

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 005 116**

51 Int. Cl.:

**H01M 10/0525** (2010.01)

**H01M 10/0567** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.09.2019** **E 21183436 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2024** **EP 3907801**

54 Título: **Electrolito y dispositivo electroquímico**

30 Prioridad:

**21.09.2018 CN 201811108529**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.03.2025**

73 Titular/es:

**NINGDE AMPEREX TECHNOLOGY LIMITED**  
**(100.00%)**

**No.1 Xingang Road, Zhangwan Town, Jiaocheng Zone**

**Ningde, Fujian 352100, CN**

72 Inventor/es:

**WANG, KEFEI;**

**ZENG, QIAO;**

**XIAO, LIANGZHEN y**

**WU, FEI**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

**ES 3 005 116 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**

Electrolito y dispositivo electroquímico

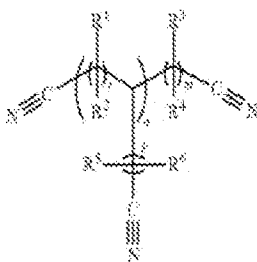
**5 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR****1. Sector de la invención**

10 La presente invención se refiere al sector técnico de las tecnologías de almacenamiento de energía, en particular, a un electrolito para una batería secundaria de litio, a un dispositivo electroquímico que contiene el electrolito y a un dispositivo electrónico que comprende el dispositivo electroquímico.

**2. Descripción de la técnica relacionada**

15 Con el rápido desarrollo de los dispositivos electrónicos y vehículos eléctricos, ha aumentado la necesidad de dispositivos electroquímicos de alta capacidad. Para aumentar la densidad capacitiva de los dispositivos electroquímicos, existe la necesidad de procedimientos eficaces para desarrollar dispositivos electroquímicos de alto voltaje.

20 La Patente US 2017/288268 A1 da a conocer un electrolito para una batería de litio recargable, comprendiendo el electrolito un disolvente orgánico que incluye un propionato de alquilo C3 a C5, una sal de litio y un compuesto representado por la fórmula:



25 en el que, en la fórmula, k, l y m son, independientemente, números enteros de 0 a 20, seleccionándose k, l y m, de manera que la fórmula química 1 tenga una estructura asimétrica, n es un número entero de 1 a 7, y R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup> y R<sup>6</sup> son, independientemente, hidrógeno, un grupo alquilo, un grupo alcoxi o un grupo fluoroalquilo.

30 En la actualidad, los dispositivos electroquímicos con un voltaje de trabajo por encima de 4,4 V se han convertido en un área de investigación candente en muchos institutos de investigación y empresas. Sin embargo, a voltajes elevados, aumenta la actividad de oxidación del material del electrodo positivo y la estabilidad disminuye, lo que hace que el electrolito se descomponga fácilmente en la superficie del electrodo positivo o cause el deterioro del material de la batería, lo que da como resultado una disminución de la capacidad de la batería. Para resolver los problemas anteriores, es necesario definitivamente dar a conocer un dispositivo electroquímico mejorado.

**35 CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION**

40 La presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas. Una realización de la presente solicitud da a conocer un electrolito para una batería secundaria de litio y un dispositivo electroquímico que contiene el electrolito, en el que el electrolito comprende un compuesto que comprende dos grupos ciano (en la presente memoria descriptiva, denominado también "un compuesto de dinitrilo"), un compuesto que comprende tres grupos ciano (en la presente memoria descriptiva, denominado también "un compuesto de trinitrilo") y propionato de propilo. El compuesto de dinitrilo puede formar una película protectora sobre el cátodo del dispositivo electroquímico, para inhibir la descomposición del disolvente en el dispositivo electroquímico. Sin embargo, dado que la propia película protectora se descompone en la superficie del cátodo a un potencial elevado, el efecto de inhibir la descomposición del disolvente no puede mantenerse durante mucho tiempo.

50 Los inventores de la presente invención descubrieron que, inesperadamente, utilizando una mezcla de un compuesto de dinitrilo, un compuesto de trinitrilo y propionato de propilo, se puede formar una película protectora firme que no se descompone fácilmente en la superficie del cátodo a un potencial elevado. El electrolito, según la realización de la presente solicitud, puede inhibir eficazmente el aumento de la resistencia interna de CC del dispositivo electroquímico.

55 Por consiguiente, el electrolito comprende un compuesto de dinitrilo, un compuesto de trinitrilo y propionato de propilo, en el que, basándose en el peso total del electrolito, el porcentaje en peso (X) del compuesto de

dinitrilo y el porcentaje en peso (Y) del compuesto de trinitrilo, basándose en el peso total de la solución de electrolito, cumplen las condiciones representadas por la fórmula (1) y la fórmula (2):

$$2 \% \text{ en peso} \leq (X + Y) \leq 8 \% \text{ en peso... (1);}$$

5

y

$$0,1 \leq (X/Y) \leq 6 \text{ (2).}$$

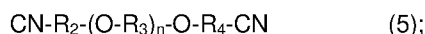
10 Según la presente invención:

$$0,01 \leq (Y/Z) \leq 0,3 \text{ (3);}$$

15 en la que, basándose en el peso total del electrolito, X es un porcentaje en peso del compuesto de dinitrilo e Y es un porcentaje en peso del compuesto de trinitrilo, y Z es un porcentaje en peso del propionato de propilo.

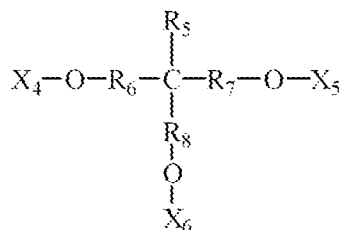
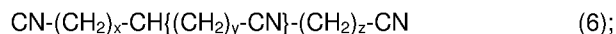
En la presente invención, el compuesto de dinitrilo comprende un compuesto de fórmula (5):

20



en el que R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> y R<sub>4</sub> son cada uno, independientemente, un grupo alquileo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono o un grupo alquenileno que tiene de 2 a 5 átomos de carbono, y n es un número entero de 0 a 5;

25 el compuesto de trinitrilo comprende un compuesto de fórmulas (6) o (7):



(7);

30

o una combinación de las mismas, en el que en la fórmula (6), x, y y z representan un número entero de 0 a 5, y x, y y z no son 0 al mismo tiempo; y en la fórmula (7), R<sub>5</sub> representa hidrógeno o un grupo alquilo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono, R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub> y R<sub>8</sub> son cada uno, independientemente, un grupo alquileo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono, y X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub> y X<sub>6</sub> son cada uno, independientemente, -R<sub>9</sub>-CN, en el que R<sub>9</sub> representa un grupo alquileo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono.

35

Según una realización de la presente solicitud, el porcentaje en peso del compuesto de dinitrilo es X, y X es del 0,01-10 % en peso; el porcentaje en peso del compuesto de trinitrilo es Y, e Y es del 0,01-10 % en peso; y el porcentaje en peso del propionato de propilo es Z, y Z es del 5-50 % en peso. El electrolito, según las realizaciones de la presente solicitud, puede inhibir eficazmente el aumento de la resistencia interna de CC del dispositivo electroquímico, logrando de este modo un mejor efecto.

40

Según una realización de la presente solicitud, el electrolito comprende, además, un fluoroéter, en el que, basándose en el peso total del electrolito, el contenido de fluoroéter es del 0,01-10 % en peso. El fluoroéter puede formar una película protectora mejor con el compuesto de trinitrilo, mejorando de este modo la resistencia interna de CC y el rendimiento de almacenamiento del dispositivo electroquímico.

45

Según una realización de la presente solicitud, el electrolito comprende, además, un anhídrido fosfónico cíclico en el que, basándose en el peso total del electrolito, el contenido del anhídrido fosfónico cíclico es del 0,01-10 % en peso. La adición del anhídrido fosfónico cíclico puede inhibir aún más el aumento de la resistencia interna de CC durante el ciclo.

50

Según una realización de la presente solicitud, el electrolito comprende, además, uno seleccionado entre el grupo que consiste en: un éster de carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono, un éster de carbonato alifático fluorado, un éster de carbonato cíclico fluorado, un compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno y cualquier combinación de los mismos. Estos compuestos pueden formar una película protectora firme que no se descompone fácilmente en la interfase del electrodo con el compuesto de dinitrilo, el compuesto de trinitrilo y el propionato de propilo, inhibiendo de este modo aún más las reacciones

55

secundarias en el dispositivo electroquímico y reduciendo la caída de voltaje durante el almacenamiento del dispositivo electroquímico, para mejorar el rendimiento de almacenamiento a largo plazo y la fiabilidad del dispositivo electroquímico.

5 En otra realización, la presente solicitud da a conocer un dispositivo electroquímico y un dispositivo electrónico que utiliza el dispositivo electroquímico. El dispositivo electroquímico comprende electrodos y un electrolito que es cualquiera de los electrolitos descritos anteriormente.

10 Según una realización de la presente solicitud, el electrodo incluye un colector de corriente y un revestimiento sobre el colector de corriente. El revestimiento incluye un revestimiento de una cara y un revestimiento de doble cara. El revestimiento de una cara es un revestimiento formado mediante la aplicación de una suspensión sobre una superficie del colector de corriente. El revestimiento de doble cara es un revestimiento formado mediante la aplicación de una suspensión sobre dos superficies del colector de corriente, en el que cuando una superficie de una parte del colector de corriente se reviste con una suspensión para formar el revestimiento de una cara y las dos superficies opuestas de otra parte del colector de corriente se revisten para formar el revestimiento de doble cara, formando de este modo un electrodo con un revestimiento de una cara que tiene una densidad de compactación de electrodo D1, y el electrodo con el revestimiento de doble cara que tiene una densidad de compactación de electrodo D2, D1 y D2 cumplen la siguiente relación:  $0,8 \leq D1/D2 \leq 1,2$ .

20 Según una realización de la presente solicitud, los electrodos incluyen un cátodo y un ánodo, en los que para el cátodo,  $3,5 \text{ g/cm}^3 \leq D2 \leq 4,3 \text{ g/cm}^3$ ; en los que para el ánodo,  $1,2 \text{ g/cm}^3 \leq D2 \leq 1,8 \text{ g/cm}^3$ .

25 En el dispositivo electroquímico, según las realizaciones de la presente solicitud, cuando el electrolito del dispositivo electroquímico comprende un compuesto que comprende dos grupos ciano, un compuesto que comprende tres grupos ciano, y propionato de propilo, y las densidades de compactación de los electrodos satisfacen las relaciones anteriores, el electrodo puede tener una buena conductividad eléctrica, se ejercen bien los efectos de los materiales catódicos y anódicos activos, lo cual es importante para controlar la expansión de los dispositivos electroquímicos. Por lo tanto, el dispositivo electroquímico, según las realizaciones de la presente solicitud, consigue una alta densidad capacitiva y tiene excelentes rendimientos de ciclo y almacenamiento.

35 En otra realización, la presente solicitud da a conocer un dispositivo electrónico que incluye el dispositivo electroquímico.

En la descripción siguiente, se describirán, ilustrarán o explicarán parcialmente aspectos y ventajas adicionales de las realizaciones de la presente solicitud, o se explicarán por medio de ejemplos.

#### 40 **DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS DIBUJOS**

La presente invención se describirá según los dibujos adjuntos, en los que:

45 Los dibujos necesarios para describir las realizaciones de la presente solicitud o de la técnica anterior serán descritos brevemente, a continuación, para facilitar la descripción de las realizaciones de la presente solicitud. Obviamente, los dibujos de la siguiente descripción son solo una parte de las realizaciones de la presente solicitud. Para los expertos en la materia, se pueden obtener dibujos de otras realizaciones según las estructuras ilustradas en los dibujos sin esfuerzos creativos.

50 La figura 1a muestra las resistencias internas de CC de baterías nuevas de los ejemplos de referencia S1-1 y S1-2 de la presente solicitud y del ejemplo comparativo D1-1 en diferentes estados de carga (10 % EDC, 20 % EDC y 70 % EDC).

55 La figura 1b muestra las resistencias internas de CC de baterías de los ejemplos de referencia S1-1 y S1-2 de la presente solicitud y el ejemplo comparativo D1-1 en diferentes estados de carga (10 % EDC, 20 % EDC y 70 % EDC) después de 200 ciclos de carga y descarga.

60 La figura 1c muestra las resistencias internas de CC de baterías de los ejemplos de referencia S1-1 y S1-2 de la presente solicitud y el ejemplo comparativo D1-1 en diferentes estados de carga (10 % EDC, 20 % EDC y 70 % EDC) después de 400 ciclos de carga y descarga.

La figura 2 es una vista que muestra esquemáticamente la estructura de un electrodo A con un revestimiento de una sola cara de la presente solicitud.

65 La figura 3 es una vista que muestra esquemáticamente la estructura de un electrodo B con un revestimiento de doble cara de la presente solicitud.

La figura 4 es una vista que muestra esquemáticamente la estructura de un electrodo C con un revestimiento de una cara y un revestimiento de doble cara de la presente solicitud.

#### REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA PRESENTE SOLICITUD

5 Las realizaciones de la presente solicitud se describirán, a continuación, en detalle. A lo largo de la memoria descriptiva de la presente solicitud, los componentes iguales o similares y los componentes que tienen funciones iguales o similares se indican mediante números de referencia similares. Las realizaciones descritas en la presente memoria descriptiva con respecto a las figuras son explicativas e ilustrativas, y se  
10 proporcionan para facilitar la comprensión básica de la presente solicitud. Las realizaciones de la presente solicitud no deben interpretarse como limitaciones de la presente solicitud. A menos que se indique expresamente lo contrario, los siguientes términos utilizados en la presente memoria descriptiva tienen los significados que se indican a continuación.

15 Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término “aproximadamente” se utiliza para describir y representar variaciones menores. Cuando se utiliza en relación con un evento o una circunstancia, el término puede referirse a un ejemplo en el que el evento o la circunstancia ocurre exactamente, y un ejemplo en el que el evento o la circunstancia ocurre aproximadamente. Por ejemplo, cuando se utiliza en relación con un valor, el término puede referirse a un intervalo de variación menor o igual a  $\pm 10\%$  del valor establecido,  
20 tal como menor o igual a  $\pm 5\%$ , menor o igual a  $\pm 4\%$ , menor o igual a  $\pm 3\%$ , menor o igual a  $\pm 2\%$ , menor o igual a  $\pm 1\%$ , menor o igual a  $\pm 0,5\%$ , menor o igual a  $\pm 0,1\%$ , o menor o igual a  $\pm 0,05\%$ . En la presente solicitud, además, las cantidades, las proporciones y otros valores a veces se presentan en un formato de intervalo. Debe entenderse que dicho formato de intervalo se proporciona por conveniencia y simplicidad, y debe entenderse que de manera flexible incluye no solo los valores numéricos que se definen explícitamente  
25 en el intervalo, sino también todos los valores individuales o subintervalos que se incluyen en el intervalo, como si cada valor y subintervalo estuvieran especificados explícitamente.

Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, “hidrocarbilo” cubre grupos alquilo, alqueno y alquínilo. Por ejemplo, el hidrocarbilo puede ser una estructura hidrocarbonada de cadena lineal que tiene  
30 de 1 a 20 átomos de carbono. El grupo hidrocarbonado también puede ser una estructura hidrocarbonada ramificada o cíclica que tiene de 3 a 20 átomos de carbono. Cuando se define un grupo hidrocarbonado que tiene un número específico de átomos de carbono, puede cubrir todos los isómeros geométricos que tienen el número de carbonos. El grupo hidrocarbonado de la presente memoria descriptiva también puede ser un grupo hidrocarbonado que tiene de 1 a 15 átomos de carbono, un grupo hidrocarbonado que tiene de 1 a 10 átomos de carbono, un grupo hidrocarbonado que tiene de 1 a 5 átomos de carbono, un grupo hidrocarbonado que tiene de 5 a 20 átomos de carbono, un grupo hidrocarbonado que tiene de 5 a 15 átomos de carbono o un grupo hidrocarbonado que tiene de 5 a 10 átomos de carbono. Además, el grupo hidrocarbonado puede estar opcionalmente sustituido. Por ejemplo, el grupo hidrocarbonado puede estar sustituido con halógeno incluyendo flúor, cloro, bromo y yodo, un grupo alquilo, un grupo arilo o un grupo heteroarilo.  
40

Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el “grupo alquilo” puede ser una estructura hidrocarbonada saturada lineal que tiene de 1 a 20 átomos de carbono. El grupo alquilo también puede ser una estructura hidrocarbonada cíclica o ramificada que tiene de 3 a 20 átomos de carbono. Por ejemplo, el grupo alquilo puede ser un grupo alquilo que tiene 1-20 átomos de carbono, un grupo alquilo que tiene 1-10 átomos de carbono, un grupo alquilo que tiene 1-5 átomos de carbono, un grupo alquilo que tiene 5-20 átomos de carbono, un grupo alquilo que tiene 5-15 átomos de carbono, o grupo alquilo que tiene 5-10 átomos de carbono. Cuando se define un grupo alquilo que tiene un número específico de átomos de carbono, puede cubrir todos los isómeros geométricos que tienen el número de carbonos. Por lo tanto, por ejemplo, “butilo” significa n-butilo, sec-butilo, isobutilo, terc-butilo y ciclobutilo; y “propilo” incluye n-propilo, isopropilo y ciclopropilo. Entre los ejemplos del grupo alquilo se incluyen, sin limitación a los mismos, metilo, etilo, n-propilo, isopropilo, ciclopropilo, n-butilo, isobutilo, sec-butilo, terc-butilo, ciclobutilo, n-pentilo, isoamilo, neopentilo, ciclopentilo, metilciclopentilo, etilciclopentilo, n-hexilo, isohexilo, ciclohexilo, n-heptilo, octilo, ciclopropilo, ciclobutilo, norbornanilo, etc. Además, el grupo alquilo puede estar, opcionalmente, sustituido.  
50

Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término “grupo alquilenilo” significa un grupo hidrocarbonado saturado divalente lineal o ramificado. Por ejemplo, el grupo alquilenilo puede ser un grupo alquilenilo que tiene 1-20 átomos de carbono, un grupo alquilenilo que tiene 1-15 átomos de carbono, un grupo alquilenilo que tiene 1-10 átomos de carbono, un grupo alquilenilo que tiene 1-5 átomos de carbono, un grupo alquilenilo que tiene 5-20 átomos de carbono, un grupo alquilenilo que tiene 5-15 átomos de carbono, o un grupo alquilenilo que tiene 5-10 átomos de carbono. Entre los grupos alquilenilo representativos se incluyen, por ejemplo, metileno, etano-1,2-diílo (“etileno”), propano-1,2-diílo, propano-1,3-diílo, butano-1,4-diílo, pentano-1,5-diílo y similares. Además, el grupo alquilenilo puede estar, opcionalmente, sustituido.  
60

65 Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término “grupo alquenileno” cubre grupos alquenileno tanto lineales como ramificados. Cuando se define un grupo alquenileno que tiene un número

- específico de átomos de carbono, puede cubrir todos los isómeros geométricos que tienen el número de carbonos. Por ejemplo, el grupo alquenileno puede ser un grupo alquenileno que tiene 2-20 átomos de carbono, un grupo alquenileno que tiene 2-15 átomos de carbono, un grupo alquenileno que tiene 2-10 átomos de carbono, un grupo alquenileno que tiene 2-5 átomos de carbono, un grupo alquenileno que tiene 5-20 átomos de carbono, un grupo alquenileno que tiene 5-15 átomos de carbono, o un grupo alquenileno que tiene 5-10 átomos de carbono. Entre los grupos alquenileno representativos se incluyen, por ejemplo, etenileno, propenileno, butenileno y similares. Además, el grupo alquenileno puede estar, opcionalmente, sustituido.
- Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término "arilo" abarca tanto sistemas monocíclicos como policíclicos. Un anillo policíclico puede tener dos o más anillos en los que dos carbonos están compartidos por dos anillos adyacentes (donde los anillos están "fusionados"), en los que, como mínimo, uno de los anillos es aromático y los otros anillos pueden ser, por ejemplo, un grupo cicloalquilo, un grupo cicloalquenilo, un grupo arilo, un grupo heterocíclico y/o un grupo heteroarilo. Por ejemplo, el grupo arilo puede ser un grupo arilo C<sub>6</sub>-C<sub>50</sub>, un grupo arilo C<sub>6</sub>-C<sub>40</sub>, un grupo arilo C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo arilo C<sub>6</sub>-C<sub>20</sub> o un grupo arilo C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>. Entre los grupos arilo representativos se incluyen, por ejemplo, fenilo, metilfenilo, propilfenilo, isopropilfenilo, bencilo y naftalen-1-ilo, naftalen-2-ilo y similares. Además, el grupo arilo puede estar, opcionalmente, sustituido.
- Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el término "grupo heteroarilo" cubre un grupo heteroaromático monocíclico que puede incluir de uno a tres heteroátomos, por ejemplo, pirrol, furano, tiofeno, imidazol, oxazol, tiazol, triazol, pirazol, piridina, pirazina, pirimidina y similares. El término grupo heteroarilo incluye también un sistema heteroaromático policíclico que tiene dos o más anillos en los que dos átomos están compartidos por dos anillos adyacentes (donde los anillos están "fusionados"), en el que, como mínimo, uno de los anillos es un grupo heteroarilo, y los otros anillos pueden ser un grupo cicloalquilo, un grupo cicloalquenilo, un grupo arilo, un grupo heterocíclico y/o un grupo heteroarilo. El heteroátomo del grupo heteroarilo puede ser, por ejemplo, O, S, N, Se, etc. Por ejemplo, el grupo heteroarilo puede ser un grupo heteroarilo C<sub>2</sub>-C<sub>50</sub>, un grupo heteroarilo C<sub>2</sub>-C<sub>40</sub>, un grupo heteroarilo C<sub>2</sub>-C<sub>30</sub>, un grupo heteroarilo C<sub>2</sub>-C<sub>20</sub> o un grupo heteroarilo C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>. Además, el grupo arilo puede estar, opcionalmente, sustituido.
- Cuando los sustituyentes anteriores están sustituidos, el sustituyente se selecciona entre el grupo que consiste en halógeno, un grupo alquilo, un grupo cicloalquilo, un grupo alquenilo, un grupo arilo, y un grupo heteroarilo.
- Tal como se utiliza en la presente memoria descriptiva, el contenido de cada componente se obtiene basándose en el peso total del electrolito.

#### I. Electrolito

- Una realización de la presente solicitud da a conocer un electrolito para una batería secundaria de litio, que comprende un electrolito y un disolvente en el que se disuelve el electrolito. Es una de las principales características del electrolito de la presente solicitud que el electrolito comprenda un compuesto de dinitrilo, un compuesto de trinitrilo y propionato de propilo, en el que, basándose en el peso total del electrolito, el porcentaje en peso del es X y el porcentaje en peso del compuesto de trinitrilo es Y, y X e Y cumplen las condiciones representadas por la fórmula (1) y la fórmula (2):

$$2 \% \text{ en peso} \leq (X + Y) \leq 8 \% \text{ en peso} \dots (1);$$

y,

$$0,1 \leq (X/Y) \leq 6 \dots (2).$$

- En algunas realizaciones, X e Y cumplen, de manera simultánea,  $3 \% \text{ en peso} \leq (X + Y) \leq 6 \% \text{ en peso}$  y  $0,2 \leq (X/Y) \leq 5$ . En algunas realizaciones, X e Y cumplen, de manera simultánea,  $4 \% \text{ en peso} \leq (X + Y) \leq 5 \% \text{ en peso}$  y  $0,3 \leq (X/Y) \leq 4$ . En algunas realizaciones, X e Y cumplen, de manera simultánea,  $2 \% \text{ en peso} \leq (X + Y) \leq 5 \% \text{ en peso}$  y  $0,1 \leq (X/Y) \leq 1$ .

- Según la presente invención, basándose en el peso total del electrolito, el porcentaje en peso del compuesto de trinitrilo es Y y el porcentaje en peso del propionato de propilo es Z, e Y y Z cumplen la condición representada por la fórmula (3):

$$0,01 \leq (Y/Z) \leq 0,3 \dots (3).$$

- En algunas realizaciones, Y y Z cumplen  $0,01 \leq (Y/Z) \leq 0,2$ . En algunas realizaciones, Y y Z cumplen  $0,02 \leq (Y/Z) \leq 0,1$ .

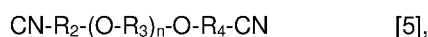
En algunas realizaciones, el porcentaje en peso del compuesto de dinitrilo es del 0,01-7,99 % en peso. En algunas realizaciones, el porcentaje en peso del compuesto de dinitrilo no es menor del 0,01 % en peso, no es menor del 0,1 % en peso, no es menor del 0,3 % en peso o no es menor del 0,5 % en peso. En algunas realizaciones, el porcentaje en peso del compuesto de dinitrilo no es mayor del 7,99 % en peso o no es mayor del 6 % en peso.

En algunas realizaciones, el porcentaje en peso del compuesto de trinitrilo es del 0,01-7,99 % en peso. En algunas realizaciones, el porcentaje en peso del compuesto de trinitrilo no es menor del 0,01 % en peso, no es menor del 0,1 % en peso, no es menor del 0,3 % en peso o no es menor del 0,5 % en peso. En algunas realizaciones, el porcentaje en peso del compuesto de trinitrilo no es mayor del 7,99 % en peso, no es mayor del 5 % en peso, no es mayor del 4 % en peso o no es mayor del 3 % en peso.

En algunas realizaciones, el porcentaje en peso del propionato de propilo es del 5-50 % en peso. En algunas realizaciones, el porcentaje en peso (Z) del propionato de propilo es del 5-40 % en peso, del 10-40 % en peso, del 10-30 % en peso, del 20-50 % en peso, del 20-40 % en peso, del 20-30 % en peso o del 25-30 % en peso.

**Compuesto que comprende dos grupos ciano (compuesto de dinitrilo)**

El compuesto de dinitrilo, según la presente invención, incluye un compuesto de fórmula [5] y puede contener, adicionalmente, un compuesto de fórmula [4]:



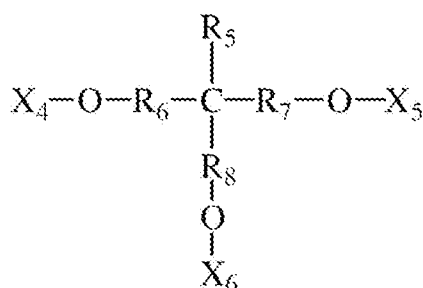
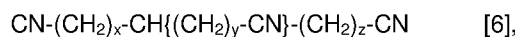
en el que en la fórmula [5], R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> y R<sub>4</sub> son cada uno, independientemente, un alquileo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono o un grupo alquileo que tiene de 2 a 5 átomos de carbono, y n es un número entero de 0 a 5, y en el que en la fórmula [4], R<sub>1</sub> representa un grupo alquileo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono o un grupo alquilenilo que tiene de 2 a 5 átomos de carbono.

En algunas realizaciones, el compuesto de dinitrilo de la presente solicitud puede incluir un compuesto de fórmula [5], que se selecciona entre el grupo que consiste en 3,5-dioxa-pimelonitrilo, 1,4-bis(cianoetoxi)butano, bis(2-cianoetil)éter de etilenglicol, bis(2-cianoetil)éter de dietilenglicol, bis(2-cianoetil)éter de trietilenglicol, bis(2-cianoetil)éter de tetraetilenglicol, 3,6,9,12,15,18-hexaoxaicosanoico dinitrilo, 1,3-bis(2-cianoetoxi)propano, 1,4-bis(2-cianoetoxi)butano, 1,5-bis(2-cianoetoxi)pentano, bis(4-cianobutil)éter de etilenglicol.

En algunas realizaciones, el compuesto de dinitrilo de la presente solicitud puede incluir un compuesto de fórmula [4], que se selecciona entre el grupo que consiste en butanodinitrilo, glutaronitrilo, adipodinitrilo, 1,5-dicianopentano, 1,6-dicianohexano, 1,7-dicianoheptano, 1,8-dicianooctano, 1,9-dicianononano, 1,10-dicianodecano, 1,12-dicianododecano, tetrametilbutanodinitrilo, 2-metilglutaronitrilo, 2,4-dimetilglutaronitrilo, 2,2,4,4-tetrametilglutaronitrilo, 1,4-dicianopentano, 2,6-dicianoheptano, 2,7-dicianooctano, 2,8-dicianononano, 1,6-dicianodecano, 1,2-dicianobenceno, 1,3-dicianobenceno, 1,4-dicianobenceno, 1,4-diciano-2-buteno, 1,4-diciano-2-metil-2-buteno, 1,4-diciano-2-etil-2-buteno, 1,4-diciano-2,3-dimetil-2-buteno, 1,4-diciano-2,3-dietil-2-buteno, 1,6-diciano-3-hexeno, 1,6-diciano-2-metil-3-hexeno o 1,6-diciano-2-metil-5-metil-3-hexeno. Los compuestos de dinitrilo se pueden utilizar solos o en combinación de dos o más de los mismos.

**Compuesto que comprende tres grupos ciano (compuesto de trinitrilo)**

Según la presente invención, el compuesto de trinitrilo incluye un compuesto de fórmula [6] o [7]:



[7],

o una combinación de los mismos,

en el que en la fórmula [6], x, y, y z representan un número entero de 0 a 5 y x, y, y z no son 0 al mismo tiempo; y

5

en la fórmula [7], R<sub>5</sub> es hidrógeno o un grupo alquilo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono; R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub> y R<sub>8</sub> son cada uno, independientemente, un grupo alquileo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono; y X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub> y X<sub>6</sub> son cada uno, independientemente, -R<sub>9</sub>-CN, en el que R<sub>9</sub> es un grupo alquileo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono.

10

En algunas realizaciones, el compuesto de trinitrilo de la presente solicitud es uno seleccionado entre el grupo que consiste en 1,3,5-pentanotricarbonitrilo, 1,2,3-propanotricarbonitrilo, 1,3,6-hexanotricarbonitrilo, 1,2,6-hexanotricarbonitrilo, 1,2,3-tris(2-cianoetoxi)propano, 1,2,4-tris(2-cianoetoxi)butano, 1,1,1-tris(cianoetoximetil)etano, 1,1,1-tris(cianoetoximetil)propano, 3-metil-1,3,5-tris(cianoetoxi)pentano, 1,2,7-tris(cianoetoxi)heptano, 1,2,6-tris(cianoetoxi)hexano o 1,2,5-tris(cianoetoxi)pentano. Los compuestos de trinitrilo se pueden utilizar solos o en combinación de dos o más de los mismos.

