo>

50 **<Preparación de una resina epoxi que contiene carbonato>**

Ejemplo 1: Se mezclan 1,0 g de carbonato de difenilo y 3,51 g de éter diglicidílico de bisfenol A (código de producto BE188 de CHANG CHUN PLASTICS CO., LTD.) con la relación de equivalencia de 1:2, y se calienta a 100°C para confirmar la disolución. Adicionalmente se añaden 0,0175 g de piridina y se hace reaccionar durante 8 horas para obtener la resina

epoxi que contiene carbonato (DPC-EP) del Ejemplo 1, y el equivalente epoxi del Ejemplo 1 es 476 g/eq (el valor teórico es 483 g/eq).

5 Ejemplo 2: Se mezclan 1,50 g de policarbonato y 4,44 g de éter diglicídico de bisfenol A (código de producto BE188 de CHANG CHUN PLASTICS CO., LTD.) con la relación de equivalencia de 1:2 y en el ambiente de nitrógeno a 200°C para presentar el estado fundido, después se reduce la temperatura a 100°C. Adicionalmente se añaden 0,0133 g de piridina (0,3 % en peso de DGEBA) y se hace reaccionar durante 8 horas bajo agitación mecánica para obtener el líquido viscoso de color marrón oscuro. Después de enfriar a temperatura ambiente se obtiene la resina epoxi que contiene carbonato (WPC-EP2) del Ejemplo 2 y el equivalente de epoxi del Ejemplo 2 es 485 g/eq (el valor teórico es 503 g/eq).

10 Ejemplo 3: Se mezclan 1,50 g de policarbonato y 6,66 g de éter diglicídico de bisfenol A (código de producto BE188 de CHANG CHUN PLASTICS CO., LTD.) con la relación de equivalencia de 1:3 y en el ambiente de nitrógeno a 200°C para presentar el estado fundido, después se reduce la temperatura a 100°C. Adicionalmente se añaden 0,0199 g de piridina (0,3 % en peso de DGEBA) y los pasos restantes son los mismos que los del Ejemplo 2. Se obtiene la resina epoxi que contiene carbonato (WPC-EP3) del Ejemplo 3 y el equivalente de epoxi del Ejemplo 3 es 333 g/eq (el valor teórico es 345 g/eq).

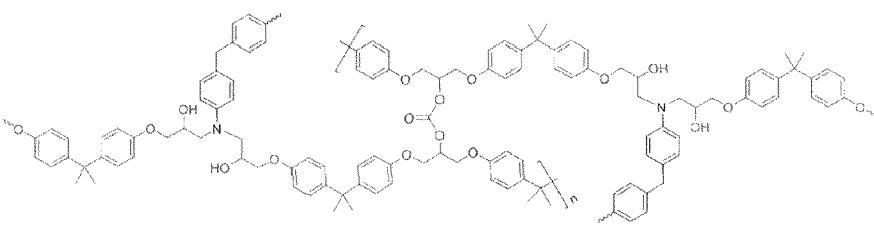
20 Ejemplo 4: Se mezclan 1,50 g de policarbonato y 8,88 g de éter diglicídico de bisfenol A (código de producto BE188 de CHANG CHUN PLASTICS CO., LTD.) con la relación de equivalencia de 1:4 y en el ambiente de nitrógeno a 200°C para presentar el estado fundido, después se reduce la temperatura a 100°C. Adicionalmente se añaden 0,0266 g de piridina (0,3 % en peso de DGEBA) y los pasos restantes son los mismos que los del Ejemplo 2. Se obtiene la resina epoxi que contiene carbonato (WPC-EP4) del Ejemplo 4 y el equivalente de epoxi del Ejemplo 4 es 285 g/eq (el valor teórico es 293 g/eq).

25 Se realiza análisis por ¹H-NMR del Ejemplo 1 al Ejemplo 4 para confirmar la estructura del Ejemplo 1 al Ejemplo 4. Remítase a la Fig. 4 y la Fig. 5, en donde la Fig. 4 es un espectro de ¹H-NMR del Ejemplo 1. La Fig. 5 es un espectro de ¹H-NMR del Ejemplo 2 al Ejemplo 4. Como se muestra en la Fig. 4 y la Fig. 5, todos los productos del Ejemplo 1 al Ejemplo 4 son resinas epoxi que contienen carbonato.

30 < Preparación de un producto curable epoxi >

Para la resina epoxi que contiene carbonato del Ejemplo 1 al Ejemplo 4 se añade el mismo equivalente de agente de curado. En primer lugar se molitura el Ejemplo 1 al Ejemplo 4 para dar polvo y después se calienta a 150°C para presentar el estado fundido. Después de agitar uniformemente se pone a calentar en el horno a 160°C durante 1 hora, 180°C durante 35 2 horas y 200°C durante 2 horas para realizar el curado. Alternativamente, la resina epoxi que contiene carbonato del Ejemplo 1 al Ejemplo 4 y el agente de curado se pueden agitar hasta fusión completa en una disolución con un contenido sólido de 20 % en peso mediante un método de disolvente y verter a continuación en un molde para curar y obtener el producto curable epoxi del Ejemplo 5 al Ejemplo 16.

40 Específicamente, el agente de curado utilizado en la presente divulgación puede ser diaminodifenilmetano (DDM), resina fenólica (PN), diciandiamida (DICY), policarbonato (PC), dianhídrido de ácido tetracarboxílico de éter difenílico (OPDA) y anhídrido ftálico (PAH). Tomando como ejemplo el Ejemplo 2, cuando se seleccionan diferentes agentes de curado, el producto curable epoxi preparado se muestra en la Tabla 4.