15

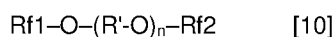
### Compuesto de fluoroéter

20

En algunas realizaciones, el compuesto de fluoroéter de la presente solicitud incluye, como mínimo, uno de los compuestos de fórmula [8], fórmula [9], fórmula [10] o fórmula [11]:

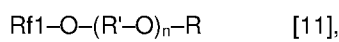


25



y

30



en el que en las fórmulas [8], [9], [10] y [11], Rf1 y Rf2 son cada uno, independientemente, un grupo fluoroalquilo C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub> lineal o ramificado, como mínimo, un átomo de hidrógeno del cual se sustituye con flúor, R es un grupo alquilo C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub> lineal o ramificado, y R' es un grupo alquileo C<sub>1</sub> a C<sub>5</sub> lineal o ramificado, y n es un número entero de 1 a 5.

35

En algunas realizaciones, el compuesto de fluoroéter de la presente solicitud es un compuesto de fórmula [8], fórmula [9], fórmula [10] o fórmula [11].

40

En algunas realizaciones, Rf1 o Rf2 es cada uno, independientemente, un grupo fluoroalquilo seleccionado entre el grupo que consiste en HCF<sub>2</sub>-, CF<sub>3</sub>-, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>-, CH<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>-, CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-, CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>-, (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH-, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-, CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-, CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-, CF<sub>3</sub>CFHCF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-, HCF<sub>2</sub>CF(CF<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>- y CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-.

45

El fluoroéter puede formar una película protectora mejor con el compuesto de trinitrilo, lo que mejora aún más la resistencia interna de CC y el rendimiento de almacenamiento de la batería.

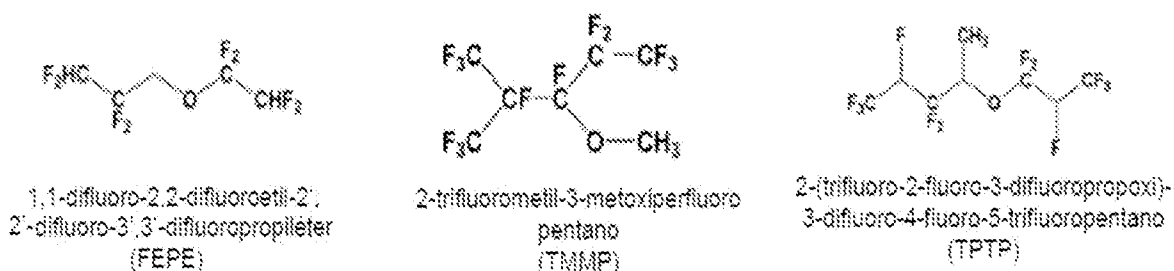
50

En algunas realizaciones, entre los fluoroéteres de la presente solicitud se incluyen, sin limitación a los mismos: HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H (FEPE), (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CFCF(CF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>)(OCH<sub>3</sub>) (TMMP), CF<sub>3</sub>CHF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCF<sub>2</sub>CHFCF<sub>3</sub> (TPTP), HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F, CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F, CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, FCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F, FCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F, CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>O(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub> o CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>. El fluoroéter se puede utilizar solo o en combinación de dos o más de los mismos.

55

Las fórmulas estructurales de FEPE, TMMP, y TPTP se muestran a continuación:

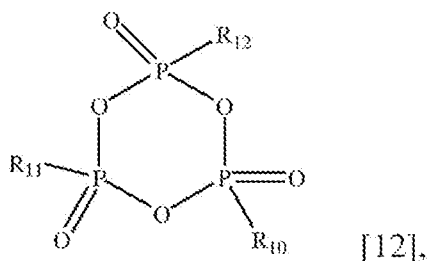
60



En algunas realizaciones, basándose en el peso total del electrolito, el contenido del fluoroéter no es menor del 0,01 % en peso, no es menor del 0,1 % en peso o no es menor del 0,5 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del fluoroéter no es mayor del 5 % en peso, no es mayor del 4 % en peso, no es mayor del 3 % en peso o no es mayor del 2 % en peso.

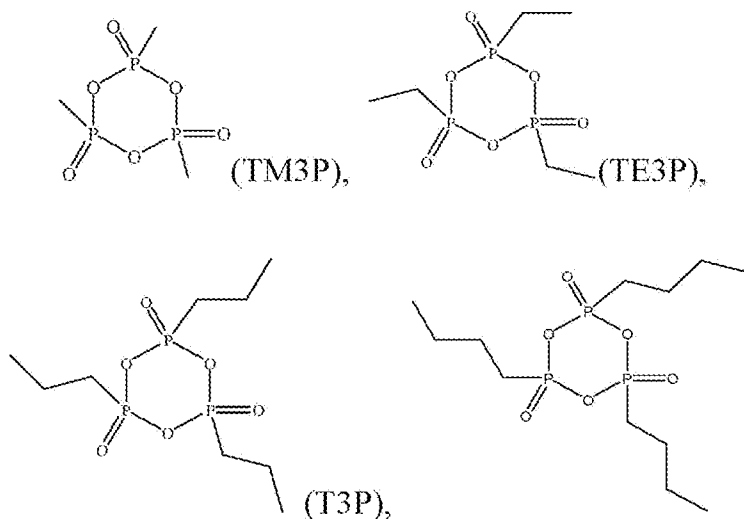
**Compuesto de anhídrido fosfónico cíclico**

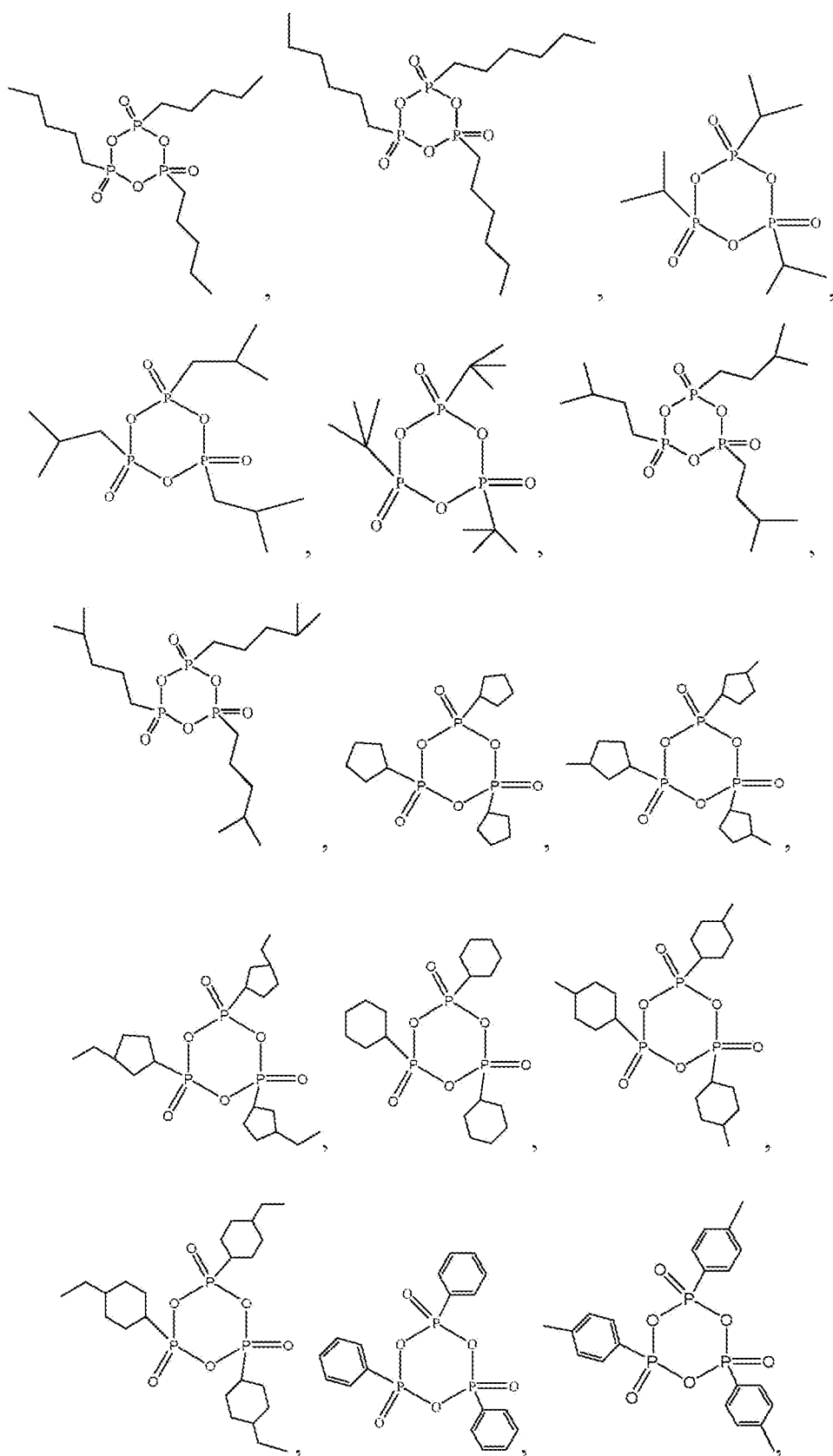
En algunas realizaciones, el anhídrido fosfónico cíclico, según la presente solicitud, incluye uno o más de los compuestos de fórmula [12]:

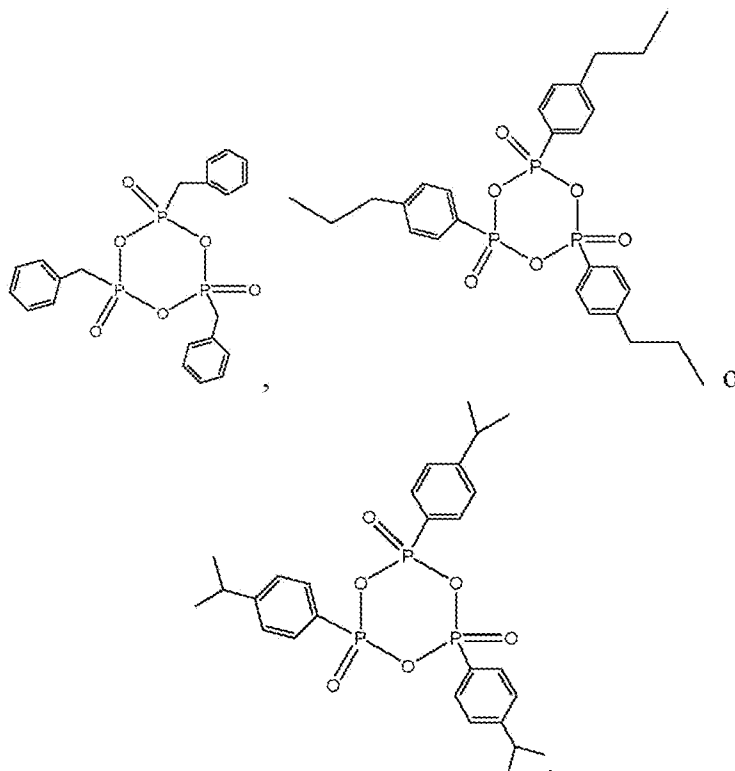


en el que en la fórmula [12], R<sub>10</sub>, R<sub>11</sub> y R<sub>12</sub> pueden ser cada uno, independientemente, hidrógeno; cada uno puede ser, independientemente, un grupo alquilo que tiene 1-20 átomos de carbono, por ejemplo, un grupo alquilo que tiene 1-15 átomos de carbono, un grupo alquilo que tiene 1-10 átomos de carbono, un grupo alquilo que tiene 1-5 átomos de carbono, un grupo alquilo que tiene 5-20 átomos de carbono, un grupo alquilo que tiene 5-15 átomos de carbono y un grupo alquilo que tiene 5-10 átomos de carbono; y cada uno puede ser, independientemente, un grupo arilo que tiene 6-50 átomos de carbono, por ejemplo, un grupo arilo que tiene 6-30 átomos de carbono, un grupo arilo que tiene 6-26 átomos de carbono, un grupo arilo que tiene 6-20 átomos de carbono, un grupo arilo que tiene 10-50 átomos de carbono, un grupo arilo que tiene 10-30 átomos de carbono, un grupo arilo que tiene 10-26 átomos de carbono o un grupo arilo que tiene 10-20 átomos de carbono, en el que R<sub>10</sub>, R<sub>11</sub> y R<sub>12</sub> pueden ser diferentes o iguales entre sí, o dos cualesquiera de ellos son iguales.

En algunas realizaciones, entre los compuestos anhídrido fosfónico cíclico de la presente solicitud se incluyen, sin limitación a los mismos, compuestos de fórmulas siguientes, que pueden utilizarse solos, o en combinación de dos o más de los mismos:







En algunas realizaciones, basándose en el peso total del electrolito, el contenido del anhídrido fosfónico cíclico no es menor del 0,01 % en peso o no es menor del 0,1 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del anhídrido fosfónico cíclico no es menor del 0,3 % en peso o no es menor del 0,5 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del anhídrido fosfónico cíclico no es mayor del 4 % en peso o no es mayor del 3 % en peso.

#### 10 Otros aditivos

El electrolito de la presente solicitud puede comprender, además, uno o más seleccionados entre el grupo que consiste en: un éster de carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono, un éster de carbonato alifático fluorado, un éster de carbonato cíclico fluorado, o un compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno.

En algunas realizaciones, entre los ésteres de carbonato cíclico que tienen un doble enlace carbono-carbono útiles en la presente solicitud se incluyen, sin limitación a los mismos: carbonato de vinileno, carbonato de metilvinileno, carbonato de etilvinileno, carbonato de 1,2-dimetilvinileno, carbonato de 1,2-dietilvinileno, carbonato de fluorovinileno y carbonato de trifluorometilvinileno; carbonato de viniletileno, carbonato de 1-metil-2-viniletileno, carbonato de 1-etil-2-viniletileno, carbonato de 1-n-propil-2-viniletileno, carbonato de 1-metil-2-viniletileno, carbonato de 1,1-diviniletileno y carbonato de 1,2-diviniletileno; y carbonato de 1,1-dimetil-2-metilen-etileno, y carbonato de 1,1-dietil-2-metilen-etileno. El éster de carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono puede utilizarse solo o en combinación de dos o más de los mismos.

En algunas realizaciones, basándose en el peso total del electrolito, el contenido del éster de carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono no es menor del 0,01 % en peso, no es menor del 0,1 % en peso o no es menor del 0,3 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del éster de carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono no es menor del 0,5 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del éster de carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono no es mayor del 5 % en peso, no es mayor del 3 % en peso o no es mayor del 1 % en peso.

En algunas realizaciones, entre los ésteres de carbonato alifáticos fluorados, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: carbonato de fluorometilmetilo, carbonato de difluorometilmetilo, carbonato trifluorometilmetilo, carbonato de trifluoroetilmetilo o carbonato de bis(trifluoroetilo). El éster de carbonato alifático fluorado se puede utilizar solo o en combinación de dos o más de los mismos.

En algunas realizaciones, basándose en el peso total del electrolito, el contenido del éster de carbonato alifático fluorado no es menor del 0,01 % en peso o no es menor del 0,1 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del éster de carbonato alifático fluorado no es menor del 0,3 % en peso. En

5 algunas realizaciones, el contenido del éster de carbonato alifático fluorado no es menor del 0,5 % en peso. En algunas otras realizaciones, el contenido del éster de carbonato alifático fluorado no es mayor del 3 % en peso o no es mayor del 5 % en peso. En algunas otras realizaciones, el contenido del éster de carbonato alifático fluorado no es mayor del 1 % en peso. En algunas realizaciones, entre los ésteres de carbonato  
 10 cíclico fluorado, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos, carbonato de fluoroetileno, carbonato de 4,4-difluoroetileno, carbonato de 4,5-difluoroetileno, carbonato de 4-fluoro-4-metiletileno, carbonato de 4,5-difluoro-4-metiletileno, carbonato de 4-fluoro-5-metiletileno, carbonato de 4,4-difluoro-5-metiletileno, carbonato de 4-(fluorometil)-etileno, carbonato de 4-(difluorometil)-etileno, carbonato de 4-(trifluorometil)-etileno, carbonato de 4-(fluorometil)-4-fluoroetileno, carbonato de 4-(fluorometil)-5-fluoroetileno, carbonato de 4-fluoro-4,5-dimetiletileno, carbonato de 4,5-difluoro-4,5-dimetiletileno y carbonato de 4,4-difluoro-5,5-dimetiletileno. Los ésteres de carbonato cíclicos fluorados pueden utilizarse solos o en combinación de dos o más de los mismos.