Agente de curado	Producto curable epoxi
DDM	

La resina epoxi y el agente de durado utilizado en el Ejemplo 5 al Ejemplo 16 y el Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4 se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5		
	Resina epoxi	Agente de curado
Ejemplo 5	Ejemplo 1	DDM
Ejemplo 6		PN
Ejemplo 7		PC
Ejemplo 8	Ejemplo 2	DDM
Ejemplo 9		PN
Ejemplo 10		PC
Ejemplo 11	Ejemplo 3	DDM
Ejemplo 12		PN
Ejemplo 13		PC
Ejemplo 14	Ejemplo 4	DDM
Ejemplo 15		PN
Ejemplo 16		PC
Ejemplo comparativo 1	BE188	DDM
Ejemplo comparativo 2		PN
Ejemplo comparativo 3	BE501	DDM
Ejemplo comparativo 4		PN

5

<Evaluaciones de propiedades térmicas

10 Se realiza la evaluación de propiedades térmicas del Ejemplo 5 al Ejemplo 16 y del Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4, y la evaluación de propiedades térmicas incluye una temperatura de transición vítrea (T_g), temperatura de pérdida termogravimétrica de 5 % ($T_{d5\%}$) y rendimiento de carbonización. El método de evaluación se muestra a continuación.

15 Temperatura de transición vítrea: se utiliza el analizador mecánico dinámico para medir el módulo de almacenamiento, la relación entre curvas de Tan delta y la temperatura y la temperatura de transición vítrea del producto curable epoxi del Ejemplo 5 al Ejemplo 16 y del Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4. Además, se utiliza el análisis termomecánico (TMA) para medir la temperatura de transición vítrea y la condición del análisis termomecánico es la detección a una tasa de calentamiento de 5°C/min.

20 Temperatura de pérdida termogravimétrica de 5 % y rendimiento de carbonización: se utiliza análisis termogravimétrico (TGA) para medir la temperatura de pérdida termogravimétrica de 5 % y el rendimiento de carbonización de 800°C. La condición del análisis termogravimétrico es la detección a una tasa de calentamiento de 20°C/min bajo la atmósfera de nitrógeno para medir el cambio de peso de la muestra. La temperatura de pérdida termogravimétrica de 5 % se refiere a la temperatura a la que la pérdida de peso de la muestra curada alcanza 5 %, en donde cuanto mayor sea la temperatura de pérdida termogravimétrica de 5 %, mejor será la estabilidad térmica de la muestra. El rendimiento de carbonización de 800°C se refiere a la relación de peso residual de la muestra a una temperatura de calentamiento de 800°C, en donde cuanto mayor sea la relación de peso residual de 800°C, mejor será la estabilidad térmica de la muestra.

30 En la Tabla 6 se muestran los resultados de medición de temperatura de transición vítrea, módulo de almacenamiento, temperatura de pérdida termogravimétrica y rendimiento de carbonización del Ejemplo 5 al Ejemplo 16 y del Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4.

Tabla 6				
	T_g (°C)	$T_{d5\%}$ (°C)	Rendimiento de carbonización (%)	Módulo de almacenamiento (GPa)
Ejemplo 5	150	369	8	1,3
Ejemplo 6	138	375	13	1,8

	T _g (°C)	T _{d5%} (°C)	Rendimiento de carbonización (%)	Módulo de almacenamiento (GPa)
Ejemplo 7	135	371	6	1,9
Ejemplo 8	149	367	15	1,1
Ejemplo 9	147	414	16	1,8
Ejemplo 10	133	412	7	1,9
Ejemplo 11	165	374	15	1,3
Ejemplo 12	158	404	17	1,8
Ejemplo 13	155	401	8	2,1
Ejemplo 14	170	392	17	1,3
Ejemplo 15	166	409	18	1,9
Ejemplo 16	162	384	11	2,2
Ejemplo comparativo 1	180	371	12	0,9
Ejemplo comparativo 2	172	391	4	1,6
Ejemplo comparativo 3	147	353	14	1,4
Ejemplo comparativo 4	146	419	10	2,6

Como se muestra en la Tabla 6, cuando se utiliza DDM como agente de curado, la temperatura de transición vítrea del producto curable epoxi es más elevada que la de otros agentes de curado, lo que indica que el número funcional del agente de curado DDM es mayor que el de otros agentes de curado, de modo que aumenta la densidad de reticulación y las propiedades térmicas son también excelentes. Sin embargo, la temperatura de pérdida termogravimétrica de 5 % se refiere principalmente al enlace tras reticulación. Cuando se utiliza PN como agente de curado, la energía requerida para descomponer el grupo éter es mayor que la del grupo éster y la del grupo amino, de modo que el producto curable epoxi obtenido tiene una excelente temperatura de pérdida termogravimétrica de 5 %. Además, cuando se utiliza PN y DDM como agente de curado, la cadena principal es principalmente una estructura de anillo de benceno, que puede tener moléculas más cercanas con resina epoxi, de modo que el rendimiento de carbonización es relativamente elevado. Además, la resina epoxi que contiene carbonato del Ejemplo 5 al Ejemplo 16 de la presente divulgación puede mostrar propiedades térmicas similares a las de resinas de producto curable epoxi disponibles comercialmente del Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4 tras el curado.

<Evaluación de propiedades mecánicas>

Se realiza la evaluación de propiedades mecánicas del Ejemplo 5 al Ejemplo 16 y del Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4. La resistencia a la tracción y el alargamiento de rotura se miden por medio de la prueba de tracción, en donde la prueba de tracción se mide a temperatura ambiente y el tamaño de la pieza de prueba es 5 cm de longitud, 1 cm de anchura, 0,04 a 0,10 mm de espesor. Los resultados de medición de resistencia a la tracción y alargamiento de rotura del Ejemplo 5 al Ejemplo 16 y del Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4 se muestran en la Tabla 7.