15 En algunas realizaciones, el contenido del éster de carbonato cíclico fluorado no es menor del 0,1 % en peso, basándose en el peso total del electrolito. En algunas realizaciones, el contenido del éster de carbonato fluorocíclico no es menor del 0,5 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del éster de carbonato cíclico fluorado no es menor del 2 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del éster de carbonato cíclico fluorado no es menor del 4 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del éster de carbonato cíclico fluorado no es mayor del 15 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del éster de carbonato  
 20 cíclico fluorado no es mayor del 10 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del éster de carbonato cíclico fluorado no es mayor del 8 % en peso.

25 En algunas realizaciones, entre los compuestos que tienen un doble enlace azufre-oxígeno, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: un éster de sulfato cíclico, un éster de sulfato alifático, un éster de sulfonato alifático, un éster de sulfonato cíclico, un éster de sulfito alifático, un éster de sulfito cíclico, una sulfona alifática, una sulfona cíclica, etc. El compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno puede utilizarse solo o en combinación de dos o más de los mismos.

30 En algunas realizaciones, basándose en el peso total del electrolito, el contenido del compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno no es menor del 0,01 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno no es menor del 0,1 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno no es menor del 0,3 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno no es menor del 0,5 % en peso. En algunas otras realizaciones, el contenido del compuesto que tiene un doble  
 35 enlace azufre-oxígeno no es mayor del 5 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno no es mayor del 4 % en peso. En algunas realizaciones, el contenido del compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno no es mayor del 3 % en peso.

40 En algunas realizaciones, entre los ésteres de sulfato cíclicos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: sulfato de 1,2-etilenglicol, sulfato de 1,2-propilenglicol, sulfato de 1,3-propilenglicol, sulfato de 1,2-butilenglicol, sulfato de 1,3-butilenglicol, sulfato de 1,4-butilenglicol, sulfato de 1,2-pentilenglicol, sulfato de 1,3-pentilenglicol, sulfato de 1,4-pentilenglicol y sulfato de 1,5-pentilenglicol. El éster de sulfato cíclico se puede utilizar solo o en combinación de dos o más de los mismos.

45 En algunas realizaciones, entre los ésteres de sulfato alifáticos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: un sulfato de dialquilo, tal como sulfato de dimetilo, sulfato de metiletilo y sulfato de dietilo. El éster de sulfato alifático se puede utilizar solo o en combinación de dos o más de los mismos.

50 En algunas realizaciones, entre los ésteres de sulfonato alifáticos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: fluorosulfonato de metilo, fluorosulfonato de etilo, metanosulfonato de metilo, metanosulfonato de etilo, dimesilato de butilo, 2-(metilsulfonilo)propionato de metilo, 2-(metilsulfonilo)propionato de etilo, metilsulfoniloacetato de metilo, metilsulfoniloacetato de etilo, metilsulfonato de fenilo y metilsulfonato de pentafluorofenilo. El éster de sulfonato alifático se puede utilizar solo o en combinación de dos o más de los mismos.  
 55

60 En algunas realizaciones, entre los ésteres de sulfonato cíclicos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: 1,3-propanosultona, 1-fluoro-1,3-propanosultona, 2-fluoro-1,3-propanosultona, 3-fluoro-1,3-propanosultona, 1-metil-1,3-propanosultona, 2-metil-1,3-propanosultona, 3-metil-1,3-propanosultona, 1-propeno-1,3-sultona, 2-propeno-1,3-sultona, 1-fluoro-1-propeno-1,3-sultona, 2-fluoro-1-propeno-1,3-sultona, 3-fluoro-1-propeno-1,3-sultona, 1-fluoro-2-propeno-1,3-sultona, 2-fluoro-2-propeno-1,3-sultona, 3-fluoro-2-propeno-1,3-sultona, 1-metil-1-propeno-1,3-sultona, 2-metil-1-propeno-1,3-sultona, 3-metil-1-propeno-1,3-sultona, 1-metil-2-propeno-1,3-sultona, 2-metil-2-propeno-1,3-sultona, 3-metil-2-propeno-1,3-sultona, 1,4-butanosultona, 1,5-pentanosultona, metanodisulfonato de metileno y metanodisulfonato de etileno. El éster de sulfonato cíclico se puede utilizar solo o en combinación de dos o más  
 65 de los mismos.

En algunas realizaciones, entre los ésteres de sulfito alifáticos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: sulfito de dimetilo, sulfito de metiletilo y sulfito de dietilo. El éster de sulfito alifático se puede utilizar solo o en combinación de dos o más de los mismos.

5 En algunas realizaciones, entre los ésteres de sulfito cíclicos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: sulfito de 1,2-etilenglicol, sulfito de 1,2-propilenglicol, sulfito de 1,3-propilenglicol, sulfito de 1,2-butilenglicol, sulfito de 1,3-butilenglicol, sulfito de 1,4-butilenglicol, sulfito de 1,2-pentilenglicol, sulfito de 1,3-pentilenglicol, sulfito de 1,4-pentilenglicol y sulfito de 1,5-pentilenglicol. El éster de sulfito cíclico se puede utilizar solo o en combinación de dos o más de los mismos.

10 En algunas realizaciones, entre los ésteres de sulfona alifáticos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: un compuesto de dialquilsulfona, tal como dimetilsulfona y dietilsulfona.

15 En algunas realizaciones, entre los ésteres de sulfona cíclicos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: sulfolano, metilsulfolano, 4,5-dimetilsulfolano y sulfoleno. La sulfona cíclica se puede utilizar sola o en combinación de dos o más de las mismas.

### Electrolito

20 El electrolito utilizado en el electrolito, según las realizaciones de la presente solicitud, puede ser un electrolito conocido en la técnica anterior, entre los que se incluyen, sin limitación a los mismos: una sal de litio inorgánica, por ejemplo  $\text{LiClO}_4$ ,  $\text{LiAsF}_6$ ,  $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiBF}_4$ ,  $\text{LiSbF}_6$ ,  $\text{LiSO}_3\text{F}$  y  $\text{LiN}(\text{FSO}_2)_2$ ; una sal de litio orgánica que contiene flúor, por ejemplo,  $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ ,  $\text{LiN}(\text{FSO}_2)(\text{CF}_3\text{SO}_2)$ ,  $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ ,  $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ ,  
 25 1,3-hexafluoropropanodisulfonimida de litio cíclica, 1,2-tetrafluoroetanodisulfonimida de litio cíclica,  $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)(\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_2)$ ,  $\text{LiC}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$ ,  $\text{LiPF}_4(\text{CF}_3)_2$ ,  $\text{LiPF}_4(\text{C}_2\text{F}_5)_2$ ,  $\text{LiPF}_4(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ ,  $\text{LiPF}_4(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ ,  $\text{LiBF}_2(\text{CF}_3)_2$ ,  $\text{LiBF}_2(\text{C}_2\text{F}_5)_2$ ,  $\text{LiBF}_2(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$  y  $\text{LiBF}_2(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ ; y una sal de litio que contiene un complejo de ácido dicarboxílico, por ejemplo, bis(oxalato)borato de litio, difluoro(oxalato)borato de litio, tris(oxalato)fosfato de litio, difluorobis(oxalato)fosfato de litio y tetrafluoro(oxalato)fosfato de litio. Además, el electrolito se puede utilizar solo o en combinación de dos o más de los mismos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el electrolito incluye una combinación de  $\text{LiPF}_6$  y  $\text{LiBF}_4$ . En algunas realizaciones, el electrolito incluye una combinación de una sal de litio inorgánica, tal como  $\text{LiPF}_6$  o  $\text{LiBF}_4$  y una sal de litio orgánica que contiene flúor, tal como  $\text{LiCF}_3\text{SO}_3$ ,  $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$  o  $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$ . En algunas realizaciones, la concentración del electrolito está en el intervalo de 0,8 a 3 mol/l, por ejemplo, de 0,8 a 2,5 mol/l, de 0,8 a 2 mol/l, de 1 a 2 mol/l, por ejemplo, 1 mol/l, 1,15 mol/l, 1,2 mol/l, 1,5 mol/l, 2 mol/l o 2,5 mol/l.

35

### Disolvente

El disolvente utilizado en el electrolito, según las realizaciones de la presente solicitud, puede ser cualquier disolvente no acuoso conocido en la técnica como un disolvente para un electrolito.

40

En algunas realizaciones, entre los disolventes no acuosos útiles en la presente solicitud se incluyen, sin limitación a los mismos: un éster de carbonato cíclico, un éster de carbonato alifático, un éster de carboxilato cíclico, un éster de carboxilato alifático, un éter cíclico, un éter alifático, un disolvente orgánico que contiene fósforo, un disolvente orgánico que contiene azufre, un disolvente aromático que contiene flúor o cualquier combinación de los mismos.

45

En algunas realizaciones, el éster de carbonato cíclico, según la presente solicitud, tiene generalmente 3-6 átomos de carbono, e incluye, sin limitación a los mismos: por ejemplo, carbonato de etileno, carbonato de propileno, carbonato de butileno y otros carbonatos cíclicos.

50

En algunas realizaciones, entre los ésteres de carbonato alifáticos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: un éster de carbonato alifáticos, tal como carbonato de dimetilo, carbonato de metiletilo, carbonato de dietilo, carbonato de metil n-propilo, carbonato de etil n-propilo y carbonato de di-n-propilo; y un éster de carbonato alifático fluorado, por ejemplo, carbonato de bis(fluorometilo), carbonato de bis(difluorometilo), carbonato de bis(trifluorometilo), carbonato de bis(2-fluoroetilo), carbonato de bis(2,2-difluoroetilo), carbonato de bis(2,2,2-trifluoroetilo), carbonato de 2-fluoroetilmetilo, carbonato de 2,2-difluoroetilmetilo y carbonato de 2,2,2-trifluoroetilmetilo.

55

En algunas realizaciones, entre los ésteres de carboxilato cíclicos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos:  $\gamma$ -butirolactona,  $\gamma$ -valerolactona, y similares, y un éster de carboxilato cíclico, algunos átomos de hidrógeno del cual están sustituidos con flúor.

60

En algunas realizaciones, entre los ésteres de carboxilato alifáticos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de propilo, acetato de isopropilo, acetato de butilo, acetato de sec-butilo, acetato de isobutilo, acetato de terc-butilo, propionato de metilo, propionato de etilo, propionato de propilo, propionato de isopropilo, butirato de metilo, butirato de etilo,

65

5 butirato de propilo, isobutirato de metilo, isobutirato de etilo, valerato de metilo, valerato de etilo, pivalato de metilo y pivalato de etilo o similares, y un éster de carboxilato alifático, algunos átomos de hidrógeno del cual están sustituidos con flúor. Entre los ésteres de carboxilato alifáticos fluorados se incluyen, sin limitación a los mismos: trifluoroacetato de metilo, trifluoroacetato de etilo, trifluoroacetato de propilo, trifluoroacetato de butilo y trifluoroacetato de 2,2,2-trifluoroetilo.

10 En algunas realizaciones, entre los éteres cíclicos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: tetrahidrofurano, 2-metiltetrahidrofurano, 1,3-dioxolano, 2-metil-1,3-dioxolano, 4-metil-1,3-dioxolano, 1,3-dioxano, 1,4-dioxano y dimetoxipropano. En algunas realizaciones, entre los éteres alifáticos, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: dimetoximetano, 1,1-dimetoxietano, 1,2-dimetoxietano, dietoximetano, 1,1-dietoxietano, 1,2-dietoxietano, etoximetoximetano, 1,1-etoximetoxietano y 1,2-etoximetoxietano.

15 En algunas realizaciones, entre los disolventes orgánicos que contienen fósforo, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: fosfato de trimetilo, fosfato de trietilo, fosfato de dimetiletilo, fosfato de metildietilo, fosfato de etileno metilo, fosfato de etileno etilo, fosfato de trifenilo, trimetilfosfito, trietilfosfito, trifenilfosfito, fosfato de tris(2,2,2-trifluoroetilo) y fosfato de tris(2,2,3,3,3-pentafluoropropilo).

20 En algunas realizaciones, entre los disolventes orgánicos que contienen azufre, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: sulfolano, 2-metilsulfolano, 3-metilsulfolano, dimetilsulfona, dietilsulfona, etil metil sulfona, metil propil sulfona, dimetilsulfóxido, metilmetanosulfonato, etilmetanosulfonato, metiletanosulfonato, etiletanosulfonato, dimetilsulfato, dietilsulfato y dibutilsulfato, así como un disolvente orgánico que contiene azufre, algunos átomos de hidrógeno del cual están sustituidos con flúor.

25 En algunas realizaciones, entre los disolventes orgánicos aromáticos que contienen flúor, según la presente solicitud, se incluyen, sin limitación a los mismos: fluorobenceno, difluorobenceno, trifluorobenceno, tetrafluorobenceno, pentafluorobenceno, hexafluorobenceno y trifluorometilbenceno.

30 En algunas realizaciones, el disolvente no acuoso de la presente solicitud puede utilizarse solo, o en combinación de dos o más de los mismos:

## II. Dispositivo electroquímico

35 El dispositivo electroquímico de la presente invención incluye cualquier dispositivo en el que tiene lugar una reacción electroquímica, y entre los ejemplos específicos se incluyen todo tipo de baterías de pilas, baterías secundarias, células de combustible, células solares, o condensadores. En particular, el dispositivo electroquímico es una batería secundaria de litio que incluye una batería secundaria de metal de litio, una batería secundaria de iones de litio, una batería secundaria de polímero de litio o una batería secundaria de polímero de iones de litio. En algunas realizaciones, el dispositivo electroquímico de la presente solicitud es un dispositivo electroquímico que tiene un cátodo que tiene un material catódico activo capaz de absorber y liberar iones metálicos; un ánodo que tiene un material anódico activo capaz de absorber y liberar iones metálicos, y caracterizado por comprender cualquiera de los electrolitos de la presente solicitud.

### 45 Electrolito

50 El electrolito utilizado en el dispositivo electroquímico de la presente solicitud es cualquiera de los electrolitos mencionados anteriormente, según la presente solicitud. Además, el electrolito utilizado en el dispositivo electroquímico de la presente solicitud puede incluir otros electrolitos que quedan dentro del alcance de la presente solicitud.

### Ánodo

55 El material anódico utilizado en el dispositivo electroquímico, según las realizaciones de la presente solicitud, se puede preparar utilizando materiales, y procedimientos de construcción y fabricación bien conocidos en la técnica. Por ejemplo, el ánodo de la presente solicitud se puede preparar utilizando la técnica descrita en la Patente US9812739B.

60 En algunas realizaciones, el material anódico activo es cualquier sustancia capaz de absorber y liberar electroquímicamente un ion metálico, tal como ion de litio. En algunas realizaciones, el material anódico activo incluye un material carbonoso, un material de silicio-carbono, un material de aleación o un material de óxido metálico compuesto que contiene litio. En algunas realizaciones, el material anódico activo incluye uno o más de los descritos anteriormente.

65 En algunas realizaciones, el ánodo puede estar formado añadiendo un aglutinante y un disolvente, y si es necesario, añadiendo un espesante, un material conductor, un material de carga, o similar al material anódico

activo para preparar una suspensión, revistiendo la suspensión sobre un colector de corriente, secando y posteriormente presionando.

5 En algunas realizaciones, cuando el ánodo incluye un material basado en aleación, se puede formar una capa de película delgada (capa de material anódico activo) como un material anódico activo mediante depósito en fase de vapor, pulverización catódica o chapado.

10 En algunas realizaciones, cuando el ánodo incluye litio metálico, se forma una capa de material anódico activo a partir de, por ejemplo, un esqueleto conductor de forma esférica curvada y partículas metálicas dispersas en el esqueleto conductor, en el que el esqueleto conductor de forma esférica curvada puede tener una porosidad del 5 % al 85 %, y se puede disponer, además, una capa protectora sobre la capa de material anódico activo de litio metálico.

15 Cátodo

El material catódico utilizado en el dispositivo electroquímico de la presente solicitud se puede preparar utilizando materiales, y procedimientos de construcción y fabricación bien conocidos en la técnica. En algunas realizaciones, el cátodo de la presente solicitud se puede preparar utilizando la técnica descrita en la Patente US9812739B.

20 En algunas realizaciones, el material catódico activo incluye, sin limitación a los mismos: un sulfuro, un compuesto de sal de fosfato y un óxido compuesto de litio y metal de transición. En algunas realizaciones, el material catódico activo incluye un compuesto de litio y metal de transición que tiene una estructura capaz de eliminar e intercalar iones de litio. En algunas realizaciones, la composición del compuesto de litio y metal de transición puede referirse al contenido técnico descrito en la Patente US9812739B.

25 En algunas realizaciones, el cátodo se prepara formando un material catódico a partir de una capa de material catódico activo que incluye un polvo de compuesto de metal de transición y litio y un aglutinante sobre un colector de corriente.

30 En algunas realizaciones, la capa de material catódico activo se puede producir, generalmente: mezclando en seco un material catódico y un aglutinante (y un material conductor y un espesante, si es necesario) para formar copos, presionando los copos obtenidos sobre un colector de corriente catódica o disolviendo o dispersando el material en un medio líquido para formar una suspensión, revistiendo la suspensión sobre un colector de corriente catódica y secando. En algunas realizaciones, el material de la capa de material catódico activo incluye cualquier material conocido en la técnica. En algunas realizaciones, la capa de material catódico activo incluye materiales descritos en la Patente US9812739B.

#### 40 **Densidad de compactación de electrodo**

El dispositivo electroquímico de la presente solicitud comprende un cátodo y un ánodo, un separador y un electrolito. El electrodo incluye un colector de corriente y un revestimiento sobre el colector de corriente. El revestimiento incluye un revestimiento de una cara, un revestimiento de doble cara o una combinación de los mismos. El revestimiento de una cara es un revestimiento formado mediante la aplicación de una suspensión sobre una superficie del colector de corriente. El revestimiento de doble cara es un revestimiento formado mediante la aplicación de una suspensión sobre las dos superficies opuestas del colector de corriente.

50 Tal como se muestra en la figura 2, un electrodo A incluye un colector de corriente 1 y un revestimiento 2 sobre el colector de corriente 1. Tal como se muestra en la figura 2, el revestimiento 2 sólo está presente sobre una superficie del colector de corriente, y este revestimiento es un revestimiento de una sola cara.

55 Tal como se muestra en la figura 3, un electrodo B incluye un colector de corriente 1 y un revestimiento 2 sobre el colector de corriente. Tal como se muestra en la figura 3, el revestimiento 2 está presente sobre las dos superficies opuestas del colector de corriente, y dicho revestimiento es un revestimiento de doble cara.

60 En algunas realizaciones, tal como se muestra mediante un electrodo C en la figura 4, una superficie de una parte de un colector de corriente 1 se reviste con una suspensión para formar un revestimiento 2 y las dos superficies opuestas de la otra parte del colector de corriente 1 se revisten con una suspensión para formar un revestimiento 2. Dicho revestimiento incluye un revestimiento de una cara y un revestimiento de doble cara.

65 En un dispositivo electroquímico enrollado, por lo general, el cátodo y el ánodo se forman cada uno enrollando un electrodo alargado, de modo que tanto un revestimiento de una cara como un revestimiento de doble cara están presentes en el electrodo alargado. En un dispositivo electroquímico laminado, por lo general, el cátodo y el ánodo se forman mediante laminación con forma de electrodos, y solo hay un revestimiento de una cara o un revestimiento de doble cara sobre el mismo electrodo. En un dispositivo

electroquímico en el que electrodos enrollados y laminados se ensamblan en combinación, el cátodo y el ánodo generalmente comprenden un electrodo alargado que tiene tanto un revestimiento de una sola cara como un revestimiento de doble cara, y un electrodo conformado que tiene solo un revestimiento de una cara o un revestimiento de doble cara.

5 El electrodo tiene una densidad de compactación de electrodo. La densidad de compactación de electrodo se obtiene: midiendo el espesor de un electrodo utilizando una herramienta de medición precisa, tal como un micrómetro de diez milésimas; a continuación, tomando el electrodo de un área determinada y midiendo con  
10 precisión el área y el peso; y calculando la densidad de compactación de electrodo mediante la fórmula siguiente:

Densidad de compactación de electrodo = (Peso del electrodo - Peso del colector de corriente) / Área del electrodo / (Espesor del electrodo - Espesor del colector de corriente)

15 Una densidad de compactación menor hace que la porosidad sea mayor, haciendo que algunas de las partículas estén en un estado de aislamiento, y no puedan participar en la carga y descarga, lo que da como resultado una baja capacidad de descarga específica, afectando de este modo el rendimiento del dispositivo electroquímico. Una densidad de compactación demasiado elevada puede causar dificultad en la  
20 infiltrabilidad del electrolito y una disminución en la retención de la solución, de modo que no se pueden garantizar los rendimientos y la velocidad del ciclo. Es importante controlar adecuadamente la densidad de electrodescompactación del revestimiento de una cara y de doble cara para obtener dispositivos electroquímicos con elevada densidad capacitiva y excelentes rendimientos de ciclo y almacenamiento.

25 En algunas realizaciones, el electrodo con un revestimiento de una sola cara tiene una densidad de compactación de electrodo D1, y un electrodo con un revestimiento de doble cara tiene una densidad de compactación de electrodo D2 y D1 y D2 cumplen la relación:  $0,8 \leq D1/D2 \leq 1,2$ , en esta circunstancia, los efectos de los materiales activos del cátodo y del ánodo se ejercen bien, de modo que el electrodo puede obtener una buena conductividad eléctrica, lo que también es importante para controlar la expansión de los  
30 dispositivos electroquímicos. Por lo tanto, el dispositivo electroquímico obtenido tiene una elevada densidad capacitiva y excelentes rendimientos de ciclo y almacenamiento.

En algunas realizaciones, D1 y D2 cumplen la relación:  $0,9 \leq D1/D2 \leq 1,1$ . En estas circunstancias, el rendimiento del dispositivo electroquímico se puede mejorar aún más.

35 En algunas realizaciones, D1 y D2 cumplen la relación:  $0,9 \leq D1/D2 \leq 1,1$ .

40 En algunas realizaciones, D1 y D2 cumplen la relación:  $0,95 \leq D1/D2 \leq 1,05$ . En esta circunstancia, las distribuciones de poros y tamaños de poros en el revestimiento de una cara y el revestimiento de doble cara son más uniformes, las distribuciones del agente conductor y el aglutinante son más uniformes, se reducen la resistencia de contacto y la resistencia de intercambio de carga del electrodo y se aumenta el área activa capaz de participar en la reacción, mejorando de este modo significativamente el rendimiento electroquímico del material y mejorando aún más el rendimiento del dispositivo electroquímico.

45 En algunas realizaciones, el electrodo puede ser un cátodo o un ánodo. Cuando el electrodo es un cátodo,  $3,5 \text{ g/cm}^3 \leq D2 \leq 4,3 \text{ g/cm}^3$ . Cuando D2 está dentro de este intervalo, el cátodo puede tener una buena conductividad eléctrica y el efecto del material catódico activo puede ejercerse bien. Cuando el electrodo es un ánodo,  $1,2 \text{ g/cm}^3 \leq D2 \leq 1,8 \text{ g/cm}^3$ . Cuando D2 está dentro de este intervalo, el ánodo puede tener una mayor resistencia a la rotura, evitando de este modo que las partículas del electrodo se caigan durante el ciclo.

## 50 **Separador**

55 En algunas realizaciones, el dispositivo electroquímico de la presente solicitud está provisto de un separador entre el electrodo positivo y el electrodo negativo para evitar cortocircuitos. El material y la forma del separador utilizado en el dispositivo electroquímico de la presente solicitud no están particularmente limitados y pueden ser cualquiera de las técnicas dadas a conocer en la técnica anterior. En algunas realizaciones, el separador incluye un polímero o una sustancia inorgánica o similar formado a partir de un material que es estable al electrolito de la presente solicitud.

60 Por ejemplo, el separador puede incluir una capa de sustrato y una capa de tratamiento superficial. La capa de sustrato es una tela no tejida, película o película de material compuesto que tiene una estructura porosa, y el material de la capa de sustrato es, como mínimo, uno seleccionado entre polietileno, polipropileno, tereftalato de polietileno y poliimida. Particularmente, se puede utilizar una película de polipropileno porosa, una película de polietileno porosa, una tela no tejida de polipropileno, una tela no tejida de polietileno o una  
65 película porosa compuesta de polipropileno-polietileno-polipropileno.

Como mínimo, una superficie de la capa de sustrato está provista de una capa de tratamiento superficial, que puede ser una capa de polímero o una capa inorgánica, o una capa formada mediante la mezcla de un polímero y una sustancia inorgánica.

- 5 La capa inorgánica comprende partículas inorgánicas y un aglutinante. Las partículas inorgánicas son una o más seleccionadas entre alúmina, sílice, magnesia, óxido de titanio, dióxido de hafnio, óxido de estaño, dióxido de cerio, óxido de níquel, óxido de zinc, óxido de calcio, circonia, itria, carburo de silicio, boehmita, hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio, hidróxido de calcio y sulfato de bario. El aglutinante es uno o más seleccionados entre fluoruro de polivinilideno, un copolímero de fluoruro de  
10 vinilideno-hexafluoropropileno, una poliamida, poliacrilonitrilo, un éster de poliacrilato, ácido poliacrílico, una sal de poliacrilato, polivinilpirrolidona, poliviniléter, polimetilmetacrilato, politetrafluoroetileno y polihexafluoropropileno. La capa de polímero contiene un polímero, y el material del polímero incluye, como mínimo, uno de poliamida, poliacrilonitrilo, un éster de poliacrilato, ácido poliacrílico, una sal de poliacrilato, polivinilpirrolidona, poliviniléter, fluoruro de polivinilideno o poli(fluoruro de vinilideno-hexafluoropropileno).

### 15 **III. Aplicación**

A un voltaje elevado, la capacidad de oxidación del material catódico aumenta y la estabilidad disminuye, lo que hace que el electrolito se descomponga fácilmente en la superficie del electrodo positivo o da como  
20 resultado el deterioro de los materiales del dispositivo electroquímico, de modo que disminuye la capacidad del dispositivo electroquímico. Antes de la presente solicitud, la solución principal era añadir un aditivo formador de película al electrolito. Sin embargo, hacerlo provocará un aumento en la resistencia interna de CC de la batería, lo que dará como resultado una disminución en el rendimiento del ciclo y una disminución en la tasa de retención de la capacidad.

25 El electrolito, según las realizaciones de la presente solicitud, se puede utilizar para inhibir el aumento de la resistencia interna de CC de un dispositivo electroquímico, y por tanto aplicable a un dispositivo electrónico que comprende el dispositivo electroquímico.

30 La utilización del dispositivo electroquímico, según la presente solicitud, no está particularmente limitada, y se puede utilizar en diversas aplicaciones conocidas, tales como ordenadores portátiles, ordenadores táctiles, ordenadores móviles, reproductores de libros electrónicos, teléfonos portátiles, máquinas de fax portátiles, fotocopiadoras portátiles, impresoras portátiles, auriculares estéreo montados en la cabeza, grabadoras de video, televisores LCD, limpiadores portátiles, reproductores de CD portátiles, minidiscos, transceptores, cuadernos electrónicos, calculadoras, tarjetas de memoria, grabadoras portátiles, radios, fuentes de energía  
35 de respaldo, motores, vehículos, motocicletas, bicicletas, aparatos de iluminación, juguetes, consolas de juegos, relojes, herramientas eléctricas, luces intermitentes, cámaras, baterías grandes para utilización doméstica o condensadores de iones de litio.

### 40 **Ejemplos**

A continuación, la presente solicitud se describirá específicamente por medio de ejemplos y ejemplos comparativos; sin embargo, la presente solicitud no se limita a los mismos, siempre que no se desvíen del espíritu de la presente solicitud.

45

#### **1. Preparación de la batería de iones de litio**

(1) Preparación de un ánodo

50 Se mezclaron grafito, negro de humo conductor (Super-P), caucho de estireno-butadieno y carboximetilcelulosa de sodio (CMC) en una proporción en peso de 95:2:2:1 en agua desionizada como disolvente y se agitó uniformemente, para obtener una suspensión de ánodo. La suspensión se revistió sobre una lámina de cobre que tenía un espesor de 12  $\mu\text{m}$ , se secó, se prensó en frío y se cortó, y a continuación se soldó una lengüeta para obtener un ánodo.

55

(2) Preparación de un cátodo

60 Se mezclaron óxido de litio y cobalto ( $\text{LiCoO}_2$ ), negro de humo conductor (Super-P) y fluoruro de polivinilideno (PVDF) en una proporción en peso de 95:2:3 en N-metilpirrolidona como disolvente, y se agitó de manera uniforme, para obtener una suspensión de cátodo. La suspensión se revistió sobre una lámina de aluminio que tenía un espesor de 12  $\mu\text{m}$ , se secó, se prensó en frío y se cortó, y a continuación se soldó una lengüeta para obtener un cátodo.

65

(3) Preparación de un electrolito:

En una atmósfera de argón seco, se mezclaron EC, PC y DEC (en una proporción en peso de 1:1:1), y

después se añadió  $\text{LiPF}_6$  y se mezclaron de manera uniforme, para formar un electrolito básico, en el que la concentración de  $\text{LiPF}_6$  es 1,15 mol/l. Se añadieron al electrolito básico diferentes cantidades de las sustancias que se muestran en las tablas 1-1 a 9 para obtener los electrolitos de diferentes ejemplos y ejemplos comparativos, en las que los contenidos de cada sustancia en el electrolito descrito a continuación se obtuvieron basándose en el peso total del electrolito.

(4) Preparación de un separador

Se utilizó una película de polímero de PE poroso como separador.

(5) Preparación de la batería de iones de litio

El cátodo, el ánodo y el separador obtenidos se enrollaron secuencialmente y se colocaron en la lámina de envase exterior, dejando un puerto de inyección de líquido. El electrolito se inyectó a través del puerto de inyección de líquido, se encapsuló, se conformó y se determinó la capacidad para obtener una batería de iones de litio. En la presente memoria descriptiva, batería nueva se refiere a una batería que se obtiene a través del proceso de preparación mencionado anteriormente y está lista para su envío.