	Resistencia a la tracción (MPa)	Alargamiento de rotura (%)
Ejemplo 5	46	2,2
Ejemplo 6	62	2,7
Ejemplo 7	67	3,5
Ejemplo 8	39	2,4
Ejemplo 9	62	2,5
Ejemplo 10	65	3,1
Ejemplo 11	45	2,1
Ejemplo 12	64	2,4

	Resistencia a la tracción (MPa)	Alargamiento de rotura (%)
Ejemplo 13	72	3,0
Ejemplo 14	45	2,0
Ejemplo 15	66	2,3
Ejemplo 16	74	2,8
Ejemplo comparativo 1	30	1,7
Ejemplo comparativo 2	55	2,1
Ejemplo comparativo 3	49	2,0
Ejemplo comparativo 4	72	3,9

Como se muestra en la Tabla 7, cuando se utiliza PC como agente de curado, la cadena principal es más larga y el grupo éster del PC tiene un cierto impedimento estérico, lo que puede hacer que el producto curable tenga un mayor movimiento molecular, de modo que la propiedad de tracción es más excelente. Además, la resina epoxi que contiene carbonato del Ejemplo 5 al Ejemplo 16 de la presente divulgación puede mostrar propiedades mecánicas similares a las de resinas de producto curable epoxi disponibles comercialmente del Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4 tras el curado, incluso generalmente mejores que los resultados del Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4.

<Degradación de producto curable epoxi>

El Ejemplo 17 al Ejemplo 19 es el resultado obtenido a partir de la reacción de degradación del producto curable epoxi del Ejemplo 8 al Ejemplo 10. El Ejemplo comparativo 5 al Ejemplo comparativo 8 es el resultado obtenido a partir de la reacción de degradación del producto curable epoxi del Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4. En primer lugar se disponen en el reactor las películas de producto curable epoxi del Ejemplo 8 al Ejemplo 10 y del Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4 y 1-hexilamina. Una vez completada la reacción, se extrae 1-hexilamina utilizando el concentrador de vacío para obtener el Ejemplo 17 al Ejemplo 19 y el Ejemplo comparativo 5 al Ejemplo comparativo 8, en el que se ha completado la degradación. El tipo de producto curable epoxi, la temperatura de reacción, el tiempo de reacción y el peso residual del Ejemplo 17 al Ejemplo 19 y del Ejemplo comparativo 5 al Ejemplo comparativo 8 se muestran en la Tabla 8.

	Ejemplo 17	Ejemplo 18	Ejemplo 19
Producto curable epoxi	Ejemplo 8	Ejemplo 9	Ejemplo 10
Temperatura de reacción (°C)	125	125	125
Tiempo de reacción (h)	8	8	2
Peso residual (%)	85	77	0
	Ejemplo comparativo 5	Ejemplo comparativo 6	
Producto curable epoxi	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2	
Temperatura de reacción (°C)	125	125	
Tiempo de reacción (h)	24	24	
Peso residual (%)	100	100	
	Ejemplo comparativo 7	Ejemplo comparativo 8	
Producto curable epoxi	Ejemplo comparativo 3	Ejemplo comparativo 4	
Temperatura de reacción (°C)	125	125	
Tiempo de reacción (h)	24	24	
Peso residual (%)	100	100	

Remítase a la Fig. 6, que es un espectro de ¹H-NMR del Ejemplo 19. En detalle, la parte (a) en la Fig. 6 es un espectro de ¹H-NMR del producto obtenido mediante destilación de 1-hexilamina tras la reacción de aminólisis del Ejemplo 10 con 1-hexilamina. La parte (b) en la Fig. 6 es un espectro de ¹H-NMR del precipitado obtenido mediante destilación de 1-hexilamina y vertido de metanol tras la reacción de aminólisis del Ejemplo 10 con 1-hexilamina.

5 Como se muestra en la Fig. 6, se puede observar la señal característica de 1,3-dihexilurea, en donde 7,3 ppm es la señal de grupo amino (NH-CO-NH) de la estructura de urea, la señal de metileno se sitúa a 2,9 ppm (Hⁱ) y 1,2-1,4 ppm (H^{c-h}), la señal de metilo se sitúa a 0,8 ppm (H^d). Además, se puede observar la señal característica de resina fenoxi, en donde 5,3 ppm es la señal de hidroxilo, 6,8 y 7,0 ppm son las señales de anillo de benceno, la señal de metino o la señal de metileno se sitúan en 4,1 ppm (H^b) y 3,9 ppm (H^a), respectivamente, y la señal de metilo se sitúa a 1,5 ppm (H^c). A partir de los resultados de la Fig. 6 y la Tabla 8 se puede indicar que el producto curable epoxi del Ejemplo 10 de la presente divulgación se puede descomponer después de la reacción con el compuesto que contiene un grupo amina y el peso residual del producto curable epoxi es 0 %.

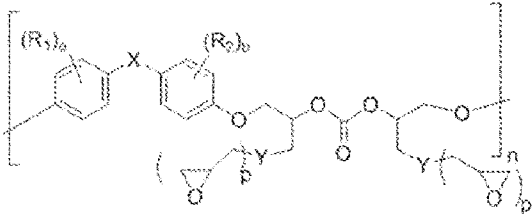
10 Además, el Ejemplo 8 y el Ejemplo 9 tienen también la degradabilidad parcial bajo la reacción de calentamiento de 1-hexilamina, en donde el peso residual es 85 % y 77 %, respectivamente. Sin embargo, el producto curable epoxi del Ejemplo comparativo 1 al Ejemplo comparativo 4, obtenido a partir de la resina epoxi disponible comercialmente, no se degrada bajo las mismas condiciones durante un tiempo prolongado de 24 horas y el peso residual es 100 % en su totalidad. Se puede demostrar que la resina epoxi que contiene carbonato sintetizada mediante la presente divulgación
15 tiene la degradabilidad única y contribuye considerablemente al reciclaje y la reducción de residuos de materiales

En conclusión, la resina epoxi bifuncional o multifuncional que contiene carbonato de la presente divulgación se obtiene mediante una reacción de un paso simple. Este método de preparación puede utilizar los compuestos de policarbonato o carbonato residuales reciclados como materias primas especialmente y la eficiencia atómica es elevada, lo que es
20 favorable para reducir los residuos de policarbonato. Además, con la resina epoxi que contiene carbonato de la presente divulgación se puede realizar la reacción de curado con el agente de curado para obtener el producto curable epoxi con excelentes propiedades y esta tiene una excelente degradación química, lo que puede reducir la emisión de residuos plásticos termoestables y conseguir el objetivo de utilización sostenible.

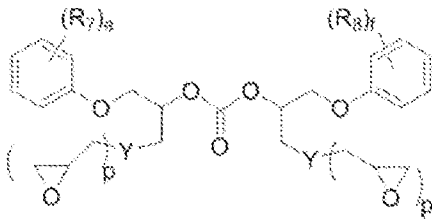
REIVINDICACIONES

1. Una resina epoxi que contiene carbonato, **caracterizada por que** comprende una estructura representada por la Fórmula (I) o la Fórmula (II):

5



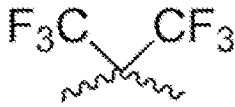
Fórmula (I),



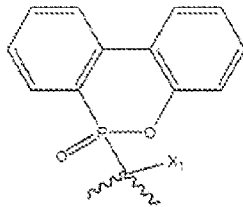
Fórmula (II);

10 en donde R₁, R₂, R₇ y R₈ son cada uno independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, un grupo alilo, un grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, un grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono o un átomo de halógeno, a y b son cada uno independientemente un número entero de 0 a 4, e y f son cada uno independientemente un número entero de 0 a 5;

15 en donde X es un enlace sencillo, un grupo alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, un grupo cicloalquilo de 3 a 12 átomos de carbono, un átomo de oxígeno, un átomo de azufre, un grupo sulfonilo, un grupo tionilo, un grupo acilo, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono, un grupo fluorenilo o una estructura representada por la Fórmula (i) o la Fórmula (ii):



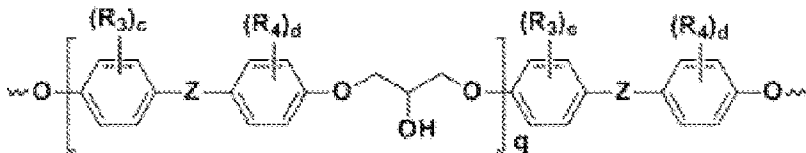
Fórmula (i),



Fórmula (ii);

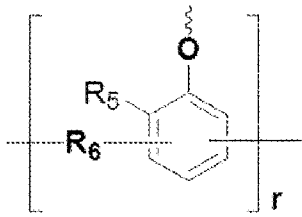
20 en donde X₁ es el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono o el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono;

en donde Y es una cadena de alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, una cadena de éter alquílico de 1 a 12 átomos de carbono, isocianurato o una estructura representada por la Fórmula (iii), la Fórmula (iv) o la Fórmula (v):

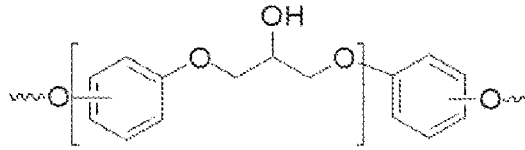


Fórmula (iii),

25



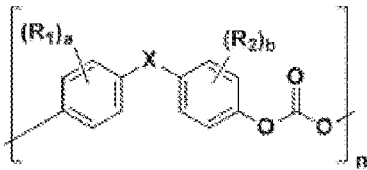
Fórmula (iv).



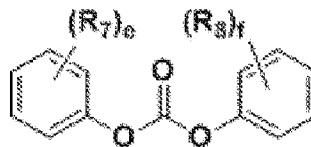
Fórmula (v);

5 en donde R_3 y R_4 son cada uno independientemente el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo alilo, el grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono o el átomo de halógeno, R_5 es el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo alilo o el grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, R_6 es un grupo metileno, un grupo alquilo de 5 a 12 átomos de carbono o un grupo cicloalquilo de 5 a 12 átomos de carbono, c y d son cada uno independientemente un número entero de 0 a 4; en donde Z es el enlace sencillo, el grupo alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, el grupo cicloalquilo de 3 a 12 átomos de carbono, el átomo de oxígeno, el átomo de azufre, el grupo sulfonilo, el grupo tionilo, el grupo acilo, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono, un grupo fluorenilo o una estructura representada por la Fórmula (i) o la Fórmula (ii); en donde n es un grado de polimerización y $1 \leq n \leq 500$, p es un número entero de 1 a 11, q es un número entero de 0 a 20 y r es un número entero de 1 a 15.