**2. Procedimientos de prueba del rendimiento de la batería**

(1) Procedimiento de prueba para el cambio en la resistencia interna de CC al 20 % EDC

A 25 °C, la batería se cargó a 4,45 V a una corriente constante de 1 C (capacidad nominal) y posteriormente se cargó a una corriente de  $\leq 0,05$  C a un voltaje constante de 4,45 V, se dejó reposar durante 5 min y se descargó a un voltaje de corte de 3 V a una corriente constante de 1 C. Se registró la capacidad de descarga real. La batería se ajustó al 50 % de la capacidad de carga total requerida con la capacidad real, se descargó continuamente durante 10 segundos a una corriente de 0,3 C. Las resistencias internas de CC (RICC) (promedio de las medidas de 15 baterías) después de un ciclo, 200 ciclos y 400 ciclos se obtuvieron dividiendo la corriente por la diferencia entre el voltaje antes de la descarga y el voltaje al final de la descarga.

(2) Procedimiento de prueba para el rendimiento de almacenamiento a alta temperatura de 60 °C

La batería se dejó reposar a 25 °C durante 30 minutos, se cargó a 4,45 V con una corriente constante de 0,5 C y después se cargó a 0,05 C a un voltaje constante de 4,45 V, se dejó reposar durante 5 minutos, y posteriormente se almacenó a 60 °C durante 21 días. Se midió la tasa de expansión del espesor de la batería y se calculó mediante una fórmula siguiente:

Tasa de expansión del espesor =  $[(\text{Espesor después del almacenamiento} - \text{Espesor antes del almacenamiento}) / \text{Espesor antes del almacenamiento}] \times 100 \%$

(3) Procedimiento de prueba para la tasa de retención de la capacidad de la batería

A 45 °C, la batería se cargó a 4,45 V a una corriente constante de 1 C y posteriormente se cargó a una corriente de 0,05 C a un voltaje constante, y se descargó a 3,0 V a una corriente constante de 1 C, siendo lo anterior el primer ciclo. Se realizaron múltiples ciclos en la batería en las condiciones anteriores. Se calculó la tasa de retención de capacidad de la batería nueva y la batería después de 200 ciclos y 400 ciclos, respectivamente. La tasa de retención de capacidad después de los ciclos se calcula mediante la fórmula siguiente:

Tasa de retención de capacidad después del ciclo =  $(\text{Capacidad de descarga después de los ciclos correspondientes} / \text{Capacidad de descarga después del primer ciclo}) \times 100 \%$

(4) Procedimiento de prueba para la caída de voltaje

A 25 °C, la batería se cargó a 4,45 V a una corriente constante de 1 C y posteriormente se cargó a una corriente de 0,05 C a un voltaje constante, se descargó a 3,2 V a una corriente constante de 1 C y se le permitió reposar durante 5 minutos. Posteriormente se probó el voltaje, y después de 24 horas de almacenamiento a 85 °C, se probó nuevamente el voltaje. Caída de voltaje = Voltaje antes del almacenamiento - Voltaje después del almacenamiento.

(5) Procedimiento de prueba de ciclo intermitente

A 50 °C, la batería de iones de litio se cargó a 4,45 V a un voltaje constante de 0,5 C y posteriormente a una corriente de corte de 0,05 C a una corriente constante, se dejó reposar durante 20 h, y posteriormente se descargó a 3,0 V a una corriente constante de 0,5 C. Repitiendo la carga/descarga, tal como se ha indicado anteriormente, se calculó la tasa de retención de capacidad de la batería nueva y la batería después

de 30, 50 y 100 ciclos, respectivamente. Tasa de retención de capacidad después de los ciclos = (Capacidad de descarga después de los ciclos correspondientes / Capacidad de descarga del primer ciclo) x 100 %

**3. Resultados de la prueba**

5

Las abreviaturas para los materiales químicos utilizados en los ejemplos de presente solicitud se muestran en las dos tablas siguientes:

Material	Abreviatura	Nombre del material	Abreviatura
Carbonato de	EC	1,3-Propanosultona	PS
Carbonato de	PC	Sulfato de etileno	DTD
Carbonato de	EMC	Butanodinitrilo	SN
Carbonato de	DMC	Adiponitrilo	ADN
		1,4-Diciano-2-buteno	DCB
Carbonato de	DEC	1,3,6-Hexanotricarbonitrilo	HTCN-1
γ-Butirolactona	GBL	1,2,6-Hexanotricarbonitrilo	HTCN-2
γ-Valerolactona	VL	1,3,5-Pentanotricarbonitrilo	PTCN
Propionato de	EP	Bis(2-cianoetil)éter de etilenglicol	EDN
Propionato de	PP	1,1-Difluoro-2,2-difluoroetil-2',2'-difluoro-3',3'-difluoropropil éter	FEPE
		2-Trifluorometil-3-metoxiperfluoropentano	TMMP
		2-(Trifluoro-2-fluoro-3-difluoro)-3-difluoro-4-fluoro-5-trifluoropentano	TPTP
Carbonato de	VC	Anhídrido 1-propilfosfónico cíclico	T3P
Carbonato de	FEC	Anhídrido 1-metilfosfónico cíclico	TM3P
		Anhídrido 1-etilfosfónico cíclico	TE3P
		1,2,3-Tris(2-cianoetoxi)propano	TCEP

Compuesto de dinitrilo	A	A <sub>1</sub> : SN; A <sub>2</sub> : ADN; A <sub>3</sub> : EDN; A <sub>4</sub> : DCB
Compuesto de trinitrilo	B	B <sub>1</sub> : HTCN-1; B <sub>2</sub> : HTCN-2; B <sub>3</sub> : PTCN; B <sub>4</sub> : TCEP
Propionato de propilo (PP)	C	
Fluoroéter	D	D <sub>1</sub> : FEPE; D <sub>2</sub> : TMMP; D <sub>3</sub> : TPTP
Anhídrido fosfónico cíclico	E	E <sub>1</sub> : T3P E <sub>2</sub> : TM3P; E <sub>3</sub> : TE3P
Otros aditivos	F	F <sub>1</sub> : VC; F <sub>2</sub> : PS; F <sub>3</sub> : DTD
Éster de carboxilato cíclico	H	H <sub>1</sub> : GBL; H <sub>2</sub> : VL
Densidad de compactación de una y doble cara	G	

10

(1) Se añadieron al electrolito básico diferentes cantidades de un compuesto que comprendía dos grupos ciano, un compuesto que comprendía tres grupos ciano y/o propionato de propilo, tal como se muestra en las tablas 1-1 y 1-2. El electrolito se inyectó en una batería preparada según el procedimiento anterior. Se probó la resistencia interna de CC al 20 % EDC de las baterías. Los resultados de la prueba se muestran en las tablas 1-1 y 1-2. De S1-1 a S1-16 y de S1-21 a D1-24 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención y son ejemplos de referencia.

15

ES 3 005 116 T3

Tabla 1-1

	A <sub>1</sub> (X % en peso)	B <sub>1</sub> (Y % en peso)	C (Z % en peso)	X + Y	X/Y	Resistencia interna de CC (mΩ) al 20 % EDC		
						Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos
S1-1	4	1	30	5	4	50,8	84,3	91,2
S1-2	4	2	30	6	2	54,4	88,0	98,6
S1-3	4	3	30	7	1,3	55,7	88,9	99,4
S1-4	4	0,5	30	4,5	8	57,8	92,0	101,0
S1-5	3	0,5	30	3,5	6	57,1	91,2	93,5
S1-6	4	0,4	30	4,2	10	55,9	99,4	112,8
S1-7	3	2	30	5	1,5	52,3	84,4	91,5
S1-8	2	2	30	4	1	51,9	84,2	91,4
S1-9	1	2	30	3	0,5	52,3	86,5	92,4
S1-10	0,5	2	30	2,5	0,25	54,8	79,4	102,5
S1-11	0,2	2	30	2,2	0,1	59,2	91,8	105,3
S1-12	1	5	30	6	0,2	58,5	97,0	104,1
S1-13	7	3	30	10	2,3	60,4	92,9	107,3
D1-1	0	0	0	0	0	63,8	140,9	190,4
D1-2	0	1	0	1	0	62,3	138,5	188,2
D1-3	4	0	0	4	0	61,8	136,5	184,2
D1-4	0,1	1	0	1,1	0,1	63,8	120,9	126,4
D1-5	4	0,1	0	4,1	40	68,3	109,8	124,9
D1-6	7	5	0	12	1,4	69,2	112,3	133,0
D1-7	1	11	0	12	0,09	63,8	100,9	139,3
D1-8	11	1	0	12	10	72,0	116,3	135,4

Tabla 1-2

	A (X % en peso)	B (Y % en peso)	C (Z % en peso)	X + Y	X/Y	Resistencia interna de CC (mΩ) al 20 % EDC		
						Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos
S1-14	A <sub>2</sub> (4)	B <sub>2</sub> (3)	30	7	1,3	55,5	88,1	98,7
S1-15	A <sub>2</sub> (4)	B <sub>2</sub> (0,5)	30	4,5	8	57,2	91,6	100,6
S1-16	A <sub>2</sub> (3)	B <sub>2</sub> (0,5)	30	3,5	6	55,9	89,4	98,8
S1-17	A <sub>3</sub> (3)	B <sub>3</sub> (2)	30	5	1,5	51,1	82,6	90,7
S1-18	A <sub>3</sub> (2)	B <sub>3</sub> (2)	30	4	1	51,2	83,3	90,5
S1-19	A <sub>3</sub> (1)	B <sub>3</sub> (2)	30	3	0,5	51,3	85,1	91,1
S1-20	A <sub>3</sub> (0,5)	B <sub>4</sub> (2)	30	2,5	0,25	54,3	79,1	90,1
S1-21	A <sub>2</sub> (0,2)	B <sub>2</sub> (2)	30	2,2	0,1	58,5	91,2	104,8
S1-22	A <sub>2</sub> (1)	B <sub>2</sub> (5)	30	6	0,2	58,1	96,5	103,3
S1-23	A <sub>2</sub> (7)	B <sub>2</sub> (3)	30	10	2,3	60,2	92,3	106,5
S1-24	A <sub>4</sub> (2)	B <sub>3</sub> (2)	30	4	1	57,9	86,1	93,4

Tal como se muestra en la tabla 1-1, en los ejemplos comparativos D1-1 a D1-8, se añadieron butanodinitrilo o 1,3,6-hexanotricarbonitrilo solos, y no se añadió propionato de propilo. La resistencia interna de CC de la batería aumentó significativamente después de los ciclos.

5 Cuando se utilizaron en los ejemplos de referencia S1-1 a S1-13 butanodinitrilo, 1,3,6-hexanotricarbonitrilo y propionato de propilo simultáneamente, el aumento de la resistencia interna de CC de la batería después de ciclos obviamente se inhibió.

10 Cuando el contenido de propionato de propilo se mantiene sin cambios, y se ajusta la proporción entre el contenido butanodinitrilo X y el contenido de 1,3,6-hexanotricarbonitrilo Y, se descubre que cuando X e Y cumplen las condiciones representadas tanto por la fórmula (1) como por la fórmula (2): {2 % en peso  $\leq (X + Y) \leq 8$  % en peso ... (1) y,  $0,1 \leq (X/Y) \leq 6$  ... (2)}, la combinación de los aditivos puede exhibir un efecto sinérgico y puede suprimir suficientemente el aumento de la resistencia interna de CC.

15 La figura 1a muestra las resistencias internas de CC de baterías nuevas de los ejemplos de referencia S1-1 y S1-2 de la presente solicitud y el ejemplo comparativo D1-1 en diferentes estados de carga (10 % EDC, 20 % EDC y 70 % EDC). La figura 1b muestra las resistencias internas de CC de las baterías de los ejemplos de referencia S1-1 y S1-2 de la presente solicitud y el ejemplo comparativo D1-1 en diferentes estados de carga (10 % EDC, 20 % EDC y 70 % EDC) después de 200 ciclos de carga y descarga. La figura 1c muestra las resistencias internas de CC de las baterías de los ejemplos de referencia S1-1 y S1-2 de la presente solicitud y el ejemplo comparativo D1-1 en diferentes estados de carga (10 % EDC, 20 % EDC y 70 % EDC) después de 400 ciclos de carga y descarga. Se puede observar que el aumento de la resistencia interna de CC durante los ciclos en los ejemplos de referencia S1-1 y S1-2 mejora significativamente en comparación con el ejemplo comparativo D1-1.

25 Tal como se muestra en la tabla 1-2, cuando el compuesto de dinitrilo es adipodinitrilo o bis(2-cianoetil)éter de etilenglicol, y el compuesto de trinitrilo es 1,2,6-hexanotricarbonitrilo, 1,3,6-hexanotricarbonitrilo, o 1,2,3-tris(2-cianoetoxi)propano, también se puede conseguir el efecto de inhibir el aumento de la resistencia interna de CC. Cuando el compuesto de dinitrilo es bis(2-cianoetil)éter de etilenglicol, o el compuesto de trinitrilo es 1,2,3-tris(2-cianoetoxi)propano, el efecto de inhibir el aumento de la resistencia interna de CC de la batería después de los ciclos es más significativo.

35 (2) Se añadieron al electrolito básico diferentes cantidades de un compuesto que comprende dos grupos ciano, un compuesto que comprende tres grupos ciano y/o propionato de propilo, tal como se muestra en la tabla 2. El electrolito se inyectó en una batería preparada según el procedimiento anterior. Se probó la resistencia interna de CC al 20 % EDC de la batería. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 2. De S2-1 a S2-7 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención y son ejemplos de referencia.

Tabla 2

	C (Z % en peso)	A <sub>1</sub> (X % en peso)	B <sub>1</sub> (Y % en peso)	Y/Z	Resistencia interna de CC (mΩ) al 20 % EDC		
					Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos
S1-1	30	4	1	0,03	50,8	84,3	91,2
S2-1	5	4	1	0,2	68,7	85,2	97,6
S2-2	10	4	1	0,1	60,3	83,1	95,7
S2-3	20	4	1	0,05	56,1	81,6	93,9
S2-4	40	4	1	0,025	47,5	78,2	87,2
S2-5	50	4	1	0,02	56,3	82,6	98,3
S2-6	10	4	3	0,3	64,3	89,5	97,7
S2-7	50	4	0,5	0,01	53,2	84,3	94,1
D2-1	4	4	1	0,25	72,1	108,5	118,9
D2-2	60	4	1	0,017	42,0	100,1	113,9
D2-3	10	4	5	0,5	62,3	85,4	111,3
D2-4	50	4	0,1	0,0025	53,2	89,3	109,4

40

Tal como se muestra en la tabla 2, cuando el contenido de propionato de propilo está dentro del intervalo del 5 % en peso al 50 % en peso, la resistencia interna de CC de la batería nueva disminuye continuamente con el aumento del contenido de propionato de propilo. Además, cuando el contenido de propionato de propilo es inferior al 5 % en peso o superior al 50 % en peso, la resistencia interna de CC de la batería aumenta considerablemente después de 200 ciclos y el rendimiento se deteriora. La combinación de aditivos puede formar una película de protección del cátodo para reducir las reacciones secundarias, controlando de este modo eficazmente la polarización y las reacciones secundarias de la batería. La proporción entre el contenido del compuesto de trinitrilo y el contenido de propionato de propilo tiene un gran efecto sobre el cambio en la resistencia interna de CC de la batería. Cuando Y/Z está dentro del intervalo de 0,01-0,3, se consigue un mejor efecto de inhibición sobre el aumento de la resistencia interna de CC.

(3) Se añadieron al electrolito básico, el 30 % en peso de propionato de propilo, el 4 % en peso de butanodinitrilo (A1), el 1 % en peso de 1,3,6-hexanotricarbonitrilo (B1) y un fluoroéter a diferentes contenidos, tal como se muestra en la tabla 3. El electrolito obtenido se inyectó en una batería preparada según el procedimiento anterior. Se probaron la resistencia interna de CC al 20 % EDC y la tasa de expansión del espesor a los 21 días a 60 °C. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 3. De S3-1 a S3-10 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención y son ejemplos de referencia.