15 2. Un método de fabricación de una resina epoxi que contiene carbonato (100), **caracterizado por que** comprende: disposición de una estructura aromática que contiene carbonato (110), en donde la estructura aromática que contiene carbonato comprende una estructura representada por la Fórmula (A1) o la Fórmula (A2):



Fórmula (A1),



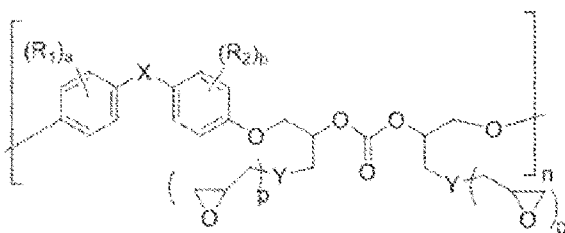
Fórmula (A2);

20 disposición de una estructura que contiene un grupo epoxi (120), en donde la estructura que contiene un grupo epoxi comprende una estructura representada por la Fórmula (B):



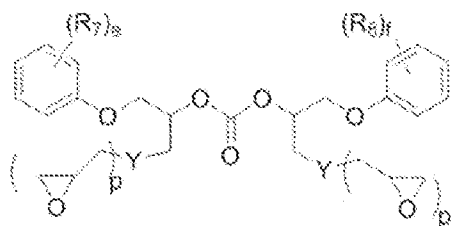
Fórmula (B);

25 y realización de un paso de catálisis (130), en donde la estructura aromática que contiene un grupo carbonato se mezcla con la estructura que contiene un grupo epoxi, y después en una catálisis de un catalizador para obtener una resina epoxi que contiene un grupo carbonato, que comprende una estructura representada por la Fórmula (I) o la Fórmula (II):



Fórmula (I),

30



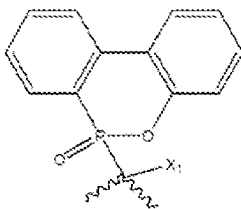
Fórmula (II);

en donde R₁, R₂, R₇ y R₈ son cada uno independientemente un átomo de hidrógeno, un grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, un grupo alilo, un grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, un grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono o un átomo de halógeno, a y b son cada uno independientemente un número entero de 0 a 4, e y f son cada uno independientemente un número entero de 0 a 5;

en donde X es un enlace sencillo, un grupo alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, un grupo cicloalquilo de 3 a 12 átomos de carbono, un átomo de oxígeno, un átomo de azufre, un grupo sulfonilo, un grupo tionilo, un grupo acilo, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono, un grupo fluorenilo o una estructura representada por la Fórmula (i) o la Fórmula (ii):



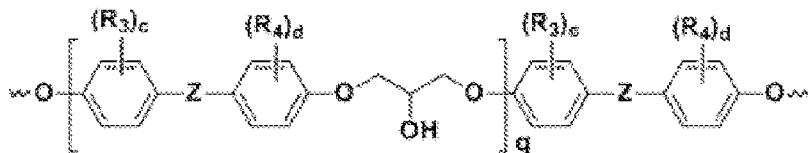
Fórmula (i),



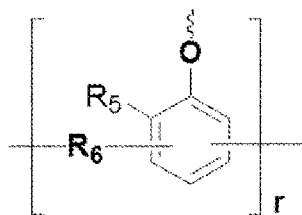
Fórmula (ii);

en donde X₁ es el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono o el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono;

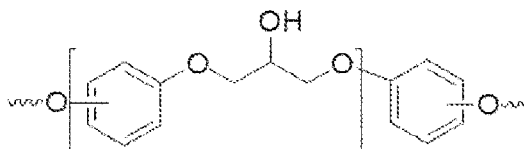
en donde Y es una cadena de alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, una cadena de éter alquílico de 1 a 12 átomos de carbono, isocianurato o una estructura representada por la Fórmula (iii), la Fórmula (iv) o la Fórmula (v):



Fórmula (iii),



Fórmula (iv),



Fórmula (v);

en donde R₃ y R₄ son cada uno independientemente el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo alilo, el grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono o el átomo de halógeno, R₅ es el átomo de hidrógeno, el grupo alquilo de 1 a 6 átomos de carbono, el grupo alilo o el grupo alcoxi de 1 a 6 átomos de carbono, R₆ es un grupo metileno, un grupo alquilo de 5 a 12 átomos de carbono o un grupo cicloalquilo de 5 a 12 átomos de carbono, c y d son cada uno independientemente un número entero de 0 a 4;

en donde Z es el enlace sencillo, el grupo alquilo de 1 a 12 átomos de carbono, el grupo cicloalquilo de 3 a 12 átomos de carbono, el átomo de oxígeno, el átomo de azufre, el grupo sulfonilo, el grupo tionilo, el grupo acilo, el grupo arilo de 6 a 12 átomos de carbono, un grupo fluorenilo o una estructura representada por la Fórmula (i) o la Fórmula (ii);

en donde n es un grado de polimerización y 1 ≤ n ≤ 500, m es un número entero de 2 a 12, p es un número entero de 1 a 11, q es un número entero de 0 a 20 y r es un número entero de 1 a 15.

3. El método de fabricación de la resina epoxi que contiene carbonato (100) de la reivindicación 2, en donde el catalizador se selecciona a partir de un grupo que consiste en 4-dimetilaminopiridina, imidazol, piridina, 2-metilimidazol, 3-metilimidazol y 2-etil-4-metilimidazol.
- 5 4. El método de fabricación de la resina epoxi que contiene carbonato (100) de la reivindicación 2 o 3, en donde una cantidad añadida de catalizador oscila de 0,1 % en peso a 5 % en peso de una cantidad de la estructura que contiene un grupo epoxi.
- 10 5. El método de fabricación de la resina epoxi que contiene carbonato (100) de la reivindicación 2 a 4, en donde una relación de equivalencia de un grupo epoxi de la estructura que contiene un grupo epoxi respecto a un grupo carbonato de la estructura aromática que contiene un grupo carbonato es 1,3 a 10,0.
- 15 6. Un producto curable epoxi, que se obtiene mediante realización de una reacción de curado con la resina epoxi que contiene carbonato de la reivindicación 1.
7. El producto curable epoxi de la reivindicación 6, en donde la reacción de curado se completa mediante mezclado de la resina epoxi que contiene carbonato y un agente de curado y calentamiento.
- 20 8. El producto curable epoxi de la reivindicación 7, en donde el agente de curado es una resina fenólica, un compuesto de amina, un compuesto de éster activo, un compuesto de ácido carboxílico, un compuesto de éster de cianato, un compuesto de isocianato, un compuesto de anhídrido, benzoxazina, policarbonato o una mezcla de los mismos.
- 25 9. El producto curable epoxi de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en donde una temperatura de curado de la reacción de curado es 180°C a 240°C.
- 30 10. Un método de degradación de un producto curable epoxi (300), **caracterizado por que** comprende: disposición del producto curable epoxi (310) de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9; y realización de un paso de degradación (320), en donde un compuesto que contiene un grupo amina reacciona con el producto curable epoxi para degradar el producto curable epoxi.