Tabla 3

	D (contenido, % en peso)	Resistencia interna de CC (mΩ) de batería nueva al 20 % EDC	Tasa de expansión de espesor a los 21 días a 60 °C
S1-1	0	50,8	7,6 %
S3-1	D <sub>1</sub> (0,1)	50,2	6,2 %
S3-2	D <sub>1</sub> (0,5)	49,8	6,0 %
S3-3	D <sub>1</sub> (1)	48,6	5,7 %
S3-4	D <sub>1</sub> (1,5)	48,5	5,1 %
S3-5	D <sub>1</sub> (2)	48,4	4,8 %
S3-6	D <sub>1</sub> (2,5)	48,3	4,9 %
S3-7	D <sub>1</sub> (3)	48,1	5,6 %
S3-8	D <sub>1</sub> (5)	49,3	6,8 %
S3-9	D <sub>2</sub> (1)	49,2	6,1 %
S3-10	D <sub>3</sub> (1)	49,4	5,7 %
D3-1	D <sub>1</sub> (6)	51,3	8,5 %

Tal como puede observarse en la tabla 3, con la adición de fluoroéter (0,1-5 % en peso), la resistencia interna de CC y la tasa de expansión del espesor de la pila nueva se mejoran en cierta medida, y el rendimiento de almacenamiento disminuye ligeramente cuando la cantidad de adición es grande, pero todavía está dentro del intervalo deseado. Cuando el contenido de fluoroéter es superior al 5 % en peso, la resistencia interna de CC y la tasa de expansión del espesor después del almacenamiento a 60 °C de la batería nueva se deterioran.

(4) Se añadieron al electrolito básico, el 30 % en peso de propionato de propilo, el 4 % en peso de butanodinitrilo (A1), el 1 % en peso de 1,3,6-hexanotricarbonitrilo (B1) y un anhídrido fosfónico cíclico a diferentes contenidos, tal como se muestra en la tabla 4. El electrolito obtenido se inyectó en una batería preparada según el procedimiento anterior. Se probaron la resistencia interna de CC al 20 % EDC y la tasa de retención de capacidad de la batería. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 4. De S4-1 a S4-7 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención y son ejemplos de referencia.

## ES 3 005 116 T3

Tabla 4

	E (contenido, % en peso)	Resistencia interna de CC (mΩ) al 20 % EDC			Tasa de retención de capacidad		
		Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos	Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos
S1-1	0	50,8	84,3	91,2	100 %	93,5 %	86,3 %
S4-1	E <sub>1</sub> (0,1)	48,3	51,5	88,2	100 %	95,7 %	90,1 %
S4-2	E <sub>1</sub> (0,5)	45,4	48,2	82,3	100 %	96,3 %	91,4 %
S4-3	E <sub>1</sub> (1)	44,6	47,1	80,5	100 %	96,1 %	90,7 %
S4-4	E <sub>1</sub> (2)	45,6	47,3	81,6	100 %	95,2 %	89,6 %
S4-5	E <sub>1</sub> (3)	45,9	49,1	89,4	100 %	94,7 %	88,5 %
S4-6	E <sub>2</sub> (1)	45,2	48,3	88,3	100 %	95,3 %	91,0 %
S4-7	E <sub>3</sub> (1)	45,3	48,7	89,5	100 %	95,1 %	90,8 %
D4-1	E <sub>1</sub> (4)	46,1	58,6	105,3	100 %	92,1 %	85,3 %

Se puede observar a partir de la tabla 4 que, con la adición de anhídrido de ácido fosfónico cíclico (0,1-3 % en peso), la resistencia interna de corriente continua de la batería nueva y la batería después de los ciclos mejora en cierta medida, lo que puede atribuirse a la estructura relativamente estable de la película protectora compuesta formada por los aditivos combinados; y con la adición del anhídrido fosfónico cíclico el rendimiento del ciclo en primer lugar mejora y posteriormente se deteriora. Cuando el contenido es superior al 3 % en peso, el rendimiento del ciclo se ve afectado, lo que puede deberse a la descomposición del anhídrido fosfónico cíclico.

(5) Se añadieron al electrolito básico, el 30 % en peso de propionato de propilo, el 4 % en peso de butanodinitrilo (A1), el 1 % en peso de 1,3,6-hexanotrinitrilo (B1) y un fluoroéter y un anhídrido fosfónico cíclico a diferentes contenidos, tal como se muestran en la tabla 5. El electrolito obtenido se inyectó en una batería preparada según el procedimiento anterior. Se probaron la resistencia interna de CC al 20 % EDC, la tasa de expansión del espesor a los 21 días a 60 °C y la tasa de retención de capacidad de la batería. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 5. De S5-1 a S5-5 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención y son ejemplos de referencia.

Tabla 5

	D <sub>1</sub> (contenido: % en peso)	E <sub>1</sub> (contenido: % en peso)	Resistencia interna de CC (mΩ) al 20 % EDC			Tasa de expansión de espesor a los 21 días a 60 °C	Tasa de retención de capacidad		
			Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos		Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos
S1-1	0	0	50,8	84,3	91,2	7,6 %	100 %	93,5 %	86,3 %
S3-1	0,1	0	50,2	83,1	90,4	6,2 %	100 %	94,2 %	87,9 %
S4-2	0	0,5	45,4	48,2	82,3	6,7 %	100 %	96,3 %	91,4 %
S5-1	0,1	0,5	44,7	47,2	80,8	6,0 %	100 %	96,4 %	91,6 %
S5-2	1	0,5	43,8	46,3	80,5	5,3 %	100 %	96,8 %	91,7 %
S5-3	1	0,3	44,1	48,2	79,3	4,3 %	100 %	97,1 %	92,3 %
S5-4	1	0,1	46,3	50,5	86,2	4,5 %	100 %	97,6 %	92,9 %
S5-5	3	2	43,5	47,1	81,3	4,0 %	100 %	94,8 %	89,4 %

Tal como puede observarse en la tabla 5, con la adición del fluoroéter y el anhídrido fosfónico cíclico, la resistencia interna de CC, el rendimiento de almacenamiento y el rendimiento del ciclo de la batería nueva y la batería después de los ciclos se mejoran adicionalmente.

(6) Se añadieron al electrolito básico, el 30 % en peso de propionato de propilo, el 4 % en peso de

## ES 3 005 116 T3

butanodinitrilo (A1), el 1 % en peso de 1,3,6-hexanotricarbonitrilo (B1) y otros aditivos a diferentes contenidos, tal como se muestra en la tabla 6. El electrolito obtenido se inyectó en una batería preparada según el procedimiento anterior. Se probó la caída de voltaje después del almacenamiento a 3,2 V y 85 °C durante 24 horas de la batería. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 6. De S6-1 a S6-6 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención y son ejemplos de referencia.

Tabla 6

	VC (contenido: % en peso)	VEC (contenido: % en peso)	FEC (contenido: % en peso)	PS (contenido: % en peso)	DTD (contenido: % en peso)	Caída de voltaje después del almacenamiento a 3,2 V y 85 °C durante 24 horas
S6-1	0,5	-	-	-	-	0,35 V
S6-2	0,5	-	-	3	-	0,32 V
S6-3	0,5	-	-	3	0,5	0,23 V
S6-4	1	-	-	3	-	0,3 V
S6-5	1	-	3	3	-	0,20 V
S6-6	-	0,5	-	3	0,5	0,25 V
D6-1	-	-	-	-	-	0,4 V

La adición de los aditivos formadores de película VC, VEC, FEC, PS, DTD puede mejorar aún más la estabilidad de la película sólida de interfase electrolítica (IES) de la batería. La utilización de una combinación de varios aditivos es más propicia para mejorar la estabilidad de la batería, lo que es beneficioso para el almacenamiento a largo plazo de la batería y, por tanto, mejora la confiabilidad de la batería.

(7) Se añadieron al electrolito básico, el 30 % en peso de propionato de propilo, el 4 % en peso de butanodinitrilo (A1), el 1 % en peso de 1,3,6-hexanotricarbonitrilo (B1). El electrolito obtenido se inyectó en una batería preparada según el procedimiento anterior. La proporción de densidad de compactación de electrodo (D1/D2) de la batería se cambió según la tabla 7, y se probó la tasa de retención de capacidad de la batería. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 7. De S7-1 a S7-7 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención y son ejemplos de referencia.

Tabla 7

	Proporción de densidad de compactación (D1/D2)	Tasa de retención de capacidad		
		Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos
S7-1	0,8	100 %	93,8 %	89,3 %
S7-2	0,9	100 %	95,3 %	90,1 %
S7-3	0,95	100 %	95,9 %	90,8 %
S7-4	1,0	100 %	96,8 %	91,4 %
S7-5	1,05	100 %	95,8 %	90,7 %
S7-6	1,1	100 %	95,2 %	90,2 %
S7-7	1,2	100 %	93,7 %	88,8 %
D7-1	1,3	100 %	91,2 %	83,6 %
D7-1	0,7	100 %	90,5 %	82,7 %

Tal como puede observarse en la tabla 7, la proporción de densidad de compactación de electrodo (D1/D2) de la batería de iones de litio tiene un efecto significativo sobre el rendimiento del ciclo de la batería de iones de litio. Una D1/D2 demasiado grande o demasiado pequeña dañará el rendimiento del ciclo de las baterías de iones de litio. Se puede observar que, cuando D1/D2 está dentro del intervalo de 0,8-1,2, se obtiene un mejor rendimiento del ciclo, posiblemente porque los aditivos combinados facilitan la reducción de la resistencia de la interfase del electrodo y la reducción de la polarización de la celda.

(8) Se añadieron al electrolito básico, el 30 % en peso de propionato de propilo, el 4 % en peso de butanodinitrilo (A1), el 1 % en peso de 1,3,6-hexanotricarbonitrilo (B1) y un anhídrido fosfónico cíclico a diferentes contenidos, tal como se muestra en la tabla 8. El electrolito obtenido se inyectó en una batería

## ES 3 005 116 T3

preparada según el procedimiento anterior. La proporción de densidad de compactación de electrodo (D1/D2) se cambió según la tabla 8, y se probó la tasa de retención de capacidad de la batería obtenida. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 8. De S8-1 a S8-7 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención y son ejemplos de referencia.

5

Tabla 8

	D <sub>1</sub> (contenido:)	E <sub>1</sub> (contenido:)	G	Tasa de retención de capacidad		
				Batería nueva	Después de 200 ciclos	Después de 400 ciclos
S8-1	1	-	0,8	100 %	94,9 %	90,1 %
S8-2	1	-	1,0	100 %	97,3 %	92,5 %
S8-3	1	-	1,2	100 %	94,8 %	89,9 %
S8-4	-	0,3	0,8	100 %	94,3 %	89,6 %
S85	-	0,3	1,0	100 %	97,9 %	92,2 %
S8-6	-	0,3	1,2	100 %	95,0 %	90,5 %
S8-7	1	0,3	1,0	100 %	98,1 %	93,3 %

Con la adición del fluoroéter o el anhídrido fosfónico cíclico, el rendimiento del ciclo de la batería de iones de litio se mejora aún más cuando la densidad de compactación de electrodo de la batería está dentro del intervalo de 0,8-1,2.

10

(9) Se añadieron al electrolito básico, el 30 % en peso de propionato de propilo, el 4 % en peso de butanodinitrilo (A1), el 1 % en peso de 1,3,6-hexanotricarbonitrilo (B1) y un éster de carboxilato cíclico a diferentes contenidos, tal como se muestra en la tabla 9. El electrolito obtenido se inyectó en una batería preparada según el procedimiento anterior. Se probó la tasa de retención de la capacidad después de un ciclo intermitente de la batería obtenida. Los resultados de la prueba se muestran en la tabla 9. De S9-1 a S9-14 no se encuentran dentro del alcance de la presente invención y son ejemplos de referencia.

15

Tabla 9

	H (contenido: % en peso)	Tasa de retención de capacidad después de un ciclo intermitente			
		Batería nueva	Después de 30 ciclos	Después de 50 ciclos	Después de 100 ciclos
S1-1	0	100 %	73,80 %	64,30 %	54,50 %
S9-1	H <sub>1</sub> (1)	100 %	82,50 %	74,60 %	64,20 %
S9-2	H <sub>1</sub> (10)	100 %	87,20 %	81,40 %	77,20 %
S9-3	H <sub>1</sub> (20)	100 %	86,20 %	81,30 %	78,00 %
S9-4	H <sub>1</sub> (30)	100 %	88,30 %	83,30 %	79,80 %
S9-5	H <sub>1</sub> (40)	100 %	87,50 %	80,60 %	75,20 %
S9-6	H <sub>1</sub> (50)	100 %	86,30 %	74,40 %	63,20 %
S9-7	H <sub>1</sub> (60)	100 %	85,20 %	71,60 %	57,60 %
S9-8	H <sub>2</sub> (1)	100 %	81,80 %	73,20 %	61,80 %
S9-9	H <sub>2</sub> (10)	100 %	86,50 %	80,80 %	76,10 %
S9-10	H <sub>2</sub> (20)	100 %	85,30 %	81,30 %	77,10 %
S9-11	H <sub>2</sub> (30)	100 %	88,10 %	83,00 %	79,30 %
S9-12	H <sub>2</sub> (40)	100 %	87,10 %	80,10 %	74,80 %
S9-13	H <sub>2</sub> (50)	100 %	85,20 %	73,70 %	61,90 %
S9-14	H <sub>2</sub> (60)	100 %	82,20 %	70,10 %	55,90 %

20

La tasa de retención de la capacidad después de un ciclo intermitente de la batería aumenta con el aumento de la cantidad del éster de carboxilato cíclico, posiblemente porque el carboxilato cíclico forma una película pasivada sobre la superficie del cátodo. Sin embargo, cuando el contenido de éster de carboxilato cíclico es

cercano al 40 % en peso, el rendimiento del ciclo intermitente se deteriora en cierta medida, lo que está provocado principalmente por una reacción secundaria entre  $\text{LiPF}_6$  y el éster de carboxilato cíclico. Por lo tanto, la cantidad de éster de carboxilato cíclico es, preferentemente, moderada y no debería ser demasiado grande.

5

Las referencias en toda la memoria descriptiva a “algunas realizaciones”, “realizaciones parciales”, “una realización”, “otro ejemplo”, “ejemplo”, “ejemplo específico” o “ejemplos parciales” significan que, como mínimo, una realización o ejemplo de la solicitud incluye rasgos característicos, estructuras, materiales o características específicas descritas en las realizaciones o ejemplos. De este modo, las descripciones aparecen en toda la memoria descriptiva, como “en algunas realizaciones”, “en una realización”, “en una realización”, “en otro ejemplo”, “en un ejemplo”, “en un ejemplo particular” o “por ejemplo”, no son necesariamente la misma realización o ejemplo en la solicitud. Además, las características, estructuras, materiales o características particulares de la presente memoria descriptiva pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones o ejemplos.