100

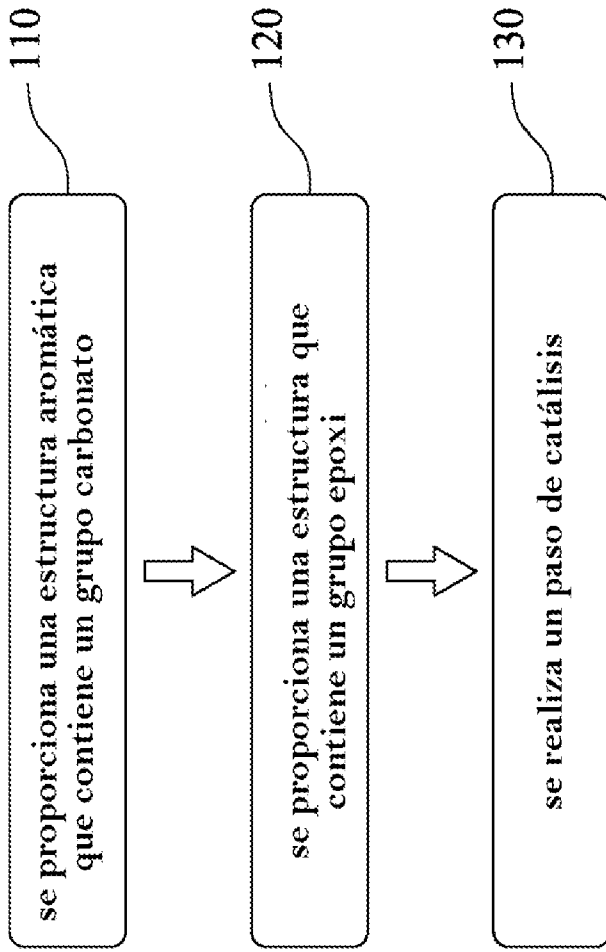


Fig. 1

200

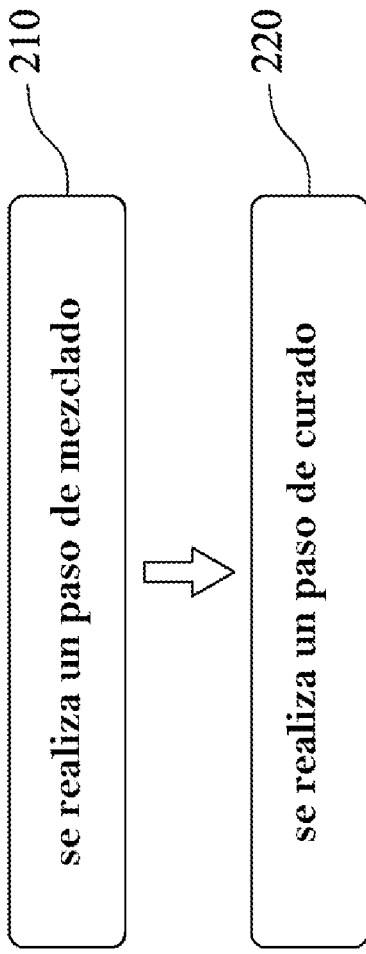


Fig. 2

300

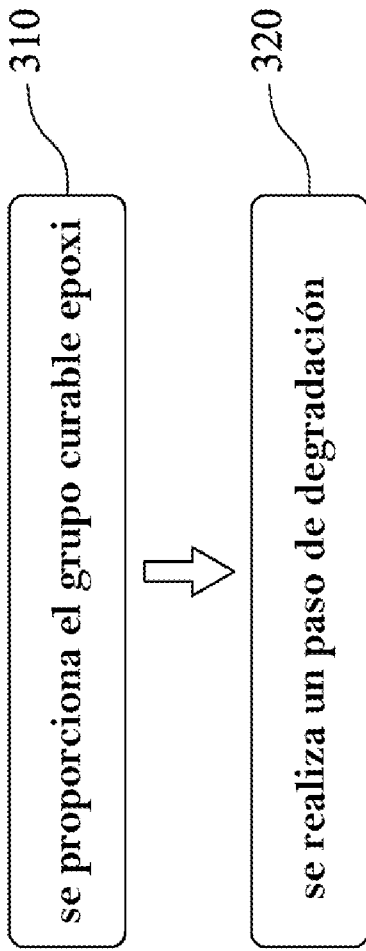
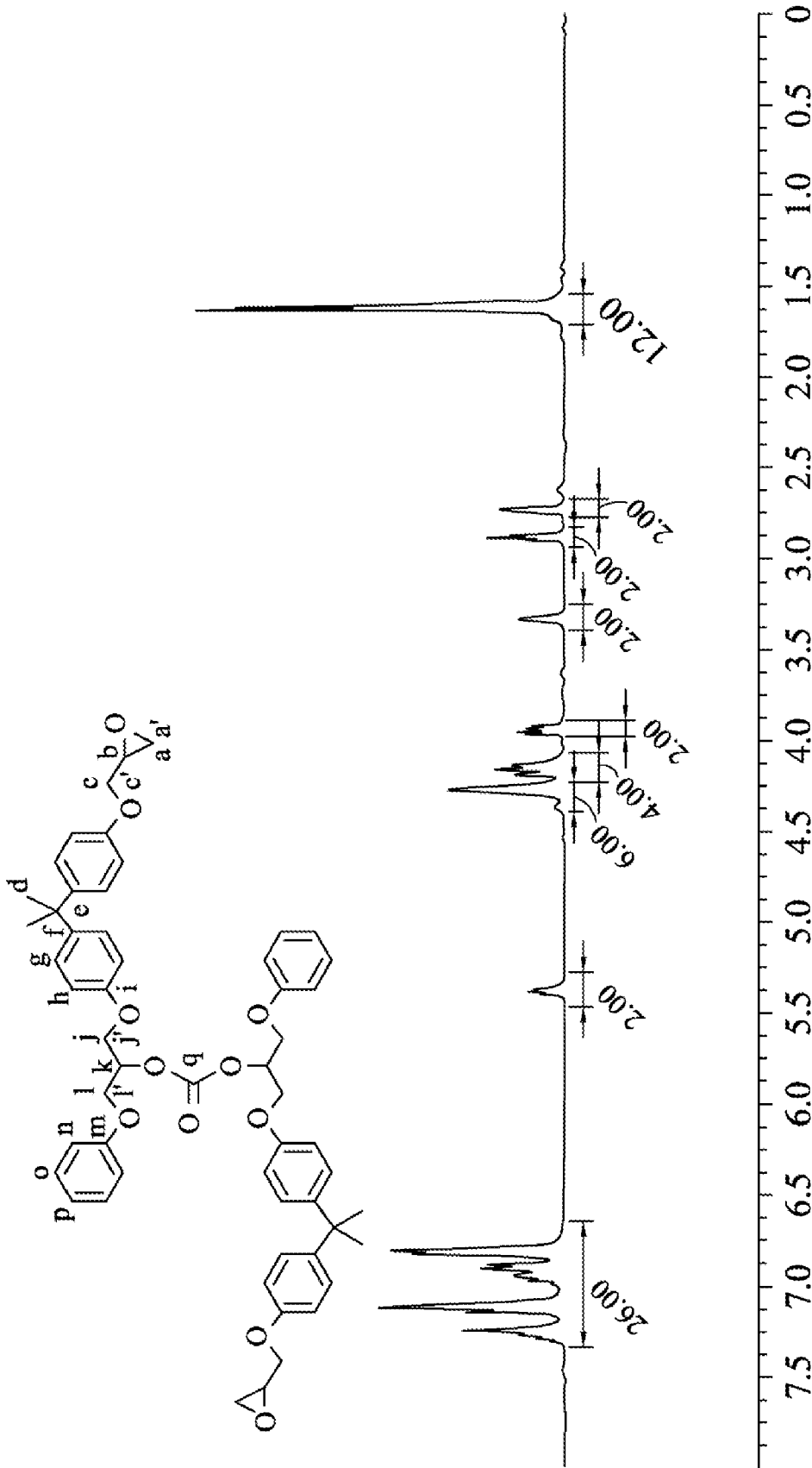


Fig. 3



Desplazamiento químico (ppm)