10

15

Las realizaciones descritas anteriormente de la presente invención están destinadas a ser ilustrativas. Los expertos en la materia pueden idear numerosas realizaciones alternativas sin apartarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Electrolito para una batería secundaria de litio, que comprende un compuesto de dinitrilo, un compuesto de trinitrilo y propionato de propilo, en el que,

5

$$2 \% \text{ en peso} \leq (X + Y) \leq 8 \% \text{ en peso}$$

y

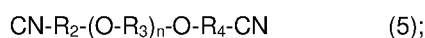
10

$$0,1 \leq (X/Y) \leq 6$$

$$0,01 \leq (Y/Z) \leq 0,3;$$

15

basándose en el peso total del electrolito, X es un porcentaje en peso del compuesto de dinitrilo e Y es un porcentaje en peso del compuesto de trinitrilo, y Z es un porcentaje en peso del propionato de propilo; en el que el compuesto de dinitrilo comprende un compuesto de fórmula (5):

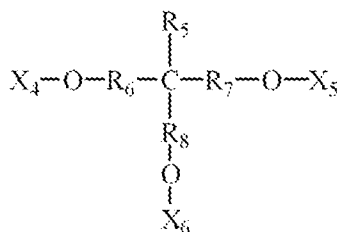
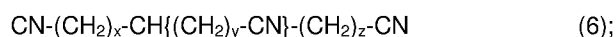


20

en el que R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> y R<sub>4</sub> son cada uno, independientemente, un grupo alquileo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono o un grupo alquenileno que tiene de 2 a 5 átomos de carbono, y n es un número entero de 0 a 5;

el compuesto de trinitrilo comprende un compuesto de fórmulas (6) o (7):

25



30

o una combinación de las mismas,

en el que en la fórmula (6), x, y y z representan un número entero de 0 a 5, y x, y y z no son 0 al mismo tiempo; y en la fórmula (7), R<sub>5</sub> representa hidrógeno o un grupo alquilo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono, R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub> y R<sub>8</sub> son cada uno, independientemente, un grupo alquileo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono, y X<sub>4</sub>, X<sub>5</sub> y X<sub>6</sub> son cada uno, independientemente, -R<sub>9</sub>-CN, en el que R<sub>9</sub> representa un grupo alquileo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono.

35

2. Electrolito, según la reivindicación 1, en el que, 3 % en peso  $\leq (X + Y) \leq 6$  % en peso y  $0,2 \leq (X/Y) \leq 5$ .

3. Electrolito, según la reivindicación 1 o 2, en el que el compuesto de dinitrilo comprende, además, un compuesto de fórmula (4):

40



45

en el que R<sub>1</sub> representa un grupo alquileo que tiene de 1 a 5 átomos de carbono o un grupo alquenileno que tiene de 2 a 5 átomos de carbono, en el que el compuesto de fórmula (4) se selecciona entre el grupo que consiste en butanodinitrilo, glutaronitrilo, adipodinitrilo, 1,5-dicianopentano, 1,6-dicianohexano, 1,7-dicianoheptano, 1,8-dicianooctano, 1,9-dicianononano, 1,10-dicianodecano, 1,12-dicianododecano, tetrametilbutanodinitrilo, 2-metilglutaronitrilo, 2,4-dimetilglutaronitrilo, 2,2,4,4-tetrametilglutaronitrilo, 1,4-dicianopentano, 2,6-dicianoheptano, 2,7-dicianooctano, 2,8-dicianononano, 1,6-dicianodecano, 1,2-dicianobenceno, 1,3-dicianobenceno, 1,4-dicianobenceno, 1,4-diciano-2-buteno, 1,4-diciano-2-metil-2-buteno, 1,4-diciano-2-etil-2-buteno, 1,4-diciano-2,3-dimetil-2-buteno, 1,4-diciano-2,3-dietil-2-buteno, 1,6-diciano-3-hexeno, 1,6-diciano-2-metil-3-hexeno, 1,6-diciano-2-metil-5-metil-3-hexeno y cualquier combinación de los mismos.

50

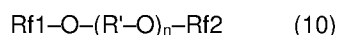
55

4. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el compuesto de dinitrilo es uno seleccionado entre el grupo que consiste en 3,5-dioxa-pimelonitrilo, 1,4-bis(cianoetoxi)butano, bis(2-cianoetil)éter de etilenglicol, bis(2-cianoetil)éter de dietilenglicol, bis(2-cianoetil)éter de trietilenglicol, bis(2-cianoetil)éter de tetraetilenglicol, 3,6,9,12,15,18-hexaoxaecosanoico dinitrilo, 1,3-bis(2-cianoetoxi)propano, 1,4-bis(2-cianoetoxi)butano, 1,5-bis(2-cianoetoxi)pentano, bis(4-cianobutil)éter de

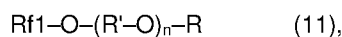
etilenglicol y cualquier combinación de los mismos y/o

en el que el compuesto de trinitrilo es uno seleccionado entre el grupo que consiste en: 1,3,5-pentanotricarbonitrilo; 1,2,3-propanotrinitrilo; 1,3,6-hexanotricarbonitrilo; 1,2,6-hexanotricarbonitrilo; 1,2,3-tris(2-cianoetoxi)propano; 1,2,4-tris(2-cianoetoxi)butano; 1,1,1-tris(cianoetoximetileno)etano; 1,1,1-tris(cianoetoximetileno)propano; 3-metil-1,3,5-tris(cianoetoxi)pentano; 1,2,7-tris(cianoetoxi)heptano; 1,2,6-tris(cianoetoxi)hexano; 1,2,5-tris(cianoetoxi)pentano; y cualquier combinación de los mismos, y/o en el que X es del 0,01 al 7,99 % en peso, Y es del 0,01 al 7,99 % en peso y el porcentaje en peso Z del propionato de propilo es del 5 al 50 % en peso.

5. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que comprende, además, un fluoroéter que comprende, como mínimo, uno de los compuestos de fórmula (8), fórmula (9), fórmula (10) o fórmula (11):



y



en el que en las fórmulas (8), (9), (10) y (11), Rf1 y Rf2 son cada uno, independientemente, un grupo fluoroalquilo C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub> lineal o ramificado que tiene, como mínimo, un átomo de hidrógeno sustituido por flúor, R es un grupo alquilo C<sub>1</sub> a C<sub>12</sub> lineal o ramificado, y R' es un grupo alquileo C<sub>1</sub> a C<sub>5</sub> lineal o ramificado, y n es un número entero de 1 a 5.

6. Electrolito, según la reivindicación 5, en el que el fluoroéter es uno seleccionado entre el grupo que consiste en: HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>(CF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>)(OCH<sub>3</sub>), CF<sub>3</sub>CHF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, HCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>H, CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F, CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F, CH<sub>3</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, FCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F, FCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>F, CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>O(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>, y cualquier combinación de los mismos.

7. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende, además, un anhídrido fosfónico cíclico, basándose en el peso total del electrolito, el contenido de anhídrido fosfónico cíclico es del 0,01-10 % en peso.

8. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que comprende, además, uno seleccionado entre el grupo que consiste en: un éster de carbonato cíclico que tiene un doble enlace carbono-carbono, un éster de carbonato alifático fluorado, un éster de carbonato cíclico fluorado, un compuesto que tiene un doble enlace azufre-oxígeno y cualquier combinación de los mismos.

9. Electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, que comprende, además, un éster de carboxilato cíclico, que incluye  $\gamma$ -butirolactona o  $\gamma$ -valerolactona o una combinación de las mismas.

10. Dispositivo electroquímico, en el que el dispositivo electroquímico comprende electrodos y un electrolito, según cualquiera de las reivindicaciones 1-9.

11. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 10, en el que los electrodos comprenden un colector de corriente (1) y un revestimiento (2) sobre el colector de corriente (1), comprendiendo el revestimiento (2) un revestimiento de una cara y un revestimiento de doble cara, en el que:

el revestimiento de una cara es un revestimiento formado mediante la aplicación de una suspensión sobre una superficie del colector de corriente (1); y

el revestimiento de doble cara es un revestimiento formado mediante la aplicación de una suspensión sobre dos superficies opuestas del colector de corriente (1); y

en el que cuando una superficie de una parte del colector de corriente (1) se reviste con una suspensión para formar un revestimiento de una cara y las dos superficies opuestas de otra parte del colector de corriente (1) se revisten para formar un revestimiento de doble cara, formando de este modo un electrodo con un revestimiento de una cara que tiene una densidad de compactación de electrodo D1, y un electrodo con un revestimiento de doble cara que tiene una densidad de compactación de electrodo D2,  $0,8 \leq D1/D2 \leq 1,2$ ,

en el que la densidad de compactación de electrodo se obtiene: midiendo el espesor de un electrodo utilizando una herramienta de medición precisa, a continuación, tomando el electrodo de un área determinada

## ES 3 005 116 T3

y midiendo con precisión el área y el peso; y calculando la densidad de compactación de electrodo mediante la fórmula siguiente:

5 Densidad de compactación de electrodo = (Peso del electrodo - Peso del colector de corriente) / Área del electrodo / (Espesor del electrodo - Espesor del colector de corriente).

10 12. Dispositivo electroquímico, según la reivindicación 11, en el que los electrodos comprenden un cátodo y un ánodo, en los que para el cátodo,  $3,5 \text{ g/cm}^3 \leq D2 \leq 4,3 \text{ g/cm}^3$ ; en los que para el ánodo,  $1,2 \text{ g/cm}^3 \leq D2 \leq 1,8 \text{ g/cm}^3$ .

13. Dispositivo electrónico, que comprende un dispositivo electroquímico según la reivindicación 11 o 12.

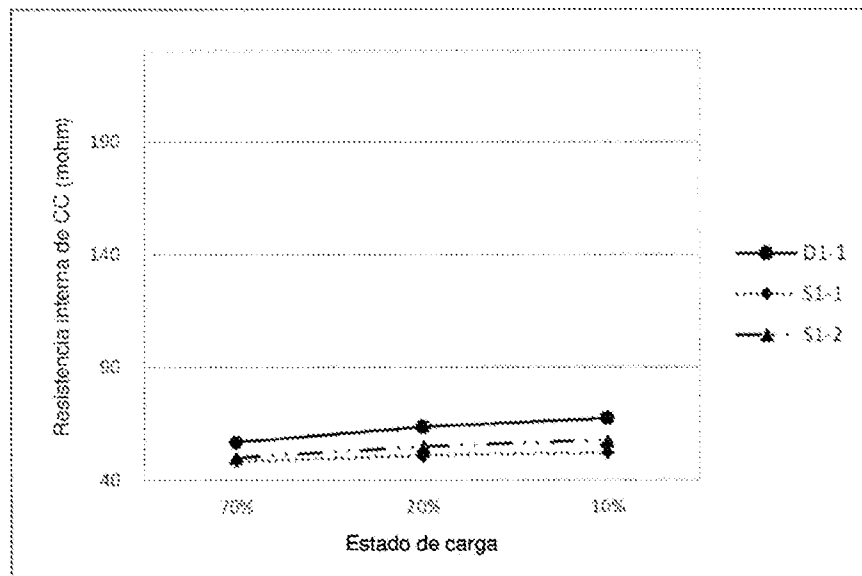


FIG. 1a

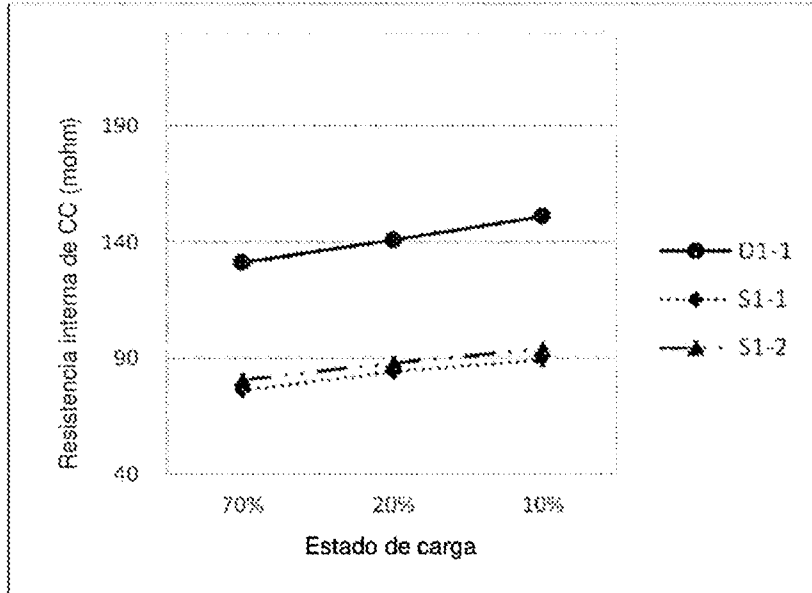


FIG. 1b

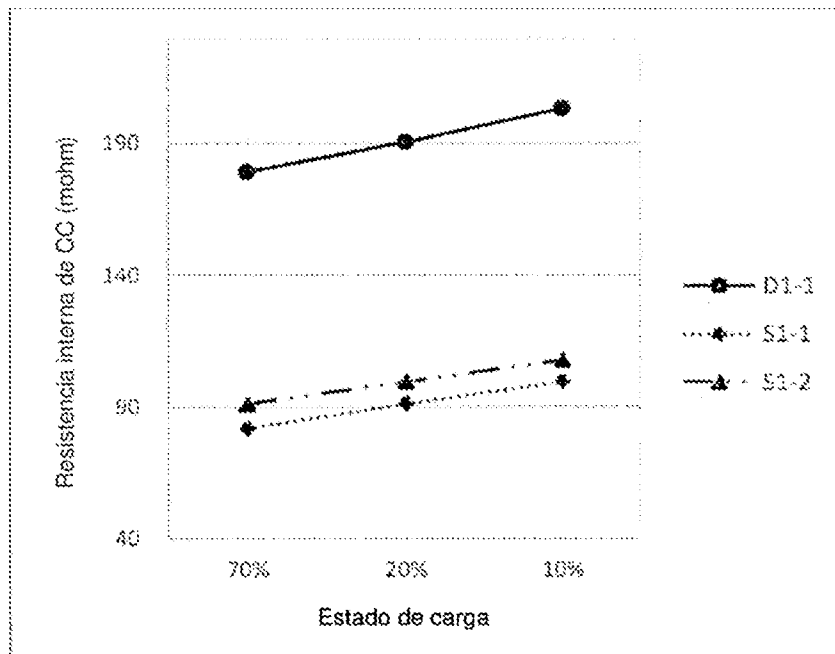


FIG. 1c

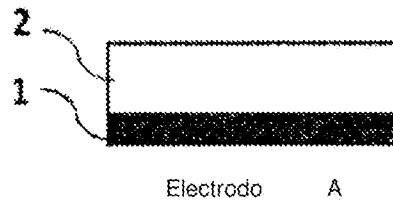


FIG. 2

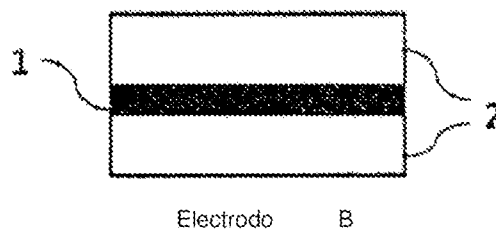


FIG. 3

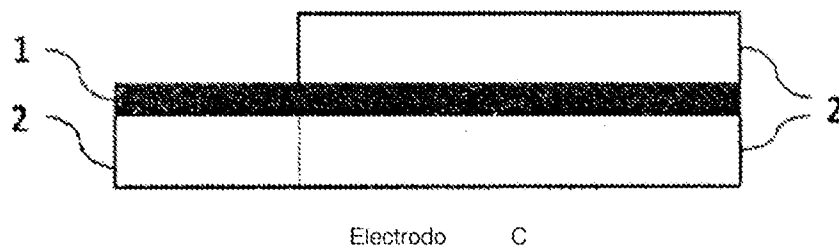


FIG. 4

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 *Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

10

• US 2017288268 A1

• US 9812739 B