Fig. 4

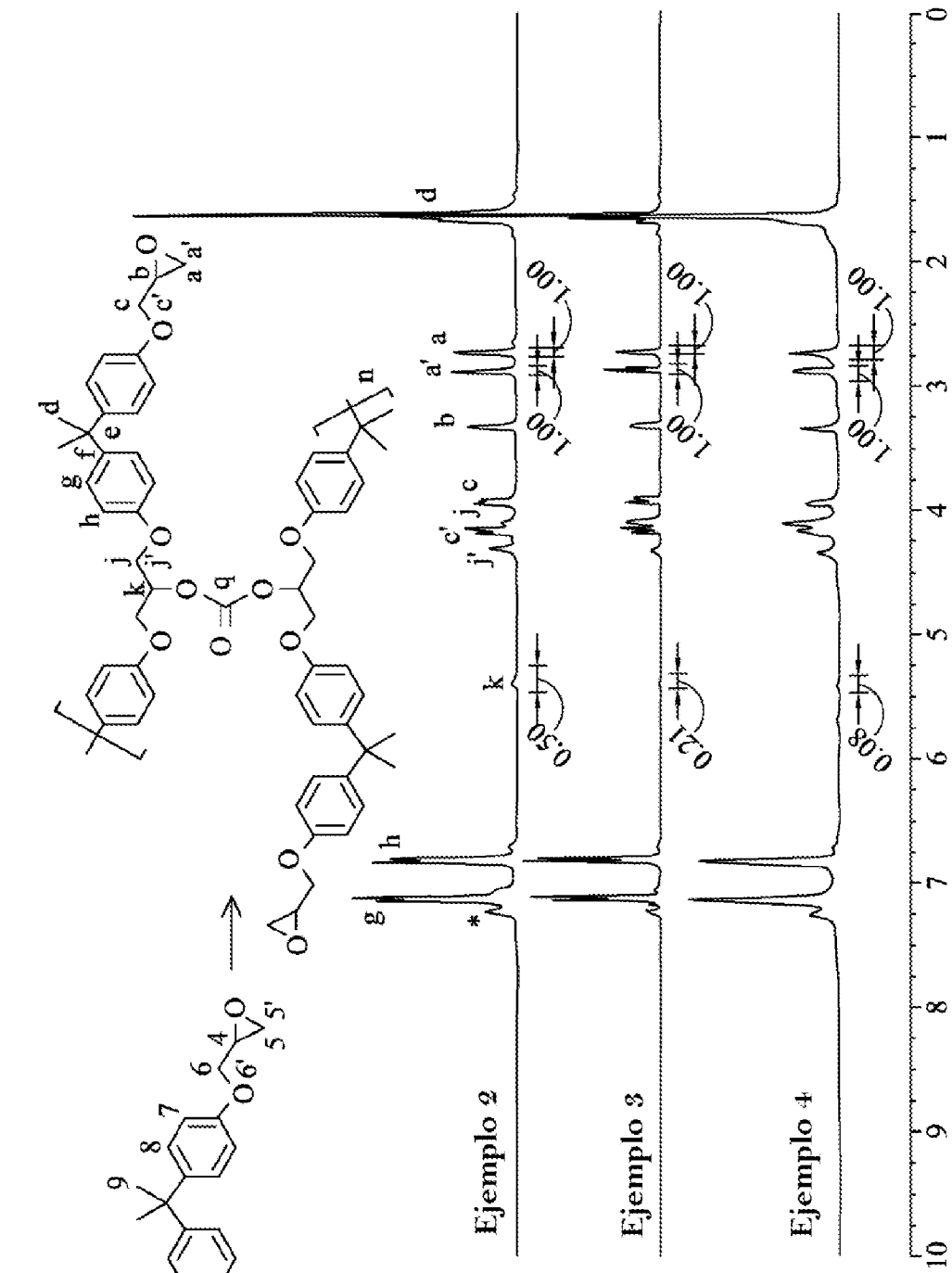
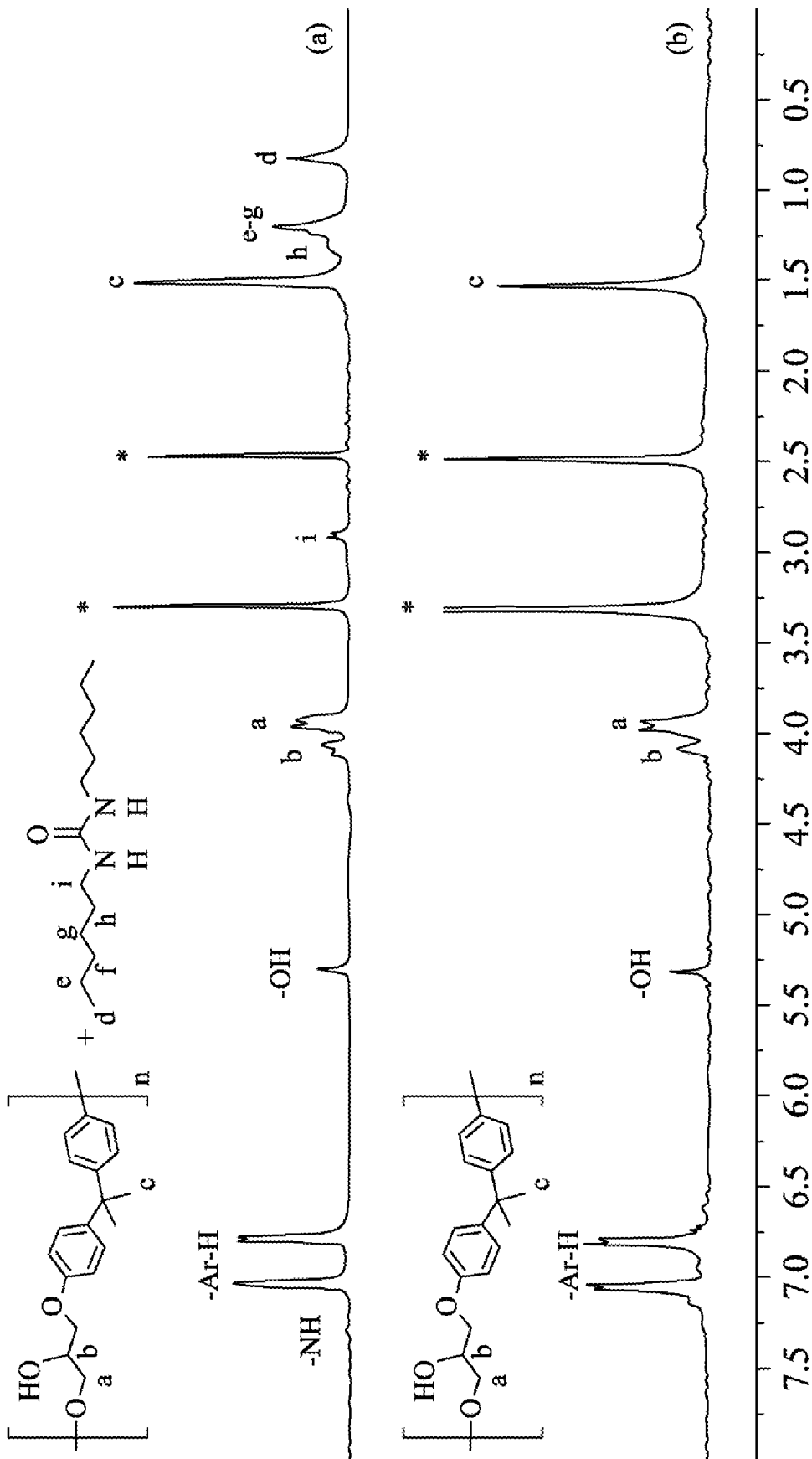


Fig. 5



Desplazamiento químico (ppm)

Fig. 6